



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2007115090/28, 21.09.2004**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**21.09.2004**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **21.09.2004**(43) Дата публикации заявки: **27.10.2008** Бюл. № 30(45) Опубликовано: **20.04.2011** Бюл. № 11(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2352960 C2, 10.03.2008. RU 28778 U1, 10.04.2003. US 5189642 A, 23.02.1993. SU 714328 A, 05.02.1980. SU 1125575 A, 23.11.1984. US 5077696 A, 31.12.1991. US 5497663 A, 12.03.1996. US 6418082 B1, 09.07.2002.**(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **23.04.2007**(86) Заявка РСТ:  
**US 2004/030998 (21.09.2004)**(87) Публикация заявки РСТ:  
**WO 2006/041438 (20.04.2006)**Адрес для переписки:  
**129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, стр.3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову**

(72) Автор(ы):

**РЕЙ Клиффорд Х. (US),  
ФИССЕЛЕР Гленн Д. (US),  
ТОМПСОН Джеймс Н. (US),  
ХЕЙГУД Хэл Б. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

**ФЭЙРФИЛД ИНДАСТРИЗ, ИНК. (US)****(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

(57) Реферат:

Предложенная группа изобретений относится к устройствам для донных наблюдений при морской сейсмической разведке. Данные изобретения обеспечивают такой технический результат, как автономность работы без использования какой-либо дополнительной кабельной разводки как с поверхности, так и в самом узле сбора данных, а также возможность надежного сцепления аппарата с дном океана. В общем случае предложенная донная система сбора

сейсмических данных содержит: водонепроницаемый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек; по меньшей мере, один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса; генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса; источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса, причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником

питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть; в которой упомянутый источник электропитания обеспечивает электропитанием всю систему, развернутую под водой. При этом упомянутая система является автономной, и все электронное оборудование для системы размещено внутри корпуса, образуя таким образом полностью автономную систему; при этом упомянутая система дополнительно содержит внешний соединитель, поддерживающий электрическую связь с, по

меньшей мере, одним из упомянутого геофона, генератора тактовых импульсов, источника электропитания и сейсмического регистратора, причем упомянутый соединитель проходит через стенку упомянутого корпуса. Указанные донные системы отличаются друг от друга рядом специфических конструктивных особенностей, например наличием амортизатора, размещенного вокруг стенки корпуса, либо наличием циклического запоминающего устройства, либо наличием защелкивающего механизма, размещенного на корпусе и т.п. 10 н. и 27 з.п. ф-лы, 21 ил.

RU 2 4 1 6 8 1 0 C 2

RU 2 4 1 6 8 1 0 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2007115090/28, 21.09.2004**

(24) Effective date for property rights:  
**21.09.2004**

Priority:

(22) Date of filing: **21.09.2004**

(43) Application published: **27.10.2008** Bull. 30

(45) Date of publication: **20.04.2011** Bull. 11

(85) Commencement of national phase: **23.04.2007**

(86) PCT application:  
**US 2004/030998 (21.09.2004)**

(87) PCT publication:  
**WO 2006/041438 (20.04.2006)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul.B.Spaskaja, 25, str.3, OOO  
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",  
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu**

(72) Inventor(s):

**REJ Klifford Kh. (US),  
FISSELER Glenn D. (US),  
TOMPSON Dzhejms N. (US),  
KhEJGUD Khehl B. (US)**

(73) Proprietor(s):

**FEhJRFILD INDASTRIZ, INK. (US)**

**(54) RECORDING METHOD AND DEVICE OF SEISMIC DATA**

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: these inventions provide such effect as independent operation without using any additional cable routing both from surface and in data acquisition assembly itself, as well as possibility of reliable engagement of the device with the ocean bottom. In general case the proposed bottom seismic data acquisition system includes the following: waterproof housing having the wall representing inner compartment; at least one geophone arranged inside the above housing; clock pulse generator arranged inside the above housing; electric power supply source arranged inside the above housing; seismic data recorder arranged inside the above housing; at that, the above housing with geophone, clock pulse generator, power source and seismic data recorder, which are arranged in it, in general has negative buoyancy; in which the above

electric power supply source provides electric power to the whole system developed under water. At that, the above system is independent and all the electronic equipment for the system is arranged inside housing, thus forming fully independent system; at that, the above system also includes external connector supporting electric connection at least to one of the above geophone, clock pulse generator, electric power supply source and seismic recorder; at that, the above connector passes through the wall of the above housing.

EFFECT: above said bottom systems differ from each other by means of number of peculiar design features, for example availability of shock absorber arranged around the housing wall, or availability of cyclic storage device, or availability of latching mechanism arranged on the housing.

37 cl, 21 dwg

RU 2 4 1 6 8 1 0 C 2

RU 2 4 1 6 8 1 0 C 2

## Уровень техники

Настоящее изобретение относится к области сейсмической разведки. Более конкретно, изобретение относится к устройству и способу для сейсмической разведки, а более конкретно, к морской сейсмической разведке с помощью систем сейсмоприемников для донных наблюдений.

Сейсмическая разведка, в общем, использует источник сейсмической энергии для формирования акустического сигнала, который распространяется через толщу земли и частично отражается посредством глубинных сейсмических отражающих горизонтов (т.е. граничных слоев между глубинными литологическими слоями или слоями флюидов, характеризующихся различными эластическими свойствами). Отражаемые сигналы (известные как "сейсмические отражения") обнаруживаются и регистрируются сейсмоприемниками, размещенными над или около поверхности толщи земли, тем самым формируя сейсмоисследования пласта. Регистрируемые сигналы, или данные сейсмической энергии, затем могут быть обработаны, чтобы предоставить информацию, связанную с литологическими глубинными образованиями, идентифицируя такие признаки, как например, границы литологических глубинных формаций.

В типичном варианте сейсмоприемники размещаются в конфигурации, причем конфигурация сейсмоприемников состоит из одной связки сейсмоприемников, распределенных вдоль линии, чтобы регистрировать данные из сейсмического разреза под линией приемников. Для данных по большей площади и для трехмерных представлений формации несколько связок приемников может быть расположено рядом, так чтобы сформировалась решетка приемников. Зачастую приемники в конфигурации размещаются на расстоянии друг от друга. При наземных сейсмоисследованиях, например, сотни или тысячи приемников, называемых геофонами, могут быть развернуты пространственно разнесенным способом, например, в типичной конфигурации решетки, где каждая связка имеет протяженность 1600 метров с детекторами, размещенными через каждые 50 метров, а идущие одна за другой связки разнесены на 500 метров. При морских исследованиях буксируемый сейморазведочный кабель, имеющий приемники, называемые гидрофонами, прикрепленными к нему, может буксироваться до 12000 метров за буксировочным судном.

Как правило, несколько приемников соединены в параллельно-последовательной комбинации на одной витой паре проводов, чтобы сформировать одну группу или канал приемников. В процессе сбора данных выходные данные от каждого канала оцифровываются и регистрируются для последующего анализа. В свою очередь, группы приемников обычно соединены с кабелями, используемыми для того, чтобы обмениваться данными с приемниками и передавать собранные данные в регистрационные устройства, расположенные в диспетчерской. Более конкретно, когда эти исследования проводятся на земле, кабельная телеметрия для передачи данных используется для узлов детекторов, которые должны быть обязательно соединены посредством кабелей. Другие системы используют беспроводные способы передачи данных, так чтобы отдельные узлы детекторов не соединялись друг с другом. Еще одни другие системы временно сохраняют данные до тех пор, пока данные не будут извлечены.

Хотя фундаментальный процесс обнаружения и регистрации сейсмических отражений одинаков для земной и морской сред, морская среда представляет уникальные проблемы, обусловленные водным пространством, покрывающим

поверхность земли, очень высоким давлением от действия глубинных вод и коррозионной средой от действия соленой воды. Помимо этого, даже простое развертывание и извлечение усложняется, поскольку операции должны осуществляться вне палубы судна сейсмической разведки, где внешние воздействия, такие как действие волн, погода и ограниченное пространство, могут существенно влиять на работу.

При одном стандартном способе морской сейсмической разведки сейсморазведочные работы выполняются на поверхности воды. Морские суда буксируют сейсморазведочные кабели, в которые встроены гидрофоны для обнаружения отражаемой энергии, проходят через толщу воды. Сейсморазведочные кабели в типичном варианте состоят из связок гидрофонов, других электрических проводов и материала для обеспечения практически нейтральной плавучести. Сейсморазведочные кабели сделаны так, чтобы держаться на плаву около поверхности воды. Такие же или другие аналогичные морские суда буксируют источники акустической энергии, такие как пневмопушки (пневматический источник колебаний), чтобы разряжать импульсы энергии, которые идут вниз к глубинным геологическим образованиям под водой.

Системы, размещенные на дне океана, также использовались в течение многих лет. Эти устройства в типичном варианте упоминаются как системы ОВС (океанические донные сейсморазведочные кабели) или OBS (океанические донные сейсмоприемники). Предшествующий уровень техники ориентировался на трех основных группах океанических донных устройств для измерения сейсмических сигналов на дне моря. Первый тип устройств - это ОВС-система, аналогичная буксируемому сейсморазведочному кабелю, которая состоит из проводного кабеля, который содержит геофоны и/или гидрофоны и который размещается на дне океана, при этом узлы детекторов соединены с кабельной телеметрией. В типичном варианте сейсмическое судно развертывает кабель за пределами носа или кормы судна и извлекает кабель на противоположном конце судна. ОВС-системы, такие как эта, могут иметь недостатки, которые возникают вследствие физической конфигурации кабеля. Например, при использовании трехмерных геофонов, поскольку кабель и геофоны не крепятся жестко к отложению на океаническом дне, горизонтальное перемещение, отличное от перемещения, обусловленного отложением, такое как, например, океанические придонные течения, могут приводить к возникновению ошибочных сигналов. В том же русле, вследствие своей протяженной структуры ОВС-системы имеют удовлетворительное крепление только по основной оси кабеля при попытке зарегистрировать данные сдвиговой волны. Помимо этого, необходимо три судна для осуществления таких операций: помимо судна с источником сейсмической энергии требуется специально оборудованное судно для развертывания кабелей и отдельное судно необходимо для регистрации. Регистрационное судно обычно стационарно прикреплено к кабелю, тогда как судно развертывания, как правило, находится в постоянном движении вдоль линии приемников, развертывая и извлекая кабель. Поскольку регистрационное судно находится в постоянном физическом контакте с кабелем, усилия, требуемые для того, чтобы сохранять положение судна, действие волн и океанические течения, могут создавать большое натяжение кабеля, повышая вероятность разрыва кабеля или выхода из строя оборудования, а также появления помех сигналов на кабель. Наконец, такие кабельные системы имеют высокие капитальные вложения и, как правило, дороги для их эксплуатации.

Второй тип регистрационной системы - это OBS-система, в которой набор датчиков

и набор электронного оборудования крепится к якорю на дне моря. Устройство оцифровывает сигналы и в типичном варианте использует проводной кабель для того, чтобы передавать данные в радиоузел, прикрепленный к заякоренному кабелю и держащийся на плаву на поверхности воды. Плавающий узел передатчиков затем передает данные в надводное судно, где регистрируются сейсмические данные. Несколько узлов в типичном варианте разворачивается при сейсмоисследованиях.

Третьим типом устройств регистрации сейсмических данных является OBS-система, известная как донные сейсмические регистраторы (SSR). Эти устройства содержат датчики и электронное оборудование в герметичной упаковке и регистрируют сигналы на морском дне. Данные получаются посредством извлечения устройства с морского дна. Эти устройства в типичном варианте предназначены для многократного использования. Настоящее изобретение сосредоточено на OBS-системах SSR-типа.

OBS-системы SSR-типа, в общем, включают в себя один или более датчиков геофонов и/или гидрофонов, источник питания, регистратор сейсмических данных, кварцевый генератор тактовых импульсов, схему управления и в случаях, когда используются шарнирно закрепленные геофоны и регистрируются данные сдвигов, компас или шарнир. За исключением рамок, в которых энергия предоставляется из внешнего источника посредством кабеля, источником питания, как правило, является комплект аккумуляторов. В рамках, в которых OBS-системы предшествующего уровня техники использовали бортовые аккумуляторы, в отличие от внешней кабельной разводки, чтобы предоставлять питание, аккумуляторами предшествующего уровня техники были свинцово-кислотные, щелочные или неперезарядные аккумуляторы. Все OBS-системы предшествующего уровня техники, в общем, требуют того, чтобы отдельные блоки были доступны для различных работ по техническому обслуживанию, контролю качества и извлечению данных. Например, извлечение данных из блоков предшествующего уровня техники требует того, чтобы блоки были физически открыты или разобраны, чтобы извлечь данные. Также, блоки должны быть открыты для того, чтобы заменить использованные аккумуляторы.

В отношении функции синхронизации OBS-системы синхронизация между согласованием по времени данных датчиков и включением источника сейсмической энергии или источника сейсмических волн является очень важной для того, чтобы согласовывать событие сейсмического источника с событием отраженной волны. В прошлом различные кварцевые генераторы тактовых импульсов использовались в OBS-системах для этой функции. Генераторы тактовых импульсов являются относительно недорогими и точными. Один недостаток этих генераторов тактовых импульсов предшествующего уровня техники, тем не менее, заключается в том, что кварц генераторов подвергается гравитационному и температурному воздействию. Это гравитационное и температурное воздействие может приводить к сдвигу частоты генератора импульсов, тем самым приводя к ошибкам сейсмических данных. Помимо этого, поскольку кварц подвергается гравитационному воздействию, ориентация OBS-системы может влиять на работу генератора тактовых импульсов. Поскольку генератор тактовых импульсов в типичном варианте закреплен в комплекте OBS, так чтобы быть корректно ориентированным, когда OBS-система надлежащим образом ориентирована на дне океана, любая неправильная ориентация OBS-системы на дне океана может приводить к неточностям в тактовых импульсах. Наконец, эти генераторы тактовых импульсов зачастую отличаются медленным перемещением и смещением по времени вследствие изменений температуры и теплового старения, что

также может приводить к неточностям в регистрируемых сейсмических данных. Хотя может быть возможность того, что могут выполняться математические корректировки данных, чтобы учитывать тепловое старение и смещения по времени, отсутствует устройство предшествующего уровня техники, чтобы корректировать гравитационное воздействие на кварцевый генератор тактовых импульсов. В основном, в предшествующем уровне техники корректируются только температурные воздействия на кварцевые генераторы тактовых импульсов.

Более современные OBS-системы также могут включать в себя механическое устройство, чтобы корректировать наклон, а именно карданный шарнир. Карданный шарнир - это устройство, которое обеспечивает свободное угловое перемещение в одном или более направлениях, и оно используется для определения ориентации OBS-системы на океаническом дне. Данные ориентации, формируемые посредством карданного шарнира, затем могут быть использованы для того, чтобы корректировать сейсмические данные, регистрируемые геофонами. В рамках, в которых карданные шарниры используются в предшествующем уровне техники, они чаще всего встроены как часть самого геофона, который упоминается как "шарнирно закрепленный геофон". Один недостаток этих механических карданных шарниров предшествующего уровня техники заключается в ограниченной угловой ориентации, разрешаемой устройствами. Например, по меньшей мере, одно устройство предшествующего уровня техники дает возможность вращения шарнира на  $360^\circ$ , но ограничена углом отклонения шарнира в  $30^\circ$ . Для этого устройства, чтобы карданные шарниры предшествующего уровня техники функционировали надлежащим образом, сама OBS-система должна лечь на дно океана практически в требуемой позиции. В рамках, в которых OBS-система не ориентирована, по меньшей мере, практически горизонтально, например, разместившись на боку или вверх дном, механический карданный шарнир предшествующего уровня техники может не функционировать надлежащим образом. Другие шарнирно закрепленные устройства механического типа не ограничены  $30^\circ$ , тем не менее, в этих механических шарнирно закрепленных устройствах механическое демпфирование устройства может ухудшать точность регистрируемого сигнала. Наконец, шарнирное крепление геофона дорого и требует больше пространства, чем геофон без шарнира. В OBS-системах, которые используют несколько геофонов, может быть непрактично помещать геофоны на шарнир вследствие требований по размеру и пространству. Что касается ориентации, определение местоположения OBS-системы на дне океана является необходимым для того, чтобы корректно интерпретировать сейсмические данные, регистрируемые системой. Точность обрабатываемых данных частично зависит от точности информации о местоположении, используемой для обработки данных. Поскольку традиционные устройства определения местоположения, такие как GPS, не работают в водной среде, традиционные способы предшествующего уровня техники для установления местоположения OBS-систем на дне океана включают в себя гидролокатор. Например, с помощью системы гидролокатора OBS-устройство может выдавать ультразвуковой импульс для определения его положения. В любом случае, точность обрабатываемых данных непосредственно зависит от безошибочности, с которой определено местоположение OBS-системы. Таким образом, очень желательно использовать способы и устройства, которые генерируют надежную информацию о местоположении. В том же русле, очень желательно обеспечить запланированное позиционирование OBS-устройства на дне океана.

В отношении работы вышеупомянутых OBS-систем, системы предшествующего

уровня техники, как правило, требуют определенной внешне сгенерированной команды управления, чтобы инициировать и получить данные для каждого сейсмического источника. Таким образом, узлы сейсмоприемников могут быть либо физически соединены с диспетчерской регистрационной станцией, либо "соединяемы" 5 посредством беспроводных средств. Как упоминалось выше, специалисты в данной области техники должны понимать, что определенные среды могут представлять значительные сложности для традиционных способов соединения и управления детекторами, такие как перенаселенные или глубоководные области, горные 10 местности и джунгли. Трудности также могут возникать в тех случаях, когда конфигурация приемников периодически смещается, чтобы охватить большую область.

Вне зависимости от ситуации, каждый тип соединения, посредством физического кабеля или беспроводных методик, имеет свои недостатки. В системах кабельной телеметрии крупные конфигурации или длинные сейсморазведочные кабели приводят к большому количеству электропроводящего кабеля, что дорого и трудно 15 обслуживать, разворачивать или иным образом управлять. В случаях, когда используется кабельная разводка на океаническом дне, коррозионная среда и высокое давление зачастую требуют дорогой брони кабеля на глубине моря более 500 фут. более того, традиционная кабельная разводка также требует физического соединения между кабелем и блоком датчиков. Поскольку, как правило, непрактично соединять 20 проводами датчики на кабеле, более традиционная методика заключается в том, чтобы прикреплять кабели к датчикам с помощью внешних соединений между кабелем и датчиком. Эта точка соединения между кабелем и датчиком особенно уязвима для повреждений, особенно в коррозионных морских средах под большим давлением. Разумеется, с помощью систем, которые физически соединены кабелем, 25 гораздо проще предоставлять мощность датчикам, синхронизировать датчики со временем сейсмического источника и друг с другом и иным образом управлять датчиками. 30

Следует отметить, что и для кабельных, и для беспроводных систем, когда внешние кабели требуются для того, чтобы соединять комплект датчиков оборудования с комплектами регистрации и/или радиотелеметрии узла, существуют многие из 35 вышеупомянутых недостатков. Конкретно, OBS-системы предшествующего уровня техники состоят из отдельных узлов или комплектов датчиков и регистрации/радиотелеметрии, установленных на каретке. Отдельные блоки имеют внешние разъемы, которые соединены кабелем, представляя многие из тех же 40 проблем, что и кабельная разводка от диспетчерской на поверхности воды. Основная причина разделения узлов датчиков, т.е. комплектов геофонов и оставшейся части электронного оборудования, заключается в необходимости обеспечить то, что геофоны эффективно сцепляются с дном океана.

В случае если либо используется беспроводная технология, либо работа датчиков 45 осуществляется посредством предварительного программирования, управление датчиками становится более трудным. Например, обеспечение того, что регистрация синхронизирована по времени с сейсмическим источником является чрезвычайно важным, поскольку отдельные датчики не соединены проводами, как описано выше. 50 Следовательно, требуются точные бортовые генераторы тактовых импульсов, как упоминалось выше. В этом отношении активация каждого узла для проведения измерений и регистрации в надлежащее время должна совпадать с сейсмическим источником. Обеспечение того, что узлы получают достаточно энергии, также до сих

пор было проблемой. Многие патенты предшествующего уровня техники ориентированы на методики и механизмы повышения расхода энергии датчиков в ходе получения и регистрации данных и понижения расхода энергии датчиков во время простоя.

5 Предпринимались различные попытки устранять некоторые из вышеупомянутых недостатков. Например, донный сейсмический регистратор описан в Патенте (США) №5189642. Этот патент раскрывает протяженный вертикальный корпус, сформированный из разнесенных горизонтальных кольцевых пластин, скрепленных  
10 посредством вертикальных опорных стоек. Каждая опорная стойка сформирована из вложенных труб, которые могут скользить относительно друг друга и которые крепятся друг к другу посредством зажимного приспособления. К нижней пластине крепится с возможностью снятия балластное кольцо. Помимо этого, к нижней  
15 пластине крепится комплект геофонов. К верхней пластине крепится буй из пенопласта. Комплект управления идет вниз от верхней пластины. Комплект управления содержит источник питания, регистратор сейсмических данных, компас и схему управления. Внешнее проводное соединение электрически соединяет комплект управления с комплектом геофонов. Система не использует проводную линию связи  
20 со станцией поверхностного мониторинга, а использует акустическое или предварительно запрограммированное средство для управления блоком. Когда опущено в воду, балластное кольцо должно предоставлять достаточную массу, чтобы поддерживать систему в вертикальном положении и сцеплять геофоны с дном океана после стабилизации. Для минимизирования вероятности шума геофонов, создаваемого  
25 посредством течения волн или воды, действующего на буй и комплект управления, после того как система сцеплена с дном океана, зажимное приспособление на каждой стойке отпускается, позволяя комплекту управления и бую скользить вверх на вложенных стойках, изолируя геофоны от других частей системы. После того, как  
30 регистрация сейсмических данных завершается, балластное кольцо освобождается из корпуса, и система всплывает на поверхность воды под действием положительной плавучести балласта. Акустические датчики, радиомаяк и стробирующий световой сигнал предусмотрены для возможности обеспечения обнаружения и извлечения системы.

35 Другая морская система регистрации сейсмических данных раскрыта в патенте US №6024344. Этот патент раскрывает способ развертывания и позиционирования регистраторов сейсмических данных в глубоких водах. С наводного судна регистраторы данных крепятся к полужесткому проводу, который развертывается в  
40 воде. Благодаря жесткости провода он служит для того, чтобы задавать фиксированный интервал между регистраторами по мере того, как регистраторы и провод опускаются на дно моря. Провод также предоставляет электрическую связь для питания или сигналов между соседними регистраторами и между регистраторами и судном. После того, как регистраторы размещены, они активируются либо  
45 посредством заранее заданного тактового импульса, либо с помощью сигнала управления, передаваемого по воде или посредством провода. По завершении сбора данных провод и регистраторы извлекаются из воды. Развертывание выполняется с помощью двигателя для кабеля, размещенного на наводном судне. Как показано на  
50 фиг.1 патента 344, развертывание осуществляется через корму судна по мере того, как оно перемещается в направлении от провода и регистраторов. Этот патент также раскрывает необходимость хранить регистраторы последовательным способом, чтобы упрощать развертывание и отслеживание местоположения на дне моря OBS-

системы в ходе сбора данных.

GeoPro предлагает автономную, т.е. без использования кабелей, OBS-систему, состоящую из стеклянного шара диаметром 430 мм, в котором содержатся все электрические компоненты системы, в том числе аккумуляторы, радиомаяк, узел регистрации сейсмических данных, акустическая система расцепления, глубоководный гидрофон и три шарнирно смонтированных геофона. Шар установлен на утяжеленных салазках, которые противодействуют плавучести шара и сцепляют OBS-систему с морским дном. Геофоны размещаются в нижней части шара рядом с салазками. Для извлечения OBS-системы после завершения сбора данных, акустический управляющий сигнал передается в шар и распознается посредством глубоководного гидрофона. Сигнал активирует акустическую систему расцепления, которая вызывает отделение шара от утяжеленных салазок, которые остаются на дне моря. Под действием положительной плавучести шара свободно плавающая система поднимается на поверхность океана, где радиомаяк передает сигнал для обнаружения и извлечения шара. Один недостаток указанной системы заключается в том, что геофоны не сцепляются непосредственно с дном океана. Вместо этого любой сейсмический сигнал, зарегистрированный геофонами, должен пройти через салазки и низ шара и при этом подвергается шуму и другим вышеописанным искажениям. Следует отметить, что эта конфигурация упаковки представляет множество цилиндрических и сферических форм, используемых в предшествующем уровне техники, поскольку хорошо известно, что эти формы более эффективны для выдерживания высокого давления, очевидно, встречающегося в океанической среде.

K.U.M. и SEND предлагают бескабельную OBS-систему, содержащую рамку, имеющую шток наверху и образующую треногу внизу. Пенное устройство обеспечения плавучести крепится к штоку. Якорь крепится к нижней части треноги и сцепляет рамку с дном моря. Цилиндры давления, установленные на части треноги рамки, содержат сейсмические регистраторы, аккумуляторы и систему расцепления. Гидрофон крепится к рамке, чтобы принимать управляющие сигналы с поверхности океана и активировать систему расцепления. Также к рамке прикреплен установленный с возможностью поворота рычага кран, который крепится с возможностью снятия к блоку геофонов. В ходе разворачивания рычаг крана изначально поддерживается в вертикальном положении, при этом узел геофонов крепится к свободному краю рычага. Когда рамка соприкасается с морским дном, рычаг крана отворачивается от рамки и высвобождает узел геофонов на дно моря примерно в 1 метре от системы рамки. Проводное соединение обеспечивает электрическую связь между узлом геофонов и регистраторами. Сам узел геофонов - это несимметричный диск диаметром примерно 250 мм, который является плоским с одной стороны и куполообразным с другой стороны. Плоская сторона узла геофонов является гофрированной и соприкасается с дном моря, когда отпускается рычаг крана. После завершения сбора данных акустический сигнал активирует систему расцепления, которая инициирует отделение якоря от системы рамки. Пенное устройство обеспечения плавучести инициирует поднятие системы рамки и геофона на поверхность океана, где система может быть обнаружена с помощью радиомаяка и извлечена.

SeaBed Geophysical предлагает на рынке бескабельную OBS-систему под названием CASE. Эта система состоит из узла управления, т.е. комплекта электронного оборудования, и узлового блока, т.е. комплекта геофонов, соединенных между собой посредством кабеля. И узел управления, и узловой блок удерживаются на

продолговатой рамке. Узел управления состоит из трубчатого корпуса, который содержит аккумуляторы, генератор тактовых импульсов, регистрационный узел и транспондер/модем для гидроакустической связи с поверхностью. Узловой блок состоит из геофонов, гидрофона, наклономера (уклонометра) и заменяемой втулки, при этом втулка образует открытый снизу цилиндр под узлом геофонов. Узловой блок открепляется от продолговатой рамки и узла управления, но поддерживает связь с узлом управления посредством внешней кабельной разводки. Использование трубчатого корпуса, такого как вышеуказанный, является традиционным для структур предшествующего уровня техники, поскольку комплект системы должен быть разработан таким образом, чтобы выдерживать высокое давление, которому подвергается устройство. В ходе развертывания весь узел опускается на дно моря, при этом дистанционно функционируемое средство транспортировки (отдельное от OBS-системы) используется для того, чтобы отсоединить узловой блок от рамки и размещать узловой блок на дне моря, вдавливая открытый конец втулки в отложение на дне. Продолговатая рамка включает в себя кольцо, к которому может крепиться кабель для развертывания и извлечения. Преобразователь и модем связи используются для того, чтобы управлять системой и передавать сейсмические данные на поверхность.

Каждое из упомянутых устройств предшествующего уровня техники характеризуется одним или более недостатками. Например, OBS-система патента US №5189642, а также устройства GeoPro и K.U.M./SEND являются вертикальными системами, каждая из которых имеет относительно высокий вертикальный профиль. По сути, сейсмические данные, собираемые посредством этих систем, подвержены шуму, возникающему вследствие движения воды, действующего на устройства. Помимо этого, выявлено, что сдвиговое движение, вызываемое перемещением дна океана под этой OBS-системой с высоким профилем, может приводить к качательному движению OBS-системы, в частности, по мере того как движение переносится снизу вверх узла, дополнительно ухудшая точность регистрируемых данных. Более того, эти устройства предшествующего уровня техники являются асимметричными, так что они могут быть помещены только в одной ориентации. В типичном варианте это достигается посредством утяжеления одного конца каретки OBS. Тем не менее, это устройство, вероятно, должно проходить через сотни футов воды и соприкасаться с зачастую неровным дном океана, которое может быть разделено обломочными породами. Все эти факторы приводят к некорректной ориентации системы, когда она ложится на дно океана, тем самыми влияя на работу системы. Например, в рамках, в которых эта OBS-система предшествующего уровня техники ложится на бок, геофоны вообще не сцепляются с океаническим дном, делая устройство непригодным для использования. Помимо этого, некорректная ориентация может мешать механизму расцепления системы, подвергая опасности возвращение системы.

Высокий профиль этих систем предшествующего уровня техники также является нежелательным, поскольку такие узлы могут запутываться в рыболовной леске, сетке, различных типах кабелей или другой обломочной породе, которая может присутствовать в месте работ по регистрации сейсмических данных.

С другой стороны, системы предшествующего уровня техники, которые имеют меньший профиль, такие как океанические донные сейсмологические кабели, зачастую имеют плохую способность к сцеплению или требуют внешней помощи в размещении с помощью дорогого оборудования, такого как ROV. Например, продолговатая форма океанических донных сейсмологических кабелей приводит к "хорошему"

сцеплению только в одном направлении, а именно вдоль основной оси кабеля. Более того, даже вдоль основной оси вследствие небольшой площади поверхности фактического контакта между кабелем и океаническим дном сцепление может быть подвергнуто риску вследствие неровного дна океана или других преград на или около дна океана.

Другой недостаток этих систем предшествующего уровня техники заключается в необходимости активировать и деактивировать блоки для регистрации и работы. Это, как правило, требует управляющего сигнала от наводного судна, в типичном варианте передаваемого либо акустически, либо посредством кабеля, идущего от поверхности к блоку. Внешнее управление любого типа является нежелательным, поскольку оно требует передачи сигналов и дополнительных компонентов в системе. Хотя акустическая передача может быть использована для передачи некоторых данных, ее, как правило, нецелесообразно использовать для целей синхронизации вследствие неизвестных изменений траектории. Разумеется, любой тип кабельной разводки управляющих сигналов для передачи электрических сигналов является нежелательным, поскольку он добавляет уровень сложности к обработке и управлению блоком и требует внешних соединителей или стыковок. Эта кабельная разводка и соединители особенно подвержены протечке и сбоям в коррозионной среде под высоким давлением при сейсморазведке на больших океанических глубинах.

Аналогичная проблема существует с узлами, которые используют внешние электрические провода для того, чтобы соединять распределенные элементы узла, как, например, описывается в патенте US №5189642, и аналогичными устройствами, в которых комплект геофонов является отдельным от комплекта электронного оборудования. Более того, в рамках, в которых электронное оборудование системы распределено, вероятность неисправностей в работе системы возрастает.

Многие системы предшествующего уровня техники также используют радиотелеметрию вместо блока регистрации данных на борту, чтобы собирать данные. Эти системы, разумеется, имеют ограничения, налагаемые характеристиками радиопередачи, например лицензионные ограничения на спектр радиочастот, ограничения на диапазон, преграды для прямой видимости, ограничения по антеннам, ограничения на скорость передачи данных, ограничения по мощности и т.д.

Те блоки OBS, которые используют устройства обеспечения плавучести для извлечения, являются нежелательными, поскольку типичное устройство расцепления добавляет дополнительные расходы и сложность узлам и, как правило, должно быть активировано для того, чтобы высвободить системы на поверхность. Помимо этого, такие системы в типичном варианте отбрасывают часть узла, а именно утяжеленный якорь или салазки, оставляя их как нанос на дне океана. В ходе развертывания, поскольку они являются свободно плавающими, эти системы трудно разместить в требуемой позиции на дне океана. Несмотря на вышеупомянутую возможность неисправности в ходе некорректной ориентации, при извлечении свободно плавающие системы зачастую трудно обнаруживать, и, как известно, они теряются в море, несмотря на наличие радиосигналов и маяков. Аналогично, в бурном море узлы оказываются громоздкими для их вылавливания и поднятия на борт, зачастую они соударяются с рычагом или корпусом судна и потенциально повреждают систему. Аналогично, обращение с узлами в ходе развертывания и извлечения оказалось непростым. В рамках, в которых жесткая или полужесткая кабельная система используется для того, чтобы фиксировать расстояния и размещать отдельные узлы регистраторов, эти кабели являются негибкими, чрезвычайно тяжелыми и с ними

трудно обращаться. Эти кабели не подлежат корректировкам в ходе развертывания. Например, как описано выше, требуемая схема решетки идентифицирует конкретные позиции отдельных блоков вдоль линии. Если судно развертывания дрейфует или иным образом вызывает укладку кабеля таким образом, чтобы быть помещенным не на 5 требуемой линии, судно на поверхности должно изменить свою позицию, чтобы инициировать кабель для возвращения обратно на линию. Тем не менее, вследствие жесткости кабеля неправильно позиционированная часть кабеля приводит к тому, что все оставшиеся блоки кабеля являются неправильно позиционированными вдоль 10 требуемой линии.

Помимо этого, текущие процедуры, используемые в предшествующем уровне техники для того, чтобы доставать кабели, налагают чрезмерную нагрузку на кабели. Конкретно, общепринятый способ извлечения кабельной линии со дна океана 15 заключается либо в том, чтобы опускаться по линии или вести корабль вниз по линии, доставая кабель по носу судна. Это является нежелательным, поскольку скорость судна и скорость кабельной лебедки должны тщательно регулироваться, с тем чтобы чрезмерно не натягивать или растягивать кабель. Эта регулировка зачастую затруднена вследствие различных внешних факторов, действующих на судно, таких как ветер, действие волн и подводные течения. Невозможность контролировать 20 натяжение или растяжение кабеля вызывает в результате волочение всего участка линии, а также блоков, крепящихся к ней, подвергая всю линию и все блоки повреждениям. Дополнительный недостаток этого способа заключается в том, что, если судно движется слишком быстро, это вызывает провисание кабеля, и кабель 25 плывет под судном, где он может запутаться в гребных винтах судна.

Наконец, нигде в предшествующем уровне техники не описывается система задней палубы для функционирования с вышеописанными узлами OBS, будь то хранение узлов или развертывание и извлечение узлов. По мере того, как размер конфигурации 30 глубоководных сейсмических регистраторов становится больше, необходимость эффективного хранения, слежения, обслуживания и обращения с тысячами узлов регистраторов, составляющих эту конфигурацию, в системе становится более важной. Дополнительные наводные судна дороги, как и персонал, требуемый для того, чтобы комплектовать экипаж этих суден. Наличие дополнительного персонала и суден также 35 повышает вероятность несчастных случаев и ущерба, особенно в открытом море, где погода может резко ухудшаться.

Таким образом, предпочтительно предоставить систему сбора сейсмических данных, которая не требует дополнительной кабельной разводки связи/питания, как с 40 поверхности, так и в самом узле сбора сейсмических данных, а также любых типов внешнего управляющего сигнала для работы. Другими словами, узел должен работать на основе "опустил и забыл". Аналогично, устройство должно быть простым в обслуживании без необходимости открывать устройство для того, чтобы выполнять такие действия, как извлечение данных, контроль качества и восполнение мощности. 45 Устройство также должно быть разработано таким образом, чтобы противостоять коррозионной среде под высоким давлением, распространенной в глубоководных морских применениях. Узел должен быть сконфигурирован, чтобы минимизировать эффекты шума, возникающего в результате океанических течений, и максимизировать сцепление между устройством и дном океана. При этом устройство должно быть 50 разработано с возможностью корректного ориентирования для максимального сцепления по мере того, как устройство соприкасается с дном океана, без помощи внешнего оборудования, такого как ROV, и минимизировать вероятность

неправильной ориентации. Также, устройство должно быть в меньшей степени подвержено вылавливанию или захватыванию посредством рыболовной сетки, лески и т.п.

5 Устройство должно включать в себя механизм синхронизации, который не чувствителен к ориентации. Аналогично, ориентация не должна влиять на шарнирное крепление геофонов.

10 Устройство должно быть легко развертываемым, при этом способным быть помещенным в конкретную позицию с высокой степенью надежности. Также, устройство должно легко извлекаться без необходимости в устройствах обеспечения плавучести или механизмах отпускания, а также части узла не должны оставаться в океане во время его извлечения. Аналогично, необходимо устройство и средства извлечения, которые минимизируют потенциально опасное натяжение кабеля, соединяющего сейсмические блоки.

15 Также должна быть предоставлена система для простого взаимодействия с сотнями или тысячами узлов регистраторов, которые образуют конфигурацию для развертывания в океанических средах. Эта система должна иметь возможность развертывать, извлекать, отслеживать, обслуживать и хранить отдельный узел регистратора, при этом минимизируя персонал и потребность в дополнительных наводных судах. Более того, система должна минимизировать потенциальное повреждение отдельных узлов в процессе функционирования. Помимо этого, предпочтительно включать устройства безопасности в систему, чтобы минимизировать опасность для персонала, работающего с узлами регистраторов.

25 Сущность изобретения

Настоящее изобретение предоставляет систему сбора сейсмических данных в морских средах посредством развертывания множества непрерывно работающих беспроводных модульных донных узлов датчиков или контейнеров с измерительным оборудованием, каждый из которых характеризуется симметричным плоским корпусом и уникальным внешним амортизатором, чтобы способствовать сцеплению с океаническим дном и не допускать захватывания рыболовными сетями. Контейнеры с измерительным оборудованием соединяются друг с другом с помощью гибкого нежесткого и непроводящего кабеля, который используется для того, чтобы контролировать развертывание контейнеров с измерительным оборудованием в воде. Контейнеры с измерительным оборудованием развертываются и извлекаются с уникально сконфигурированной палубы морского судна, причем палуба оснащена конвейерной системой и загрузочной системой для крепления и открепления отдельных контейнеров с измерительным оборудованием от нежесткого кабеля. В одном варианте осуществления в качестве части конфигурации палубы отдельные контейнеры с измерительным оборудованием беспорядочно хранятся в виде "вертушки" в стойках с гнездами. При размещении в гнезде стойки сейсмические данные, ранее зарегистрированные контейнером, могут быть извлечены, и контейнер с измерительным оборудованием может быть заряжен, протестирован, повторно синхронизирован, и работа может быть повторно инициирована без необходимости открывать контейнер с измерительным оборудованием. В другом варианте осуществления отдельные контейнеры с измерительным оборудованием хранятся в помещенных друг над другом поворотных магазинах, которые позволяют сейсмическим данным, до этого зарегистрированным контейнерами, быть извлеченными, а контейнерам быть заряженными, протестированными, повторно синхронизированными, и работа может быть повторно инициирована без

необходимости открывать контейнер с измерительным оборудованием. В ходе развертывания и извлечения нежесткий кабель и контейнеры, крепящиеся к нему, управляются таким образом, чтобы минимизировать вероятность натяжения, создаваемого в развернутой линии вследствие движения наводного судна. Это  
5 включает в себя уникально сконфигурированную систему нежестких кабелей, разработанную таким образом, чтобы автоматически срезаться, если определенный уровень натяжения достигнут в кабеле. Более конкретно, каждый отдельный узел датчиков состоит из водонепроницаемого корпуса в форме диска, сформированного  
10 из двух параллельных круглых пластин, соединенных вокруг их внешней поверхности ограниченной стенкой, тем самым формируя контейнер с измерительным оборудованием, который является симметричным вокруг оси пластин и имеет очень невысокий плоский профиль относительно диаметра пластин, примерно в форме колеса. Корпус внутренне поддерживается, чтобы защищать целостность корпуса от  
15 действия внешнего давления и обеспечивать жесткое механическое соединение между корпусом узла и геофонами. В одном варианте осуществления изобретения узел сконфигурирован таким образом, что он эффективно сцепляется с дном океана и собирает сейсмические данные вне зависимости от того, на какой стороне пластины он  
20 ложится, устраняя большинство проблем ориентации в предшествующем уровне техники. Пластины могут включать в себя гребешки, выступы или пазы, чтобы улучшить сцепление с дном океана.

Вокруг ограниченной стенки узла в одном варианте осуществления размещается амортизатор, имеющий форму в поперечном разрезе, выполненную таким образом,  
25 чтобы обеспечивать размещение узла на одной из сторон пластин контейнера, тем самым обеспечивая высокую степень сцепления между узлом и дном океана. По меньшей мере, в одном варианте осуществления амортизатор разработан таким образом, чтобы не допустить захватывание или попадание узла в рыболовные сети  
30 или лески.

Узел использует несколько различных устройств для соединения с кабелем. В одном варианте осуществления каждый узел включает в себя внеосевой защелкивающий механизм для прикрепления узлов к кабелю. В другом варианте осуществления  
35 крепежная скоба размещается со смещением от оси на стороне корпуса. В еще одном другом варианте осуществления крепежная скоба размещена по центру на одной из окружных пластин узла, образующих корпус.

Узел является модульным, так что все электронное оборудование размещается в узле, в том числе контейнер мультнаправленных геофонов, устройство регистрации сейсмических данных, источник питания и генератор тактовых импульсов.  
40

В одном варианте осуществления изобретения генератором тактовых импульсов является рубидиевый генератор тактовых импульсов. Рубидиевый генератор тактовых импульсов в гораздо меньшей степени подвержен температурным и гравитационным эффектам или ориентации узла на дне океана.  
45

В другом варианте осуществления узел включает в себя кварцевый генератор тактовых импульсов и наклономер (уклономер). Гравитационные эффекты на кварцевый генератор тактовых импульсов предпочтительно корректируются на борту узла в реальном времени с помощью данных уклонометра.  
50

Источником питания являются перезаряжаемые аккумуляторы, которые могут работать в герметичной среде, например ионно-литиевые аккумуляторы.

Узлы, содержащие уклономер, также могут использовать данные уклонометра для того, чтобы выполнять различные функции, отличные от корректировки кварцевого

генератора тактовых импульсов. Например, один аспект изобретения использует данные уклонометра для математического поворота шарнира. В частности, согласно изобретению шарнирное крепление геофонов осуществляется математически с помощью данных уклонометра и, по сути, не зависит от ориентации блока, как в случае с механическими шарнирами.

Разумеется, данные уклонометра также могут быть использованы для того, чтобы определять положение узла на дне океана, что является частым вариантом применения этих данных в предшествующем уровне техники. Тем не менее, в отличие от устройств предшествующего уровня техники, один аспект изобретения заключается в том, чтобы получить и использовать данные уклонометра непрерывно во времени. Узлы предшествующего уровня техники в типичном варианте определяют положение узла только один раз в начале сейсмической регистрации. Тем не менее, выяснили, что положение узла может изменяться в течение разворачивания, поскольку узел подвергается внешним воздействиям, таким как водные течения, рыболовные сети и т.п. Таким образом, в заявленном изобретении данные уклонометра измеряются как функция от времени. Это выполняется несколько раз в ходе работы, так чтобы сейсмические данные могли быть скорректированы при необходимости. В отношении корректировок уклона, синхронизации или аналогичных данных, которые могут повлиять на точность собираемых сейсмических данных, все устройства предшествующего уровня техники выполняют эти корректировки в центре обработки. Ни одно из устройств предшествующего уровня не выполняет эти корректировки на борту блока, когда он развернут, или даже на борту судна разворачивания. Таким образом, один способ согласно изобретению заключается в том, чтобы осуществлять эти корректировки на борту блока, когда он развернут.

Узел также может включать в себя компас, гидрофон, акустический датчик положения и/или один или более акселерометров. Данные компаса могут быть использованы для того, чтобы предоставлять данные системы координат для каждого отдельного узла относительно системы координат для всей разведки. В одном варианте осуществления изобретения такие датчики, как акселерометры, используются для того, чтобы отслеживать положение узла по мере того, как он опускается через толщу воды и ложится на дно океана. Конкретно, эти датчики предоставляют данные инерциальной навигации и регистрируют информацию положения по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$  по мере того, как узел проходит через толщу воды. Эта информация о положении, вместе с информацией о начальном положении и скорости, используется для того, чтобы определять конечное положение узла.

В другом аспекте изобретения узел активируется в то время, когда находится на борту сейсмического судна, и деактивируется после того, как вытасчен из океана, так что он непрерывно получает данные с момента времени до начала разворачивания до момента времени после извлечения. Аналогично, в одном варианте осуществления узел начинает регистрацию данных до разворачивания в воде. Системы, которые активируются и начинают регистрацию до разворачивания в воде, тем самым стабилизируются до времени, когда требуется обнаружение сигнала. Это минимизирует вероятность того, что измененное состояние в работе электронного оборудования прервет обнаружение и регистрацию сигнала.

В другом аспекте изобретения устройство регистрации сейсмических данных включает в себя циклическое запоминающее устройство и непрерывно выполняет регистрацию, даже когда не используется. Это устраняет необходимость инструкций инициализации или начала, обеспечивает то, что узел стабилизирован в требуемые

периоды регистрации, и служит для того, чтобы резервировать данные предыдущих регистраций до времени, когда записаны предыдущие данные. Пока генератор тактовых импульсов синхронизирован, это устройство регистрации готово к разворачиванию в любое время. Более того, стандартные операции, такие как сбор данных, контроль качества и зарядка аккумуляторов, могут осуществляться без прерывания регистрации. В случае узла непрерывной регистрации, такого как этот, узел может быть использован на земле или в морской среде.

Использование нежесткого кабеля является дополнительным аспектом изобретения. Хотя трос, возможно, использовался в самом раннем предшествующем уровне техники в качестве буксирного каната для плавающих на поверхности сейсмических устройств, в предшествующем уровне техники использовался только жесткий или полужесткий проводной кабель для соединения OBS-систем друг с другом. Одна из причин, по которой проводной кабель был желателен для OBS-систем предшествующего уровня техники, заключается в необходимости электрического соединения систем. В настоящем изобретении, тем не менее, используется гибкий нежесткий кабель, поскольку контейнеры с измерительным оборудованием, как описано выше, работают независимо и не требуют внешних средств связи и соединений. Нежесткий кабель изобретения предпочтительно сформирован из материала из синтетического химического волокна, такого как полиэстер, и заключен в защитный кожух, такой как полиуретановая оболочка. В одном варианте осуществления нежесткий кабель сформирован из двенадцатипрядной оплетенной полиэстерной сердцевины. Кожух является рифленным или гофрированным, чтобы уменьшить торможение в воде.

Нежесткий кабель изобретения также полезен в уникальном способе разворачивания контейнеров с измерительным оборудованием. В частности, нежесткий кабель имеет только немного отрицательную плавучесть. Когда крепится между двумя контейнерами с измерительным оборудованием, каждый из которых имеет значительно более высокую отрицательную плавучесть, чем кабель, поскольку два соединенных контейнера с измерительным оборудованием опускаются через толщу воды, торможение для нежесткого кабеля значительно больше торможения для узлов, и, таким образом, выступает в качестве парашюта или тормоза, замедляя падение контейнеров и поддерживая контейнеры в вертикальном положении. Это особенно желательно в узлах, которые должны быть помещены в конкретное положение, таких как узлы, имеющие несимметричные конфигурации амортизаторов, поскольку кабель, когда крепится к центрально установленному разъему на верхней пластине, служит для того, чтобы поддерживать ориентацию узла по мере того, как он проходит через толщу воды и ложится на дно океана. Более того, поскольку кабель согласно изобретению является нежестким, есть провисание в кабеле между соседними контейнерами. Оператор судна может использовать это провисание, чтобы осуществлять корректировки места падения при разворачивании контейнеров с измерительным оборудованием.

Аналогично, нежесткий кабель улучшает уникальный способ извлечения согласно изобретению, при котором кабель достается посредством кормы судна по мере того, как судно "понижает" кабель. При этом торможение кабеля, создаваемое посредством воды, заставляет кабель парашютировать или вздыматься за судном, минимизируя чрезмерное натяжение кабеля и обеспечивая то, что кабель с меньшей долей вероятности захватывается винтами судна.

На палубе сейсмического судна в одном варианте осуществления система хранения

включает в себя стойку, имеющую несколько рядов, и колонки гнезд размещены для приема отдельных блоков. Каждое гнездо включает в себя порт связи, так что, когда узел помещается в гнездо, узел взаимодействует с центральной станцией управления посредством порта связи. Посредством порта информация, зарегистрированная в узле, может быть загружена, аккумуляторы узла могут быть перезаряжены, проверки контроля качества узла могут быть проведены, регистрация может быть повторно инициирована, и узел может быть повторно активирован. В другом варианте осуществления изобретения система хранения включает в себя помещенные друг над другом поворотные механизмы u-образной формы. Каждый поворотный механизм включает в себя ролики, чтобы дать возможность блокам регистрации быть перемещаемыми по траектории поворотного магазина способом конвейера до тех пор, пока блоки не будут размещены рядом с портом связи. Вне зависимости от того, какая система хранения используется, системы хранения могут быть сконфигурированы так, чтобы иметь габариты стандартного транспортировочного контейнера 8'x20'x8', с тем чтобы системы хранения и сейсмические узлы, хранящиеся в них, могли легко транспортироваться с помощью стандартных контейнерных судов.

Каждый узел может включать в себя уникальное идентификационное средство, такое как радиочастотный идентификационный (RFID) дескриптор или аналогичные идентификационные признаки, чтобы обеспечить отслеживание отдельных узлов по мере того, как они обрабатываются на палубе. Аналогично, как упоминалось выше, каждый узел может включать в себя акустический датчик положения или акселерометр для определения местоположения узла на дне океана. Поскольку отдельные узлы являются модульными, информация о местоположении, связанная с признаками идентификации, позволяет узлам быть произвольным образом вставленными в стойку хранения, но разрешает данным из нескольких блоков быть извлеченными и последовательно упорядоченными согласно предыдущему местоположению узла на дне океана. Таким образом, необходимость хранения узлов в последовательном порядке отпадает. Узлы, которые могут быть рядом друг с другом на линии приемников, не должны храниться рядом друг с другом в стойках.

Помимо этого, общая система развертывания и извлечения узлов является по существу автоматизированной на палубе. Конфигурация палубы включает в себя конвейерную систему, функционирующую рядом со стойками и идущую к краю палубы рядом с водой. Роботизированная рука-манипулятор помещена для перемещения узлов между стойкой хранения и конвейерной лентой. В одном варианте осуществления двигатель кабеля и бобина/контейнер кабеля размещены так, чтобы травить нежесткий кабель, с тем чтобы проходить рядом с конвейерной системой и по боку судна. Поскольку узлы помещаются на конвейерную систему для крепления к нежесткому кабелю, скорость конвейера регулируется, чтобы соответствовать скорости кабеля, предоставляя возможность крепления узлов на лету. Более того, специалисты в данной области техники должны понимать, что скорость травления линии не является постоянной, поскольку перемещение судна по воде не является постоянным, даже в спокойном море и при низком ветре. По сути, для того, чтобы не допустить развития слишком сильного натяжения в линии, что может привести к повреждению линии и торможению узлов, и обеспечить точное помещение узлов на дно океана, скорость линии по мере того, как она травится в воду, постоянно корректируется, чтобы компенсировать изменчивое и непредсказуемое перемещение судна в воде. Таким образом, скорость конвейера, транспортирующего узлы для крепления к линии, должна постоянно корректироваться.

В другом варианте осуществления изобретения конвейер пересекается с кабелем, травленным посредством двигателя кабеля. В пересечении сейсмический узел крепится к кабелю, и прикрепленный узел далее отпускается в воду. Захват кабеля ниже станции крепления используется для того, чтобы надежно зажимать кабель до крепления к узлу, тем самым удаляя натяжение вверх по линии в ходе крепления узла к кабелю. Захват кабеля может включать в себя систему расцепления, требующую от оператора использовать обе руки для того, чтобы открывать захват, тем самым минимизируя опасность для оператора, когда блок расцепляется, и кабель сверху снова натягивается.

В отношении натяжения кабеля, кабель является разделенным, и секции кабеля крепятся друг другу с помощью уникального отрывного соединителя. Соединитель состоит из первой и второй муфты, которые вложены друг в друга. Срезной штифт вставляется посредством вложенных муфт, чтобы скреплять муфты. Каждая муфта крепится к концу секции кабеля, так что, когда муфты скреплены, секции кабеля образуют большой отрезок кабеля. Если натяжение в кабеле становится больше, чем предел среза срезного штифта, срезной штифт отрывается, и кабель отделяется.

Более того, хотя один вариант осуществления изобретения использует зажимное приспособление, которое позволяет узлам быть фиксированными непосредственно на отрезке кабеля, другой вариант осуществления изобретения использует втулку, крепящуюся к кабелю. Зажимное приспособление крепится к втулке, которая ограничена прессованными фланцами. Вместо крепления фланцев между соседними отрезками кабеля, как распространено в предшествующем уровне техники, втулка согласно изобретению может быть зажата или помещена вокруг отрезка кабеля и закреплена без отрезания кабеля. В варианте осуществления втулка крепится к кабелю посредством вставки штифтов через втулку и кабель в плоскостях  $x$  и  $y$  перпендикулярно оси кабеля. Фланцы запрессованы на штифты на концах каждой втулки. Хотя прессование по противоположным концам втулки может быть использовано для того, чтобы задавать область крепления вдоль втулки, втулка может включать в себя раструбы, которые дополнительно задают область крепления.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 - это вид сверху в частичном разрезе узла сейсмического регистратора согласно изобретению.

Фиг.2 - это вид спереди узла по фиг.1.

Фиг.3 - это вид сзади узла по фиг.1.

Фиг.4 - это вид сверху узла по фиг.1.

Фиг.5 - это вид сзади узла с поперечным разрезом закругленного амортизатора.

Фиг.6 - это вид сзади узла с поперечным разрезом клиновидного амортизатора.

Фиг.7 - это вид сверху узла с клиновидным амортизатором по фиг.6.

Фиг.8 - это вертикальная проекция узла с качательно-сочлененным плавником.

Фиг.9 - это вид с торца в разрезе нежесткого кабеля.

Фиг.10 - вид сбоку в разрезе соединителя срезного штифта.

Фиг.11 - это вертикальная проекция соединителя срезного штифта по фиг.10.

Фиг.12 - это вид сбоку в разрезе втулки кабеля крепления контейнеров с измерительным оборудованием.

Фиг.13 - это вертикальная проекция втулки крепления по фиг.12.

Фиг.14 - это вид сбоку судна развертывания и извлечения сейсмической системы.

Фиг.15 - это конфигурация задней палубы, иллюстрирующая автоматическую систему, согласованную по скорости систему пускателей контейнеров с

измерительным оборудованием и систему хранения контейнеров с измерительным оборудованием.

Фиг.16 - это вид сбоку стойки хранения типа "вертушка".

Фиг.17 - это вид с торца конфигурации палубы по фиг.15.

5 Фиг.18 - это вертикальная проекция конфигурации палубы по фиг.15.

Фиг.19 - это конфигурация задней палубы, иллюстрирующая полуавтоматическую систему крепления контейнеров с измерительным оборудованием.

10 Фиг.20 иллюстрирует способ извлечения контейнеров с измерительным оборудованием через корму судна.

Фиг.21 иллюстрирует несколько узлов, прикрепленных к нежесткой линии, в ходе развертывания.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

15 В подробном описании изобретения аналогичные номера позиций используются для того, чтобы обозначать аналогичные части по всему описанию. Различные элементы оборудования, такие как крепежные детали, муфты и т.д., могут быть опущены для того, чтобы упростить описание. Тем не менее, специалисты в данной области техники должны понимать, что это традиционное оборудование может быть  
20 использовано при необходимости.

Со ссылкой на фиг.1 показана система или контейнер 10 с измерительным оборудованием сбора сейсмических данных согласно изобретению. Контейнер 10 с измерительным оборудованием состоит из водонепроницаемого корпуса 12, имеющего стенку 14, задающую внутренний водонепроницаемый отсек 16. Внутри  
25 отсека 16 размещается, по меньшей мере, один геофон 18, генератор 20 тактовых импульсов, источник 22 питания, управляющий механизм 23 и регистратор 24 сейсмических данных. В варианте осуществления контейнер 10 с измерительным оборудованием является модульным, так что источник 22 питания удовлетворяет всем  
30 требованиям по питанию контейнера 10. Аналогично, управляющий механизм 23 обеспечивает все функции управления контейнером 10, исключая необходимость внешней связи управления. Контейнер 10 с измерительным оборудованием утяжелен, чтобы иметь отрицательную плавучесть, таким образом, чтобы он опускался в направлении дна океана, когда развернут в толще воды. Специалисты в данной  
35 области техники должны принимать во внимание, что контейнер 10 с измерительным оборудованием является модульной системой сбора сейсмических данных, которая не требует внешней связи или управления для того, чтобы регистрировать сейсмические сигналы. Дополнительно следует отметить, что геофон 18 внутренним образом  
40 установлен в контейнере 10 с измерительным оборудованием и, таким образом, не требует внешних проводов или соединений. Определено, что с помощью конструкции корпуса, подробнее описанной ниже, геофон 18 эффективно сцепляется с дном океана, так что сейсмические данные, передаваемые посредством контейнера 10 с измерительным оборудованием в геофон 18, не повреждаются посредством помех.

45 Хотя базовые элементы описаны выше, контейнер 10 с измерительным оборудованием также может включать в себя компас 36 и уклонометр 38. Более того, в предпочтительном варианте осуществления геофон 18 - это комплект геофонов, состоящий из трех геофонов, для обнаружения сейсмических волн по каждой из  
50 осей x, y и z. Если специально не указано, все ссылки на геофоны, используемые в изобретении, включают в себя традиционные геофоны, а также другие известные устройства обнаружения активности сейсмических волн, в том числе, без ограничений, акселерометры.

В другом варианте осуществления изобретения считается преимущественным использовать четыре геофона, размещенные в тетраэдральной конфигурации, так что каждый геофон измеряет данные в нескольких плоскостях. В стандартной трехмерной конфигурации три геофона размещаются под углом  $90^\circ$  друг от друга, и каждый геофон измеряет сигнал в одной плоскости  $x$ ,  $y$  или  $z$ . В конфигурации с четырьмя геофонами геофоны ориентированы перпендикулярно плоскости сторон тетраэдральной конфигурации, так что каждый геофон измеряет части нескольких плоскостей в системе координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Например, один геофон может измерять сейсмические данные в плоскости  $x$  и плоскости  $z$ . Конфигурации из четырех или более геофонов являются желательными, поскольку они обеспечивают резервирование в сейсмическом блоке в случае сбоя геофона в определенной плоскости.

Ни одна из OBS-систем предшествующего уровня техники не использовала четыре или более геофонов для того, чтобы обнаруживать сейсмические данные таким образом.

В одном важном аспекте изобретения генератором 20 тактовых импульсов является рубидиевый генератор тактовых импульсов. Ранее рубидиевые генераторы тактовых импульсов не использовались в сейсморазведке, частично вследствие затрат, по сравнению с традиционными кварцевыми генераторами тактовых импульсов. Тем не менее, поскольку контейнер 10 с измерительным оборудованием по изобретению предназначен для того, чтобы эффективнее всего работать в одном из нескольких направлений, необходимо использовать генератор тактовых импульсов, который не подвержен влиянию ориентации, которая может нарушать работу традиционных кварцевых генераторов тактовых импульсов предшествующего уровня техники. Более того, рубидиевые генераторы тактовых импульсов в меньшей степени подвержены температурным и гравитационным эффектам, которые могут нарушать работу генераторов тактовых импульсов предшествующего уровня техники в океанической среде.

Источником 22 питания предпочтительно является ионно-литиевый аккумулятор. В рамках, в которых OBS-системы предшествующего уровня техники использовали бортовые аккумуляторы, в отличие от внешней кабельной разводки, чтобы предоставлять питание, аккумуляторами предшествующего уровня техники были свинцово-кислотные, щелочные или непerezарядные аккумуляторы. Ни одна из OBS-систем предшествующего уровня техники не использовала ионно-литиевые аккумуляторы. Тем не менее, вследствие герметичной модульной природы контейнера согласно изобретению желательно использовать аккумулятор, такой как ионно-литиевого типа, который не выпускает пары и является легко перезаряжаемым.

На фиг.2 и 3 можно увидеть один из уникальных признаков контейнера 10 с измерительным оборудованием, а именно низкопрофильную конфигурацию контейнера 10. Конкретно, корпус 12 содержит первую пластину 26 и вторую пластину 28, скрепленные вместе по внешней границе поверхности посредством стенки 14. В одном варианте осуществления пластины 26 и 28 имеют форму диска, так чтобы общая форма корпуса 12 составляла колесо. В любом случае, как может быть принято во внимание, каждая пластина 26, 28 характеризуется шириной ( $W$ ), а стенка 14 характеризуется высотой ( $H$ ), при этом ширина пластин 26, 28 больше высоты стенки. Разумеется, в рамках, в которых пластины 26, 28 имеют форму диска, все ссылки на ширину  $W$  должны быть заменены диаметром  $D$ . Тем не менее, для целей описания конфигурации с низким профилем, если корпус 12 является круглым по форме и характеризуется диаметром  $D$  или характеризуется высотой  $H$ ,

низкопрофильная характеристика остается неизменной. Хотя, не ограничивая всю конфигурацию с низким профилем, в одном варианте осуществления высота  $H$  составляет более 50% ширины  $W$  или диаметра  $D$ . В неограничительном примере высота  $H$  контейнера 10 с измерительным оборудованием составляет примерно 6,5 дюймов, а ширина/диаметр контейнера 10 с измерительным оборудованием составляет примерно 18,5 дюймов.

Как показано на чертежах, контейнер 10 с измерительным оборудованием является внешне практически симметричным вокруг своих осей  $x$  и  $y$ , так что при разворачивании контейнер 10 с измерительным оборудованием может ложиться на любую сторону 30, 32 и при этом эффективно сцепляться с дном океана. Таким образом, ориентация контейнера 10 с измерительным оборудованием становится гораздо меньшей проблемой по сравнению с OBS-системами предшествующего уровня техники, разработанными так, чтобы ложиться на дно только в одном "вертикальном" положении. Более того, вследствие узкого профиля контейнера 10 с измерительным оборудованием его баланс, как правило, нестабилен на краю 34. Таким образом, контейнер 10 с измерительным оборудованием касается дна океана на краю 34, контейнер 10 с измерительным оборудованием опрокидывается и ложится на одну из двух сторон 30, 32.

Контейнер 10 с измерительным оборудованием также включает в себя внутренние ребра 33, используемые для того, чтобы поддерживать пластины 26, 28, поскольку контейнер 10 с измерительным оборудованием подвергается высокому давлению океанической среды. Ребра 33 предотвращают любое "дребезжание" или перемещение пластин 26, 28, которое в противном случае может мешать обнаружению сейсмических волн. В отличие от предшествующего уровня техники, контейнер 10, описанный в данном описании, фактически является корпусом для геофонов, так что сейсмическая волна может проходить неискаженной через пластину контейнера к геофону 18. В этом отношении, вследствие низкопрофильной и жесткой природы контейнера 10 с измерительным оборудованием точка крепления геофона 18 в корпусе 12 становится менее значимой, и таким образом решаются проблемы, ассоциативно связанные с конструкциями предшествующего уровня техники.

Каждый блок может включать в себя уникальное идентификационное средство, такое как радиочастотный идентификационный (RFID) дескриптор 40 или аналогичные идентификационные признаки, для обеспечения отслеживания отдельных узлов по мере того, как они обрабатываются на палубе способом, описанным ниже. Аналогично, каждый узел может включать в себя акустический датчик 42 положения, который обеспечивает возможность определения положения узла на дне океана.

Фиг.1 также показывает гидрофон 44 с возможностью измерения давления и соединитель 46 с возможностью связи с контейнером 10, когда контейнер 10 с измерительным оборудованием находится на палубе или иным образом размещен в стойке, как описано ниже. Соединителем 46 может быть стандартный штыревой соединитель или может быть инфракрасный или аналогичный соединитель, который не требует жесткой разводки, чтобы обмениваться данными с контейнером 10. Посредством соединителя 46 контейнер 10 с измерительным оборудованием может обслуживаться без снятия одной из пластин 26, 28 или иного открытия корпуса 12. В частности, соединитель 46 позволяет осуществление тестов контроля качества, выделение зарегистрированных сейсмических данных, синхронизацию генератора 20 тактовых импульсов и перезарядку источника 22 питания. Поскольку соединитель 46 используется только над водой, водонепроницаемый стойкий к давлению колпачок 47

соединителя также может быть предусмотрен для того, чтобы защищать соединитель 46. С помощью этого колпачка 47 соединителя соединителем 46 может быть любой стандартный соединитель, который удовлетворяет требуемым функциям контейнера. Соединитель 46 не обязательно должен соответствовать типу, обычно

5

требуемому от соединителей, подвергаемых коррозионным средам высокого давления. Наконец, на фиг.1 показана необязательная крепежная скоба 48 для зажима или иного захвата и работы с контейнером 10. Скоба 48 помещается в корпусе 12 таким образом, чтобы радиальный угол между скобой 48 и любыми аппаратными средствами, которые могут выступать из контейнера 10, например, преобразователь 42 или гидрофон 44, был тупым или острым. В показанном варианте осуществления угол является острым. В частности, общеизвестно, что при разворачивании или извлечении таких устройств, как контейнер 10, эти устройства могут ударяться о борт корабля или о другое оборудование во время работы с контейнерами, потенциально повреждая оборудование, которое выступает из устройств. Посредством размещения скобы 48 на внешней поверхности корпуса 12, так, чтобы радиальная ось, проходящая от центра корпуса 12 через скобу 48, была менее чем на  $90^\circ$  отделена от радиальной оси, проходящей от центра корпуса 12 через преобразователь 42, вероятность повреждения этого оборудования уменьшается.

10

15

20

В одном варианте осуществления изобретения вместо включения крепежной скобы 48 защелкивающий механизм крепится к стенке 14 также предпочтительно в позиции, чтобы минимизировать ущерб для оборудования, выступающего из контейнера 10. Один эффективный защелкивающий механизм - это внеосевой защелкивающий механизм, имеющий расположенные друг напротив друга захваты, которые могут открываться и закрываться для того, чтобы обеспечить закрепление узлов на кабеле для разворачивания. Защелкивающий механизм дополнительно может крепиться наискосок к стенке 14, так чтобы основная ось защелкивающего механизма и z-ось контейнера 10 с измерительным оборудованием не пересекались. Помимо этого, такая ориентация дополнительно защищает аппаратные средства, выступающие из контейнера 10.

25

30

На фиг.4 проиллюстрирована внешняя поверхность 50 одной или более пластин 26, 28. В частности, поверхность 50 может быть оснащена выступами 51, такими как гребешки или пазы, для того, чтобы улучшить сцепление контейнера 10 с измерительным оборудованием с дном океана. В показанном варианте осуществления выступы 51 образуют шевронную структуру на поверхности 50.

35

Помимо этого, на фиг.4 и 5 показана крепежная скоба 54, которая может включаться в конструкцию для зажима или иного захвата и работы с контейнером 10, так чтобы пластины 26, 28 оставались по существу горизонтальными по мере того, как контейнер 10 с измерительным оборудованием опускается через толщу воды посредством крепящейся к кабелю скобы 54. По сути, скоба 54 может быть центрирована по оси для одной из пластин 26, 28 или иным образом размещена на одной из пластин 26, 28 над центром тяжести контейнера 10.

45

Обращаясь к фиг.4-8, одним из аспектов изобретения является включение в конструкцию амортизатора, в общем обозначенного как амортизатор 52, вокруг контейнера 10. Фиг.4-8 иллюстрируют три различных конфигурации амортизатора 52, причем эти конфигурации упоминаются как амортизатор 52а, амортизатор 52b и амортизатор 52с. В любом случае амортизатор 52 имеет несколько функций. Во-первых, он может иметь такую форму для того, чтобы переворачивать контейнер 10 с измерительным оборудованием на одну из двух сторон 30, 32, когда контейнер 10 с

50

измерительным оборудованием приземляется на дне океана на краю 34. Амортизатор 52 также служит для того, чтобы защищать контейнер 10 с измерительным оборудованием и любые внешние устройства, такие как преобразователь 42, которые могут выступать из корпуса 12. Наконец, амортизатор  
5 может иметь форму, которая не допускает захватывание контейнера 10 с измерительным оборудованием рыболовными сетями и черпалками для ловли креветок или "ловильными" цепями. В любом случае амортизатор 52 может выполнять некоторые или все из этих функций.

10 Как упоминалось выше, амортизатор 52 может иметь несколько конфигураций. На фиг.5 амортизатор 52a показан в разрезе размещенным вокруг корпуса 12, тогда как на фиг.4 амортизатор 52a проиллюстрирован в виде сверху контейнера 10. В частности, амортизатор 52a показан как имеющий круглый или изогнутый поперечный разрез 55. Как показано, амортизатор 52a включает в себя фланец 56,  
15 который входит в паз 58, заданный вокруг внешней поверхности корпуса 12. Часть 60 амортизатора 52a выступает за пределы внешней поверхности корпуса 12, тем самым защищая край 34 корпуса 12. Из-за округленной формы амортизатора 52a контейнер 10 с измерительным оборудованием накатывается или опрокидывается на  
20 поверхность сцепления пластин 26, 28, если контейнер 10 с измерительным оборудованием начинает ложиться на дно океана так, что пластины 26, 28 перпендикулярны дну океана. Помимо этого, амортизатор 52a служит для того, чтобы защищать контейнер 10 с измерительным оборудованием от ударов и защищать  
людей при работе с контейнером 10.

25 Альтернативный профиль амортизатора показан на фиг.6 и 7, на которых амортизатор 52b имеет клиновидный поперечный разрез 62. Кроме того, амортизатор 52b включает в себя фланец 56, который входит в паз 58, заданный вокруг внешней поверхности корпуса 12. Часть 64 амортизатора 52b выступает за  
30 пределы внешней поверхности корпуса 12, тем самым защищая пластины 26, 28 и край 34 корпуса 12. Амортизатор 52b, проиллюстрированный на фиг.6 и 7, также включает в себя полости 66, которые могут быть использованы в качестве ручек для захвата и работы с контейнером 10. Согласно варианту осуществления амортизатора 52b можно принимать во внимание, что желательно ориентировать  
35 контейнер 10, имеющий амортизатор 52b, на дне океана таким образом, чтобы клин амортизатора 52b был лицевой стороной вниз. Таким образом, для этого варианта осуществления пластина 28 считается верхом контейнера 10, а пластина 26 считается низом контейнера 10.

40 Согласно варианту осуществления амортизатора 52b по фиг.6 и 7 дополнительная часть 68 амортизатора показана установленной на верхнюю пластину 28. Часть 68 амортизатора имеет закругленный поперечный разрез 70, который переходит в клиновидный поперечный разрез 62. В одном варианте осуществления стеклянные бусы могут быть запрессованы или иным образом вставлены в часть 68 амортизатора  
45 для повышения плавучести части 68 амортизатора. Повышение плавучести верхней части контейнера 10 с измерительным оборудованием гарантирует, что контейнер 10 с измерительным оборудованием будет правильно ориентирован, так что клиновидный амортизатор 52b будет ориентирован вниз, по мере того как контейнер 10 с  
50 измерительным оборудованием проходит через толщу воды и ложится на дно океана.

В вариантах, в которых цепь или другая сеть натягивается на контейнере 10, когда он сцеплен с дном океана, цепь просто скользит вдоль клиновидной поверхности амортизатора 52b и перекидывается наверх контейнера 10. Часть 68 амортизатора

дополнительно не допускает обдирание или захватывание этой цепью или сетью какого-либо оборудования, выступающего из поверхности верхней пластины контейнера 10.

5 Еще один другой вариант осуществления амортизатора 52 проиллюстрирован на фиг.8, на которой амортизатор 52с состоит из плавника или клина 72, имеющего узкий конец 74 и широкий конец 76. Широкий конец 76 входит и шарнирно соединяется между двумя скобами 78, прикрепленными к стенке 14 корпуса 12. Предпочтительно  
10 скобы 78 имеют такую форму, что их наружный край 80 формирует по существу гладкую сопряженную поверхность с поверхностью клина 72. В ходе разворачивания контейнер 10 с измерительным оборудованием может ложиться на любую поверхность 26, 28, и шарнирно соединенный клин 72 хлопает по дну океана, образуя скат или нанос, по которому ловильная цепь или аналогичная сеть проходит, когда  
15 натягивается на контейнере 10. Таким образом амортизатор 52с поднимает цепь над верхом контейнера 10, не допуская обдирание или захватывание этой цепью контейнера 10.

Фиг.9 иллюстрирует гибкий нежесткий кабель 82 согласно изобретению. Конкретно, кабель 82 состоит из внутренней жилы 84 и внешнего кожуха 86.  
20 Внутренняя жила 84 сформирована из нежесткого материала. Для варианта применения нежесткий материал означает скрученный или волокнистый непроводящий материал, такой как трос. Было выяснено, что материал из синтетического химического волокна является предпочтительным, хотя другие материалы могут использоваться для цели изобретения. В одном неограничительном  
25 примере синтетическим химическим волокном является полиэстер. В одном варианте осуществления жила 84 состоит из отдельных прядей 88 троса, сформированных из скрученных волокон троса, при этом пряди 88 троса переплетены для формирования жилы 84. Внешний кожух 86 напрессован на жилу 84. Кожух 86 дополнительно  
30 оснащен ребрами или пазами 90 для снижения торможения в воде. В одном варианте осуществления внешний кожух 86 сформирован из полиуретана.

Следует принимать во внимание, что, поскольку контейнер 10 с измерительным оборудованием не требует внешних средств связи или электропитания, кабель 82 может быть сформирован из непроводящего материала. Кабель 82, описанный в  
35 данном документе, имеет высокую прочность с низкой эластичностью и без проскальзывания. В отличие от жесткого кабеля предшествующего уровня техники кабель 82 не испытывает крутящий момент, т.е. скручивание под нагрузкой. Более того, кабель 82 имеет небольшой вес и прост в обращении, особенно в сравнении с жестким и полужестким кабелем предшествующего уровня техники. Таким образом, с  
40 помощью кабеля 82 контейнеры 10 с измерительным оборудованием могут позиционироваться вдоль линии приемников посредством крепления контейнеров 10 с измерительным оборудованием вдоль кабеля 82 через определенные промежутки.

Как проиллюстрировано на фиг.9 и 10, один аспект изобретения заключается в том,  
45 чтобы сегментировать кабель и использовать отрывной соединитель 92 между сегментами 94 кабеля. Соединитель 92 состоит из первой муфты 96, которая помещена во вторую муфту 98. Срезной штифт 100 вставляется через муфты 96, 98 так, чтобы скреплять муфты. Муфты крепятся к соседним свободным концам кабеля 94 с  
50 помощью любого стандартного средства. В одном варианте осуществления каждая из муфт 96, 98 имеет зазор 102, 104, соответственно, идущий из первого конца 106 ко второму концу 108. На втором конце 108 каждая муфта имеет отверстие 97, 99, проходящее через противоположные стороны каждой муфты. Когда муфта 96

помещается во вторую муфту 98, так чтобы отверстия 97, 99 были выровнены, срезной штифт 100 входит без зазора через выровненные отверстия 97, 99 в соединительные муфты 96, 98 в соответствующих вторых концах 108.

5 В каждом зазоре 102, 104 в соответствующих первых концах 106 задан фланец 110. Каждая муфта вставляется над свободным концом кабеля 98, и ограничитель 112  
крепится к кабелю так, чтобы ограничитель 112 примыкал к фланцу 110 и удерживал муфту на кабеле. В другом варианте осуществления зазор, идущий от второго  
10 конца 108 к первому концу 106, может сужаться, и ограничитель, больше диаметра сужающегося зазора, может быть использован для крепления муфты на свободном конце кабеля.

В любом случае, каждая муфта 96, 98 крепится к концу секции 94 кабеля, так что, когда муфты скреплены, секции кабеля образуют большой отрезок кабеля. Если  
15 натяжение в большем отрезке кабеля становится больше, чем предел среза срезного штифта, срезной штифт отрывается, и больший отрезок кабеля отделяется. Поскольку срезной штифт легко вставляется и вынимается, предел среза для соединенных кабелей может легко регулироваться для конкретной среды или ситуации. Например, срезной штифт с пределом усилия среза 5000 фунтов может быть предпочтителен при  
20 определенных условиях, тогда как срезной штифт с пределом усилия среза в 8000 фунтов может быть предпочтителен в других случаях. В рамках, в которых соединитель отделяется при срезе в то время, когда кабель извлекается, муфты могут быть легко прикреплены обратно посредством замены сломанного срезного штифта.

Такая отрывная система является желательной, поскольку кабель, натянутый за  
25 пределами эксплуатационных ограничений, может разорваться. Например, в жестких и полужестких кабелях предшествующего уровня техники иногда может создаваться натяжение в 30000 фунтов и более. Разрыв кабеля при такой нагрузке может привести к поломкам и повреждениям. Гораздо предпочтительнее просто извлекать отрезок  
30 отдельного кабеля, чем позволить происходить поломкам и повреждениям.

В другом аспекте этой системы отрывное натяжение контейнеров, крепящихся к кабелю, выше отрывного натяжения соединителей, крепящих сегменты кабеля. Таким образом, в случае отрывного натяжения сегменты кабеля отделяются до того, как  
35 контейнер отделяется от кабеля. Это желательно, поскольку гораздо проще найти и извлечь отрезок кабеля, который может оторваться, чем находить и извлекать отдельный контейнер, который может быть отделен от кабеля.

Фиг.12 и 13 иллюстрируют зажимное приспособление 120, которое обеспечивает крепление узлов непосредственно на отрезке кабеля без необходимости отрезать  
40 кабель, что требуется во многих устройствах предшествующего уровня техники. Зажимное приспособление 120 включает в себя втулку 122 с осевым отверстием 123 в ней, которое обеспечивает прикрепление втулки 122 к кабелю (не показано). Зажимное приспособление 120 также включает в себя запрессованные фланцы 124, 126, расположенные на противоположных концах втулки 322. Отверстие 128 проходит  
45 через каждую из втулок 122, предпочтительно в плоскостях x и y перпендикулярно оси втулки 122. В проиллюстрированном варианте осуществления втулка 122 включает в себя кольцевую часть 130, к которой может присоединяться сейсмический узел. В другом варианте осуществления втулка 122 может быть трубчатой без кольцевой  
50 части 130. Втулка 122 может быть неразъемно сформирована или может быть скреплена из двух половин, как, например, показано на фиг.13, где первая половина 132 втулки и вторая половина 134 втулки зажаты вокруг кабеля (не показан) и крепятся друг к другу с помощью крепежа 136.

При установке на кабеле штифт проходит через отверстия 128 для того, чтобы зафиксировать зажимное приспособление 120 от скольжения по кабелю. Фланцы 124, 126 запрессованы на концах втулки 122 и способствуют надежному креплению фиксирующих штифтов. Концы втулки 122 также могут идти раструбом для того, чтобы способствовать надежному креплению фланцев 124, 126.

Таким образом, вместо отрезания кабеля и фиксации зажимного приспособления между свободными концами кабеля втулка согласно изобретению может быть зажата или сползти на отрезок кабеля, и надежно закреплена без отрезания кабеля.

Использование штифтов для крепления приспособления в плоскостях x и y предотвращает вращение зажимного приспособления 120 относительно кабеля и предотвращает соскальзывание по оси вдоль кабеля.

Задняя палуба судна для развертывания и извлечения сейсмической системы проиллюстрирована на фиг.14-19. В общем, на фиг.14 показано судно 200 для развертывания и извлечения сейсмической системы, имеющее рабочую палубу 202 с сейсмической системой 204 развертывания и извлечения, размещенной на ней, для развертывания и извлечения кабеля 206.

Один компонент системы 204 развертывания и извлечения - это стойка 208 хранения для хранения OBS-узлов, крепящихся к кабелю 206. Следует принимать во внимание, что стойка 208 хранения является масштабируемой для того, чтобы удовлетворять потребности хранения конкретных контейнеров и ограничения по пространству на судне. На фиг.14 и 15 предусмотрены четыре стойки 208 хранения для того, чтобы максимизировать вместимость хранения контейнеров для конкретного судна 200. Как лучше всего видно на фиг.16, каждая стойка 208 хранения состоит из нескольких рядов 210 и стоек 212 гнезд 214, причем каждое гнездо 214 размещается для приема контейнера 216. Хотя размеры гнезда 214 могут варьироваться в зависимости от размеров конкретного OBS-узла, хранящегося в нем, предпочтительный вариант осуществления иллюстрирует стойку 208 хранения, размещенную для приема низкопрофильных контейнеров в форме дисков, описанных выше и, в общем, упоминаемых как контейнер 10. Ссылаясь на фиг.17, каждое гнездо 214 оснащено портом 218 связи для обеспечения связи между контейнером 216 с измерительным оборудованием и центральной диспетчерской (не показана), когда контейнер 216 с измерительным оборудованием помещается в гнездо 214. В одном варианте осуществления порт 218 связи связан с контейнером 216 с измерительным оборудованием посредством соединителя 46, показанного в контейнере 10 с измерительным оборудованием (см. фиг.1). Как описано выше, каналом связи может быть проводное соединение между портом 218 связи и соединителем 46 или может быть какой-либо другой способ связи, такой как инфракрасный разъем. В любом случае, через порт 218 связи информация, зарегистрированная в контейнере 216, может быть выгружена, аккумуляторы узла могут быть перезаряжены, контрольные проверки узла могут быть проведены, генератор тактовых импульсов может быть синхронизирован, регистрация может быть повторно инициирована, и узел может быть повторно активирован, все это осуществляется при помещении в гнездо 214.

В другом варианте осуществления стойки 208 хранения, ряды и стойки гнезд заменены одной, расположенной друг над другом стойкой поворотных механизмов, предпочтительно полукруглых или u-образных. Каждый поворотный механизм включает в себя ролики для того, чтобы обеспечить перемещение узлов регистрации по траектории поворотного магазина конвейерным способом до тех пор, пока узлы не будут размещены рядом с портом связи. Форма траектории поворотного

механизма предпочтительно является полукруглой или u-образной для того, чтобы обеспечить вставку узлов регистрации в первый конец поворотного магазина и извлекаться из второго конца. Такая конфигурация должна обеспечить  
5 одновременную вставку и извлечение поворотных механизмов из поворотного магазина. В качестве примера, первый конец поворотного механизма может быть размещен рядом со станцией очистки для очистки контейнеров, извлекаемых со дна океана, а второй конец поворотного механизма может быть размещен рядом со станцией развертывания для того, чтобы обеспечить повторное прикрепление  
10 контейнеров к кабелю для развертывания.

Вне зависимости от того, какая система хранения используется, системы хранения могут быть сконфигурированы так, чтобы иметь габариты стандартного судового транспортировочного контейнера 8'x20'x8', с тем чтобы системы хранения и все сейсмические узлы, хранящиеся в них, могли легко транспортироваться с помощью  
15 стандартных контейнерных судов.

Как можно видеть на фиг.15, 17 и 18, показан один вариант осуществления системы 204, в котором система задней палубы является по существу автоматической.

Помимо стойки 208 хранения, показана система 219 развертывания контейнеров, функционирующая рядом со стойками 208 и выступающая к краю палубы 202 рядом с  
20 водой. Перегрузочная система 220 размещена для перемещения узлов 216 с измерительным оборудованием между стойкой 208 хранения и системой 219 развертывания. Хотя могут быть использованы различные автоматические и полуавтоматические перегрузочные системы 220, в показанном варианте  
25 осуществления используется одно или более одноосных загрузочно-разгрузочных устройств 221 для перемещения контейнеров 216 с измерительным оборудованием между одной или более захватывающих рук-манипуляторов 223, которые могут перемещать контейнеры 216 с измерительным оборудованием между стойками 208,  
30 загрузочно-разгрузочными устройствами 221 и системой 219 развертывания.

Более конкретно, система 219 развертывания состоит из роликовой подложки 226 конвейера, идущей параллельно нежесткому кабелю 206, и каретки 228 развертывания контейнеров, перемещающейся вместе с конвейером 226. Двигатель 222 для кабеля и бобина/контейнер 224 кабеля размещаются так, чтобы линейно перемещать нежесткий  
35 кабель 206 рядом с системой 219 развертывания и над бортом судна. Контейнеры 216 с измерительным оборудованием присоединяются к нежесткому кабелю 206, пока кабель 206 продолжает травиться в воду, т.е. на лету, посредством использования каретки 228 для того, чтобы ускорять контейнер 216 с измерительным оборудованием  
40 до скорости кабеля 206. В точке, где скорость кабеля 206 и контейнера 216 с измерительным оборудованием практически равны, контейнер 216 с измерительным оборудованием присоединяется к кабелю 206, и в этой точке контейнер 216 с измерительным оборудованием отсоединяется от каретки 228 и продолжает перемещаться вдоль конвейера 226, приводимый в действие кабелем, к которому он  
45 крепится.

Конвейер 226 имеет первый конец 230 и второй конец 232, причем перегрузочная система 220 размещается рядом с первым концом 230, а один или более двигателей 222 для кабеля размещаются рядом со вторым концом 232, так что контейнер 216, в  
50 общем, движется вдоль конвейера 226 от первого конца 230 ко второму концу 232. Каретка 228 развертывания контейнеров аналогично перемещается на дорожке или рамке 234, по меньшей частично, вдоль части участка конвейера 226. Когда контейнер 216 с измерительным оборудованием готов к развертыванию, он

вытаскивается из стойки 208 с помощью руки-манипулятора 223 и перемещается на загрузочно-погрузочном устройстве 221 так, чтобы разместиться рядом с первым концом 230 конвейера 226. Захватывающие руки-манипуляторы 223 помещают контейнер 216 с измерительным оборудованием на каретку 228, которая также  
5 располагается на своей дорожке 234 так, чтобы быть рядом с первым концом 230 конвейера 226. После того как контейнер 216 с измерительным оборудованием располагается на каретке 228, каретка 228 ускоряется вниз по конвейеру 226 в направлении второго конца 232 конвейера 226. Когда ускорение каретки 228 достигает  
10 скорости кабеля 206, контейнер 216 с измерительным оборудованием зажимается или иным образом крепится к кабелю 206. В одном варианте осуществления контейнер 216 с измерительным оборудованием включает в себя зажим с захватом, который может быть зафиксирован вокруг кабеля 206 после того, как достигнута скорость крепления.  
15 В этом варианте осуществления контейнер 216 с измерительным оборудованием может зажиматься непосредственно на кабеле 206 или может прижиматься к крепежной втулке, размещенной на кабеле 206. В любом случае двигатель 222 для кабеля продолжает тянуть кабель 206, заставляя контейнер 216 с измерительным оборудованием перемещаться вниз по конвейеру 226 до тех пор, пока он не будет  
20 развернут над бортом корабля 200.

Вдоль перегрузочной системы 220 и системы 219 развертывания могут быть размещены один или более RFID-считывателей 240 для того, чтобы отслеживать перемещение конкретных контейнеров 216 с измерительным оборудованием вдоль палубы 202. Это отслеживание особенно желательно в отношении системы 204  
25 развертывания и извлечения, описанной выше, поскольку модульный характер контейнеров устраняет необходимость хранить узлы в конкретном порядке по мере того, как с ними работают на палубе 202, и они вставляются в стойки 208. Другими словами, поскольку отдельные контейнеры 10 с измерительным оборудованием  
30 согласно изобретению являются модульными, и информация о местоположении и ориентации каждого контейнера на дне океана регистрируется в контейнере вместе с сейсмическими данными, регистрируемыми на месте, узлы не обязательно должны храниться последовательно или в порядке линии приемников в то время, как они  
35 извлекаются из океана, обслуживаются и хранятся. В этом отношении, узлы, которые могут быть рядом друг с другом на короткой линии, не должны перемещаться в конкретном порядке через систему 204 и не обязательно должны храниться следом друг за другом в стойках 208, а могут произвольно вставляться в стойки 208 хранения.

Специалисты в данной области техники должны принимать во внимание, что скорость кабеля 206 по мере того, как он травится в воду, постоянно регулируется для  
40 того, чтобы компенсировать изменчивое и непредсказуемое перемещение судна 220 в воде. В предпочтительном варианте осуществления скорость каретки 228, транспортирующей узлы 216 с измерительным оборудованием для прикрепления к кабелю 206, может постоянно регулироваться так, чтобы обеспечить  
45 беспрепятственное прикрепление контейнера 216 с измерительным оборудованием к кабелю 206 на лету.

Хотя конвейер 226, каретка 228 и кабель 206 описаны в линейной компоновке, следует понимать, что нелинейные компоновки также охватываются в настоящем  
50 изобретении, поскольку эти компоновки ускоряют морской сейсмический узел так, чтобы обеспечить прикрепление узла к движущемуся кабелю.

Как описано выше, система 219 развертывания может быть использована для того, чтобы применять на практике один способ согласно изобретению, а именно

прикрепление и отсоединение сейсмических узлов 216 с измерительным оборудованием на лету без прекращения перемещения кабеля 206 по мере того, как он травится в воду. Способ, который может быть использован в связи с системой 219 развертывания, включает в себя этапы, на которых обеспечивают кабель, перемещающийся на заданной скорости и вдоль траектории кабеля, ускоряют сейсмический узел вдоль траектории рядом с кабелем до тех пор, пока сейсмический узел не начнет перемещаться практически со скоростью кабеля, и прикрепляют сейсмический узел к кабелю в то время, когда оба находятся в движении. Таким образом, сейсмический узел может крепиться к кабелю и опускаться в воду без необходимости останавливать и пускать кабель и/или судно в ходе развертывания, тем самым сокращая время, требуемое для того, чтобы вытравить отрезок кабеля вдоль линии приемников.

В другом варианте осуществления изобретения, показанном на фиг.19, полуавтоматический конвейер 250 пересекается с кабелем 206 в то время, когда он вытаскивается из бобины/контейнера 224 кабеля и травится посредством двигателя 222 для кабеля. В этом случае стойки 208 хранения и перегрузочная система 220 размещаются на любой стороне конвейера 250 в конфигурации, аналогичной конфигурации, показанной на фиг.15. Тем не менее, вместо наличия кабеля 206, движущегося рядом с конвейером 250, кабель 206 разнесен с конвейером 250. В этом варианте осуществления конвейер 250 задается посредством первого конца 252 и второго конца 254. Часть 256 конвейера 250 изогнута для того, чтобы обеспечить выдвижение контейнеров 216 с измерительным оборудованием в направлении кабеля 206 для прикрепления контейнеров 216 с измерительным оборудованием к кабелю 206 на втором конце 254 конвейера 250. Кроме того, показан второй конвейер 258, используемый для того, чтобы каскадно размещать контейнеры 216 с измерительным оборудованием до прикрепления к кабелю 206. Второй конвейер 258 перемещает контейнеры 216 с измерительным оборудованием из позиции рядом с перегрузочной системой 220 к первому концу 254 конвейера 250.

Станция 260 крепления располагается на пересечении кабеля 206 и конвейера 250. В станции 260 крепления морской сейсмический узел 216 с измерительным оборудованием крепится к кабелю 206, и прикрепленный узел далее опускается в воду. В одном варианте осуществления захват 262 кабеля размещен ниже станции 260 крепления. В ходе развертывания контейнеров 216 с измерительным оборудованием захват 262 кабеля используется для того, чтобы надежно зажимать кабель 206 до прикрепления узла 216 с измерительным оборудованием в станции 260 крепления, тем самым устраняя натяжение линии выше захвата 260 для того, чтобы обеспечить надежное прикрепление узла 216 с измерительным оборудованием к кабелю 206. Это особенно предпочтительно в полуавтоматических конфигурациях, в которых персонал вручную крепит узлы 216 с измерительным оборудованием к кабелю 206. В любом случае система расцепления 264 захвата кабеля может быть включена в станции 260 крепления для того, чтобы минимизировать вероятность того, что персонал находится рядом или соприкасается с кабелем 206 в то время, когда захват 262 кабеля расцепляется, и кабель 206 натягивается. В предпочтительном варианте осуществления система 264 расцепления включает в себя первую кнопку 266 и вторую кнопку 268, которые должны одновременно активироваться для того, чтобы вызывать расцепление захвата 262 кабеля. Таким образом, предпочтительно, один оператор должен использовать обе руки для того, чтобы пускать систему 264 расцепления, и, по сути, система 263 расцепления выступает в качестве защитного устройства для того, чтобы минимизировать опасность для оператора.

Хотя не обязательно, в одном варианте осуществления изобретения, проиллюстрированном на фиг.19, задняя палуба оснащена двумя системами развертывания кабелей, причем одна система размещена на левом борту палубы 202, а другая система размещена на правом борту палубы 202, при этом стойки 208 хранения, перегрузочная система 220 и конвейер 250 помещены между ними. Конвейер 250 изгибается к обоим бортам, и каждая система развертывания кабелей включает в себя бобину/контейнер 224 кабеля, двигатель 222 для кабеля, станцию 260 крепления и захват 262 кабеля. Сдвоенные системы, подобные вышеописанной, предоставляют резервирование и обеспечивают непрерывность сейсморазведочных работ в случае сбоя в работе одной из систем.

Одна функция узла регистрации сейсмических данных согласно изобретению заключается в непрерывной работе узла. В этом аспекте изобретения получение данных инициируется до размещения узла на поверхности земли. В одном предпочтительном варианте осуществления морской сейсмический узел активируется и начинает сбор данных до развертывания в воде. Системы, которые активируются и начинают сбор данных до развертывания, тем самым стабилизируются до момента времени, когда требуется обнаружение сигнала. Это минимизирует вероятность того, что измененное состояние в работе электронного оборудования прервет обнаружение сигнала. Разумеется, в случае узла с непрерывным получением данных, такого как описан выше, новизна заключается в "непрерывном" функционировании узла, и эта функция применяется и на земле, и в морской среде.

В аналогичном варианте осуществления регистрация данных инициируется до размещения вдоль линии приемников. Например, узел регистрации морских сейсмических данных активируется, будучи еще на судне развертывания, и начинает сбор данных до развертывания в воде. Помимо этого, это обеспечивает стабилизацию узлов до момента времени, когда потребуется регистрация сигнала. С этой целью, одним компонентом стабилизации системы является стабилизация генератора тактовых импульсов. Широко известно, что из множества компонентов системы генератор тактовых импульсов в типичном варианте отнимает много времени для стабилизации. Таким образом, в одном варианте осуществления изобретения, обнаруживает ли узел данные непрерывно или регистрирует ли узел данные непрерывно, генератор тактовых импульсов всегда остается включенным.

В любом из двух предшествующих способов узел может быть использован в нескольких циклах развертывания и извлечения без прерывания непрерывной работы узла. Таким образом, например, регистрация инициируется до развертывания. Устройство развертывается, извлекается и повторно развертывается, и при всем этом регистрация данных не прекращается. До тех пор, пока достаточно объема памяти, эта непрерывная регистрация в течение нескольких циклов развертывания и повторного развертывания может сохраняться.

В этом отношении, в рамках, в которых узел сейсмических данных включает в себя циклическое запоминающее устройство, он может постоянно вести регистрацию, даже когда не используется для обнаружения сейсмических волн. Таким образом, помимо вышеописанных преимуществ, инструкции инициирования или запуска становятся необязательными. Дополнительно непрерывная регистрация с помощью циклического запоминающего устройства выступает в качестве резервирования для данных, полученных из предыдущих регистраций до времени, когда записаны предыдущие данные. Дополнительное преимущество заключается в том, что устройство готово к развертыванию в любое время, пока генератор тактовых импульсов синхронизирован.

В рамках, в которых регистрация продолжается после того, как узел извлечен, стандартные операции, такие как сбор данных, контроль качества и зарядка аккумуляторов могут осуществляться без прерывания регистрации. Одно преимущество такой системы заключается в том, что устройство может быть  
5 использовано для регистрации данных тестов контроля качества вместо сейсмических данных при проведении тестов контроля качества. Другими словами, данные для ввода изменяются с сейсмических данных на данные контроля качества. После того, как контроль качества завершен, устройство может возобновить регистрацию  
10 сейсмических данных или других необходимых данных, такие как данные, связанные с расположением и синхронизацией.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения морской сейсмический узел включает в себя инерционную навигационную систему для того, чтобы получать информацию о положении узла в координатах  $x$ ,  $y$  и  $z$  по мере того, как узел проходит через толщу воды и ложится на дно океана. В целом, эта система  
15 измеряет перемещение в каждой из координат  $x$ ,  $y$  и  $z$ , а также угловое перемещение вокруг каждой оси  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Другими словами, система измеряет шесть степеней свободы узла по мере того, как он перемещается от судна на дно океана, и использует эту информацию измерений для определения местоположения на дне океана. В  
20 предпочтительном варианте осуществления изобретения эта информация о линейных и угловых параметрах в координатах  $x$ ,  $y$  и  $z$  может быть определена с помощью акселерометров. Информация угловой ориентации, т.е. наклон и направление, может быть определена с помощью уклонометра и компаса или других ориентационных  
25 устройств, таких как гироскопы. В одном варианте осуществления изобретения три акселерометра и три гироскопа используются для формирования инерционных навигационных данных, используемых для определения положения узла на дне океана.

В любом случае, посредством объединения информации акселерометра и наклона и  
30 направления как функции от времени с начальным положением и скоростью узла в период, когда он опускается в толщу воды, траектория движения узла через толщу воды может быть определена. Более важно, может быть определено местоположение узла на дне в толще воды, т.е. местоположение узла на дне океана. Временные  
35 выборки осуществляются с надлежащими интервалами для получения требуемой точности. Временная выборка между различными компонентами измерений может варьироваться. Например, данные от компаса, используемого для измерения направления, и уклонометра, используемого для измерения наклона, могут дискретизироваться более медленно, чем данные от акселерометров. До этого ни один  
40 из других морских сейсмических узлов не использовал один или более акселерометров для определения местоположения таким образом. В этом отношении способ и система заменяют необходимость измерять местоположение на дне океана с помощью других методик, например, посредством акустических датчиков положения и т.п.

Несмотря на вышеизложенное, этот способ определения местоположения особенно  
45 хорошо работает с вышеописанным способом непрерывной регистрации. Поскольку узел уже регистрирует данные по мере того, как он опускается в верхнюю часть толщи воды, информация положения  $x$ ,  $y$  и  $z$  легко регистрируется в узле и становится частью полной регистрации данных узла.

Изобретение также предоставляет уникальный способ извлечения OBS-узлов 300,  
50 крепящихся к кабелю 302, как проиллюстрировано на фиг.20. Конкретно, было выяснено, что извлечение кабеля 302 по заднему концу 304 (в общем, корме) судна 306 по мере того, как судно перемещает сначала передний конец 308 (зачастую нос) вниз

кабеля 302 в направлении кабеля, минимизирует торможение кабеля по дну океана 310, пока кабель 302 поднимается, и предотвращает излишнее натяжение или "растягивание" кабеля 302, распространенное в методике извлечения по предшествующему уровню техники. Конкретно, торможение воды для OBS-узлов и кабеля в способе согласно изобретению вызывает парашютирование кабеля 302 или вздымание кабеля за судном 306, как показано на этапе 312, используя толщу воды как амортизатор и минимизируя излишнее натяжение.

В этом способе регулирование скорости судна 306 не является настолько критичным, как в способе извлечения по носу в предшествующем уровне техники. Помимо этого, поскольку кабель 302 вздымается 312 в воде позади судна по мере того, как судно движется в противоположном направлении от волны, кабель с меньшей степенью вероятности захватывается винтами судна, как это может происходить при использовании способа по предшествующему уровню техники. Разумеется, специалисты в данной области техники должны понимать, что в способе согласно изобретению кабель может подниматься по носу или корме судна в то время, как судно перемещается в направлении вдоль кабеля, и кабель поднимается через задний конец судна.

В любом случае, система 314 обеспечения плавучести может также быть прикреплена к кабелю, как правило, по одному или обоим концам развернутого кабеля, чтобы вызвать подъем на поверхность, по меньшей мере, части кабеля, где он может быть легко захвачен для извлечения с помощью вышеописанного способа. Эта система широко известна в данной области техники и может включать в себя устройство обеспечения плавучести, которое расцепляется у дна океана в требуемое время извлечения, или устройство обеспечения плавучести, которое плавает на поверхности воды, но остается прикрепленным к кабелю, пока он развернут.

Нежесткий кабель согласно изобретению также включен в уникальный способ развертывания контейнеров с оборудованием, как показано на фиг.21. Конкретно, по меньшей мере, два OBS-узла 400 связаны с помощью нежесткого кабеля 402. Кабель 402 и узлы 400 развернуты в толще воды 404. Поскольку узлы 400 имеют значительно большую отрицательную плавучесть, чем нежесткий кабель 402, узлы имеют тенденцию опускаться через толщу воды впереди кабеля, так что сегмент кабеля, прилегающий к двум узлам, парашютирует между двумя узлами, как показано на этапе 406. Торможение кабеля вниз через толщу воды выступает в качестве ограничителя, замедляя спускание узлов и обеспечивая более простое управление при позиционировании узлов на дне 408 океана. Конкретно, эффект парашютирования обеспечивает контроль ориентации узлов, например, оснащенных клиновидным амортизатором, проиллюстрированным на фиг.6 и 7. Помимо этого, нежесткий кабель обеспечивает мягкое приземление узла на дно океана, обеспечивая согласованное сцепление узлов с дном океана.

Это является усовершенствованием в сравнении со способами предшествующего уровня техники, поскольку способы предшествующего уровня техники используют жесткий или полужесткий кабель для развертывания OBS-узлов. Этот кабель имеет тенденцию опускаться быстро через толщу воды вместе с узлами. Другими словами, эти кабели не имеют такие же характеристики торможения, что и более легкий нежесткий кабель согласно изобретению. В кабеле и OBS-узлах, использующих способ предшествующего уровня техники, ориентация отдельных узлов со значительно большей вероятностью дестабилизируется, к примеру, отклонится от курса или собьется, поскольку узел быстро проходит через толщу воды.

Дополнительное преимущество способа развертывания согласно изобретению заключается в том, что нежесткий кабель обеспечивает образование провисания между соседними узлами как в ходе развертывания, так и после укладывания на дне океана. Фактически, было выяснено, что в ходе общих операций развертывания, таких как описанные выше, длина нежесткого кабеля между двумя узлами, в общем, гораздо больше фактического расстояния между узлами после того, как они оседают на дне океана. Другими словами, после укладывания на дне океана может быть существенное провисание нежесткого кабеля между соседними узлами. По этой причине нежесткий кабель согласно изобретению не используется для разнесения узлов друг от друга. В любом случае, оператор судна может использовать провисание, которое образуется в нежестком кабеле, чтобы вызывать корректировку линии приемников при ее укладывании. Конкретно, если судно развертывания дрейфует или иным образом вызывает смещенную укладку линии приемников от требуемой линии приемников, то судно на поверхности может изменить свою позицию для того, чтобы вернуть остаток нежесткого кабеля и прикрепленные узлы на требуемую линию приемников. Провисание в кабеле, возникающее вследствие нежесткого характера кабеля, обеспечивает возврат оператором оставшихся отдельных узлов на линию и их укладку примерно в требуемом месте вдоль назначенной линии. В отличие от этого, если эти узлы крепятся к жесткому или полужесткому кабелю, кабель не должен иметь какого-либо регулировочного провисания, и оставшиеся узлы, хотя, возможно, размещенные вдоль требуемой линии приемников, не позиционируются в требуемом месте вдоль линии приемников. Помимо этого, после того как узлы 400 размещаются на дне океана, кабель 402 между ними провисает, как показано на этапе 410. Это "расцепляет" отдельные узлы друг от друга и предотвращает вибрацию или передачу нежелательного шума по кабелю.

В рамках, в которых генератором 20 тактовых импульсов является кварцевый генератор тактовых импульсов, информация от уклонометра 313 может быть использована для корректировки гравитационных эффектов на синхронизацию генератора тактовых импульсов. В предшествующем уровне техники информация уклонометра использовалась только для корректировки сейсмических данных. Помимо корректировок кварцевого генератора тактовых импульсов для учета температурных эффектов, других типов кварцевых корректировок для этого генератора тактовых импульсов не проводилось. Таким образом, один аспект изобретения использует информацию уклонометра для корректировки расхождения в синхронизации генератора тактовых импульсов, возникающих в результате гравитационных эффектов, действующих на кварцевый генератор тактовых импульсов. Эти корректировки генератора тактовых импульсов могут проводиться на борту контейнера во время и по существу во время регистрации данных или применяться к данным после того, как данные извлечены из контейнера.

Аналогично, информация из уклонометра 36 может быть использована для применения математического поворота шарнира к сейсмическим данным. В рамках, в которых сейсмические данные корректировались в предшествующем уровне техники для регулирования ориентации, эти корректировки основывались на механических шарнирах, установленных на борту OBS-систем предшествующего уровня техники. Тем не менее, типичный механический шарнир может вызывать ухудшение точности данных вследствие демпфирования шарнира в каретке. В одном аспекте изобретения определено, что нешарнирная, математическая корректировка или "математический поворот шарнира" предпочтителен в сравнении со способами поворота шарнира

предшествующего уровня техники. Таким образом, изобретение может использовать информацию уклонометра для того, чтобы математически корректировать сейсмические данные, чтобы принимать во внимание вертикальную ориентацию контейнера. Этот математический поворот шарнира может проводиться на борту контейнера во время и по существу во время регистрации данных или применяться к данным после того, как данные извлечены из контейнера.

Помимо этого, информация от компаса 36 может быть использована для дополнительной оптимизации математического поворота шарнира так, чтобы принимать во внимание поворотную ориентацию узла. Конкретно, данные компаса могут быть вставлены вместе с данными уклонометра в математический поворот шарнира для того, чтобы более четко корректировать сейсмические данные на предмет эффектов, возникающих из ориентации контейнера.

Хотя конкретные признаки и варианты осуществления изобретения подробно описаны в данном описании, следует понимать, что изобретение охватывает все модификации и улучшения в рамках объема и концепции прилагаемой формулы изобретения.

### Формула изобретения

1. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

a. водонепроницаемый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек;

b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;

c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;

d. источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; и

e. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса,

f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;

g. в которой упомянутый источник электропитания обеспечивает электропитанием всю систему, развернутую под водой; и

h. при этом упомянутая система является автономной, и все электронное оборудование для системы размещено внутри корпуса, таким образом образуя полностью автономную систему;

i. при этом упомянутая система дополнительно содержит внешний соединитель, поддерживающий электрическую связь с по меньшей мере одним из упомянутого геофона, генератора тактовых импульсов, источника электропитания и сейсмического регистратора, причем упомянутый соединитель проходит через стенку упомянутого корпуса; и

j. амортизатор, размещенный вокруг упомянутой стенки.

2. Система по п.1, в которой корпус содержит первую пластину, имеющую первую периферию, и вторую пластину, имеющую вторую периферию, причем пластины соединены вдоль своих периферий посредством упомянутой стенки.

3. Система по п.1, в которой упомянутый соединитель проходит через стенку упомянутого корпуса и размещен внутри упомянутой стенки так, чтобы он был установлен с внешней поверхности упомянутой стенки, причем упомянутая система дополнительно содержит водонепроницаемый стойкий к давлению колпачок, размещенный над упомянутым внешним соединителем.

4. Система по п.1, содержащая по меньшей мере четыре геофона, размещенные в указанном корпусе.

5. Система по п.4, в которой указанные по меньшей мере четыре геофона размещены в тетраэдральной конфигурации.

6. Система по п.1, содержащая по меньшей мере пять геофонов, размещенных в указанном корпусе.

7. Система по п.1, в которой корпус имеет, по существу, форму диска.

8. Система по п.7, в которой корпус имеет первую ось и вторую ось, при этом корпус является, по существу, симметричным вокруг каждой из первой и второй осей.

9. Система по п.1, в которой корпус характеризуется высотой и диаметром, при этом диаметр больше упомянутой высоты.

10. Система по п.9, в которой высота составляет не более 50% диаметра.

11. Система по п.2, в которой каждая пластина характеризуется шириной, а стенка характеризуется высотой, при этом ширина пластин больше высоты стенки.

12. Система по п.2, в которой по меньшей мере одна пластина задается внутренней поверхностью и внешней поверхностью, причем внешняя поверхность оснащена гребешками или пазами для улучшения сцепления системы с дном океана.

13. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

a. водонепроницаемый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек;

b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;

c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;

d. источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; и

e. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса,

f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;

g. в которой упомянутый источник электропитания обеспечивает электропитанием всю систему, развернутую под водой; и

h. при этом упомянутая система является автономной, и все электронное оборудование для системы размещено внутри корпуса, таким образом образуя полностью автономную систему;

i. причем упомянутый регистратор сейсмических данных содержит циклическое запоминающее устройство.

14. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

a. водонепроницаемый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек;

b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;

c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;

d. источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; и

e. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса,

f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;

g. при этом упомянутый источник электропитания обеспечивает электропитанием всю систему, развернутую под водой; и

h. при этом упомянутая система является автономной, и все электронное оборудование для системы размещено внутри корпуса, таким образом образуя полностью автономную систему;

i. при этом корпус содержит первую пластину, имеющую первую периферию, и вторую пластину, имеющую вторую периферию, причем пластины соединены вдоль своих периферий посредством упомянутой стенки;

j. при этом по меньшей мере одна пластина задается посредством внутренней поверхности и внешней поверхности, причем внешняя поверхность оснащена множеством гребешков или пазов для улучшения сцепления системы с дном океана; и

k. дополнительно содержащая амортизатор, размещенный на упомянутом корпусе.

15. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

a. корпус в форме диска, сформированный из двух параллельных круглых пластин, соединенных вокруг их периферий ограниченной стенкой для того, чтобы задать внутренний отсек, причем одна из упомянутых пластин является верхней пластиной, а другая из упомянутых пластин является нижней пластиной;

b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;

c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;

d. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса; и

e. источник питания, размещенный внутри упомянутого корпуса,

f. упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;

g. при этом упомянутая система дополнительно содержит внешний соединитель, поддерживающий электрическую связь с по меньшей мере одним из упомянутого геофона, генератора тактовых импульсов, источника электропитания и сейсмического регистратора, причем упомянутый соединитель проходит через стенку упомянутого корпуса; и

h. дополнительно содержащая защелкивающий механизм, размещенный на упомянутом корпусе.

16. Система по п.15, в которой каждая пластина характеризуется шириной, а стенка характеризуется высотой, при этом ширина пластин больше высоты стенки.

17. Система по п.15, в которой корпус является, по существу, симметричным.

18. Система по п.15, в которой корпус имеет первую ось и вторую ось, при этом корпус является, по существу, симметричным вокруг каждой из первой и второй осей.

19. Система по п.15, в которой корпус характеризуется высотой и диаметром, при этом диаметр больше упомянутой высоты.

20. Система по п.19, в которой высота составляет не более 50% диаметра.

21. Система по п.15, в которой по меньшей мере одна пластина задается посредством внутренней поверхности и внешней поверхности, причем внешняя поверхность оснащена гребешками или пазами для улучшения сцепления системы с дном океана.

22. Система по п.15, в которой упомянутый соединитель проходит через стенку упомянутого корпуса и размещен внутри упомянутой стенки так, чтобы он был установлен с внешней поверхности упомянутой стенки, причем упомянутая система дополнительно содержит водонепроницаемый стойкий к давлению колпачок, размещенный над упомянутым внешним соединителем.

23. Система по п.15, в которой источник электропитания обеспечивает питанием всю систему, развернутую под водой.

24. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

a. водонепроницаемый корпус в форме диска, сформированный из двух параллельных круглых пластин, соединенных вокруг их периферий ограниченной стенкой для того, чтобы задать внутренний отсек;

b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;

c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;

- d. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса; и
- e. источник питания, размещенный внутри упомянутого корпуса,
- f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;
- g. в которой упомянутый регистратор сейсмических данных содержит циклическое запоминающее устройство.

25. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

- a. корпус в форме диска, сформированный из двух параллельных круглых пластин, соединенных вокруг их периферий ограниченной стенкой для того, чтобы задать внутренний отсек;
- b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;
- c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;
- d. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса; и
- e. источник питания, размещенный внутри упомянутого корпуса,
- f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;
- g. причем первая из упомянутых пластин задается посредством внутренней поверхности и внешней поверхности, причем внешняя поверхность оснащена множеством гребешков или пазов для улучшения сцепления системы с дном океана;
- h. причем упомянутые гребешки или пазы образуют структуру на внешней поверхности упомянутой первой пластины;
- i. при этом вторая из упомянутых пластин задается посредством внутренней поверхности, внешней поверхности и характеризуется диаметром; и
- j. дополнительно содержащая амортизатор, размещенный на упомянутом корпусе.

26. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

- a. водонепроницаемый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек;
- b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;
- c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;
- d. источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; и
- e. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса,
- f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;
- g. в которой упомянутый источник электропитания обеспечивает электропитанием всю систему, развернутую под водой; и
- h. при этом упомянутая система является автономной, и все электронное оборудование для системы размещено внутри корпуса, таким образом образуя полностью автономную систему;
- i. дополнительно содержащая амортизатор, размещенный на упомянутом корпусе.

27. Система по п.26, в которой упомянутый амортизатор размещен вдоль упомянутой стенки.

28. Система по п.27, в которой упомянутый амортизатор включает в себя выступ, который выходит за пределы периферий поверхности упомянутых пластин.

29. Система по п.28, в которой упомянутый амортизатор задается посредством поперечного разреза выступа, и упомянутый поперечный разрез является клиновидным.

30. Система по п.28, в которой упомянутый амортизатор задается посредством поперечного разреза выступа, и упомянутый поперечный разрез имеет округленную форму.

31. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

а. водонепроницаемый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек;  
b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;  
c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;  
d. источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; и

е. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса,  
f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;

g. в которой упомянутый источник электропитания обеспечивает электропитанием всю систему, развернутую под водой; и

h. при этом упомянутая система является автономной, и все электронное оборудование для системы размещено внутри корпуса, таким образом образуя полностью автономную систему;

i. дополнительно содержащая защелкивающий механизм, крепящийся к упомянутой стенке.

32. Система по п.31, в которой указанный защелкивающий механизм представляет собой крепежную скобу.

33. Система по п.31, в которой указанный защелкивающий механизм представляет собой зажим.

34. Донная система сбора сейсмических данных, содержащая:

а. водонепроницаемый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек;  
b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;  
c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;  
d. источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; и

е. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса,  
f. причем упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов, источником питания и регистратором сейсмических данных, размещенными в нем, в совокупности имеет отрицательную плавучесть;

g. в которой упомянутый источник электропитания обеспечивает электропитанием всю систему, развернутую под водой; и

h. при этом упомянутая система является автономной, и все электронное оборудование для системы размещено внутри корпуса; таким образом образуя полностью автономную систему;

i. корпус содержит первую пластину, имеющую первую периферию, и вторую пластину, имеющую вторую периферию, причем пластины соединены вдоль своих периферий посредством упомянутой стенки;

j. при этом система дополнительно содержит защелкивающий механизм, крепящийся к упомянутой первой пластине.

35. Система по п.34, в которой указанный защелкивающий механизм представляет собой крепежную скобу.

36. Система по п.34, в которой указанный защелкивающий механизм представляет собой зажим.

37. Узел сбора сейсмических данных, содержащий:

а. закрытый корпус, имеющий стенку, задающую внутренний отсек внутри

упомянутого корпуса;

- b. по меньшей мере один геофон, размещенный внутри упомянутого корпуса;
- c. генератор тактовых импульсов, размещенный внутри упомянутого корпуса;
- d. источник электропитания, размещенный внутри упомянутого корпуса; и

5

e. регистратор сейсмических данных, размещенный внутри упомянутого корпуса,  
f. при этом упомянутый корпус с геофоном, генератором тактовых импульсов,  
источником электропитания и регистратором сейсмических данных образуют  
полностью автономную систему, при этом указанная система имеет отрицательную

10

плавучесть; и

g. при этом упомянутый источник электропитания предоставляет электропитание  
всей развернутой системе,

h. при этом упомянутая система дополнительно содержит внешний соединитель,  
поддерживающий электрическую связь с по меньшей мере одним из упомянутого  
15 геофона, генератора тактовых импульсов, источника электропитания и сейсмического  
регистратора, причем упомянутый соединитель является доступным через стенку  
упомянутого корпуса;

15

i. при этом упомянутый корпус имеет форму диска, сформированного из двух  
20 противоположных друг другу параллельных плоских пластин, соединенных  
ограниченной стенкой,

20

j. причем первая из упомянутых пластин имеет внешнюю поверхность;

k. причем вторая из упомянутых пластин имеет внешнюю поверхность, на которой  
25 задается множество гребешков или пазов для улучшения сцепления с дном океана; и

25

l. дополнительно содержащая амортизатор, размещенный на упомянутом корпусе  
для защиты упомянутого корпуса.

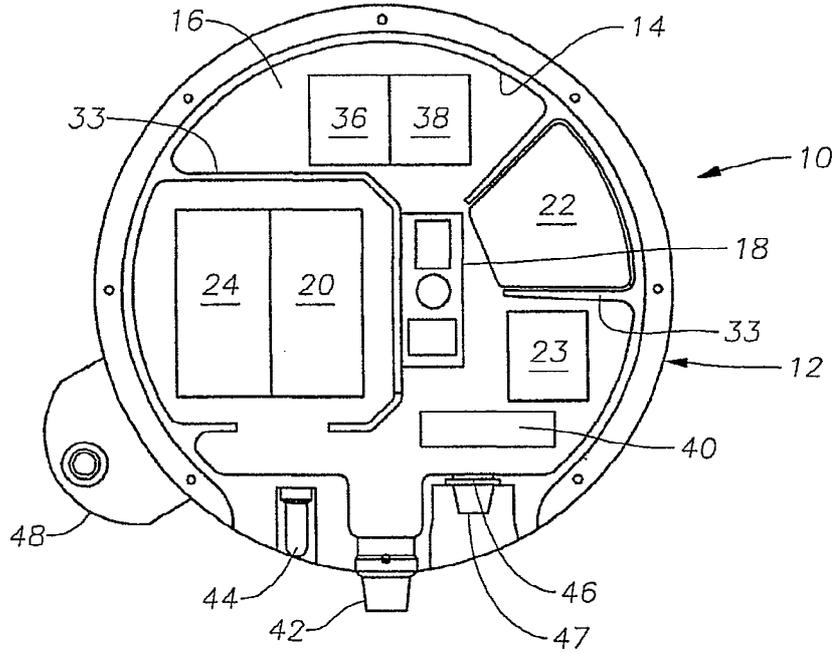
30

35

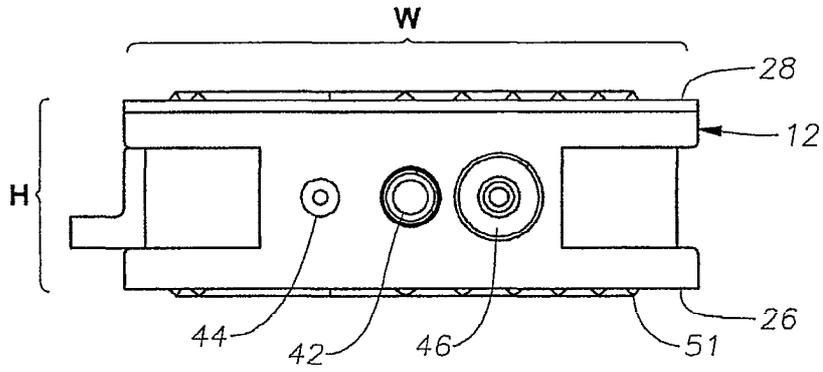
40

45

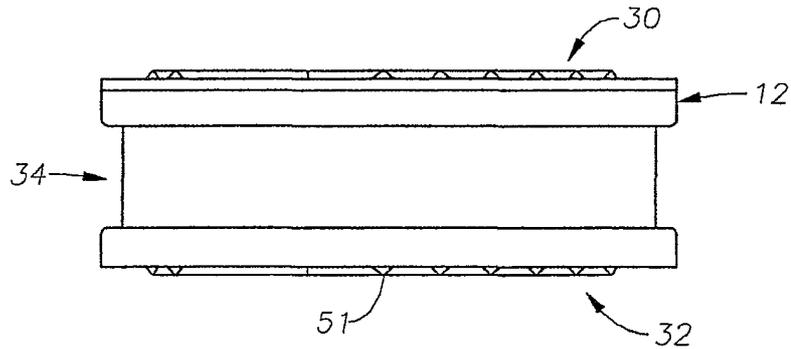
50



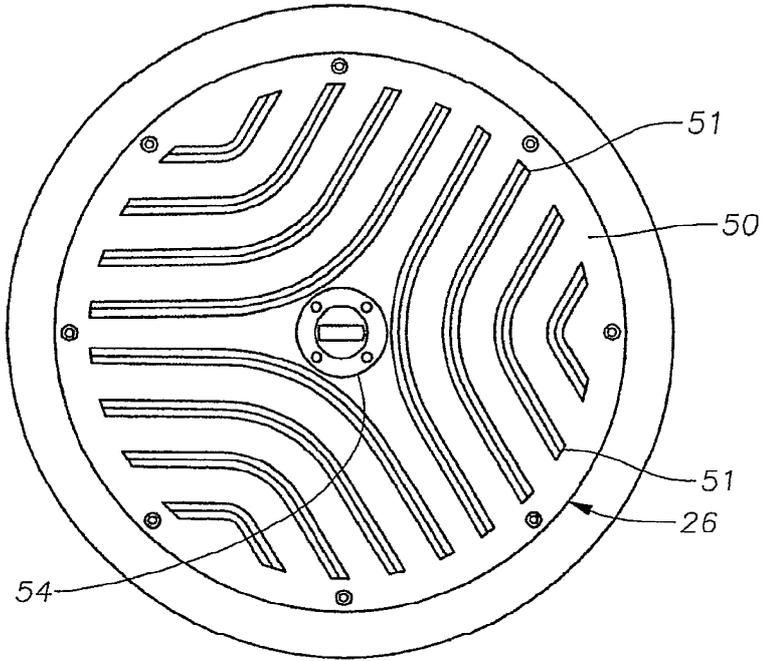
ФИГ.1



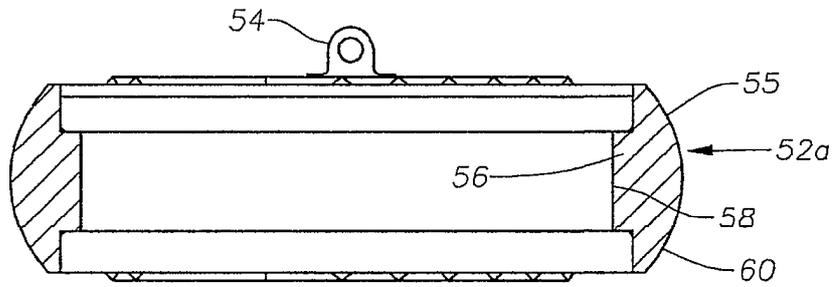
ФИГ.2



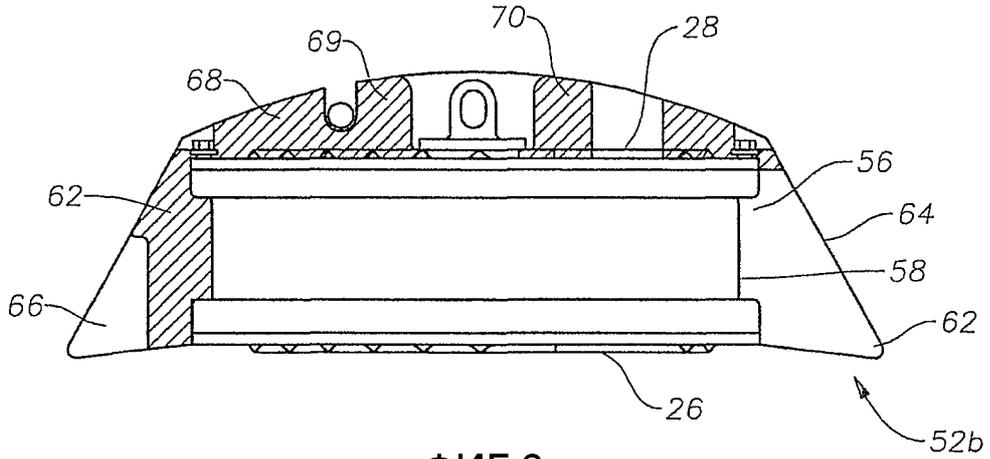
ФИГ.3



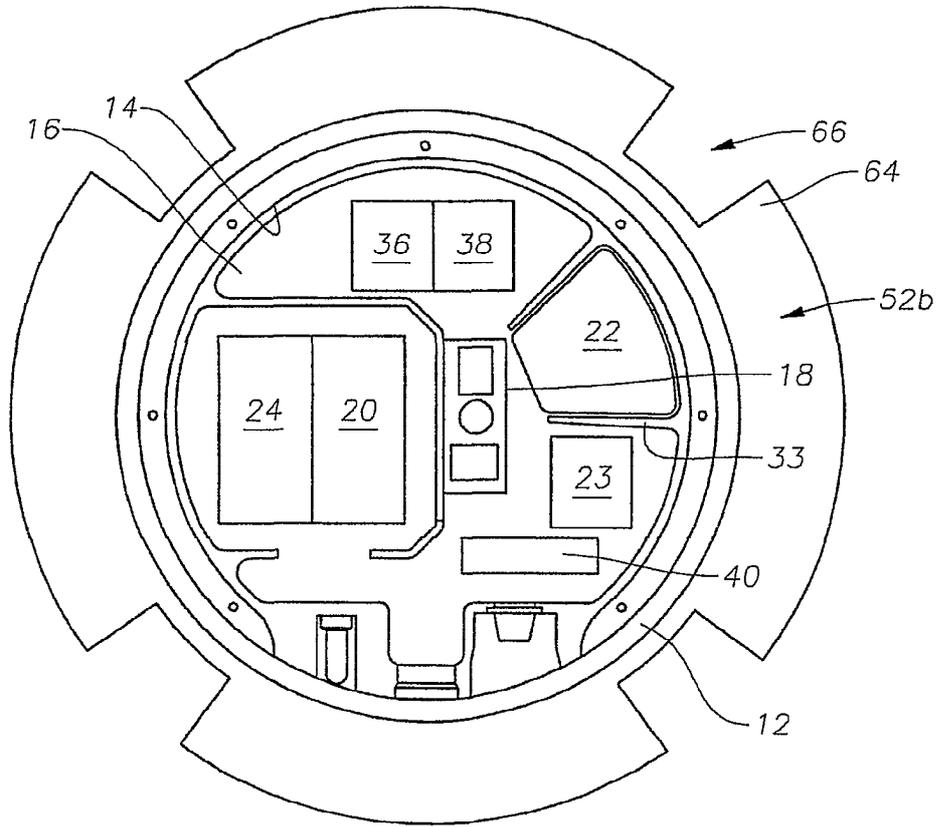
ФИГ. 4



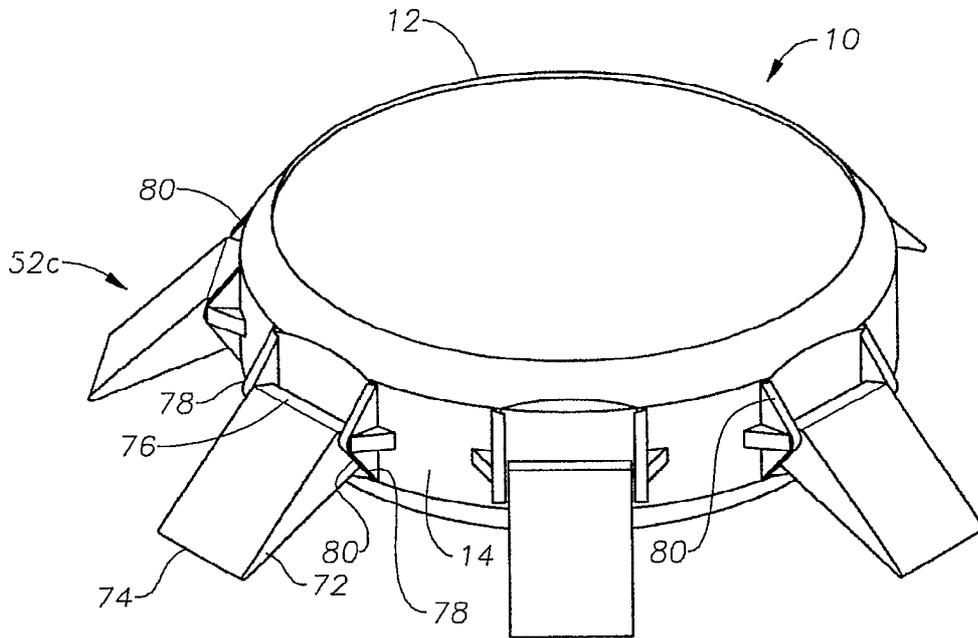
ФИГ. 5



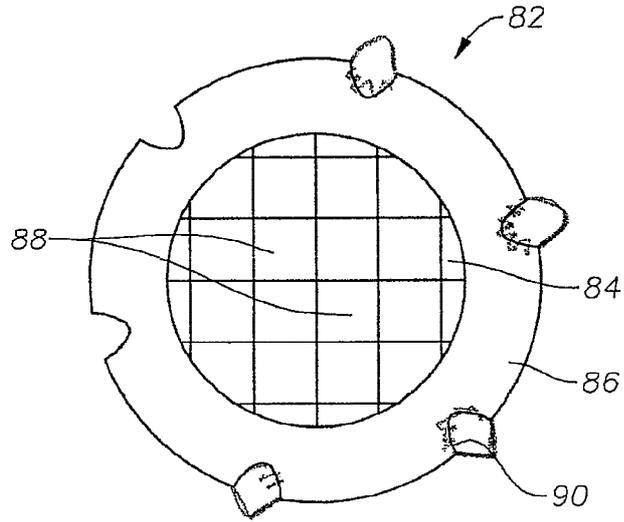
ФИГ. 6



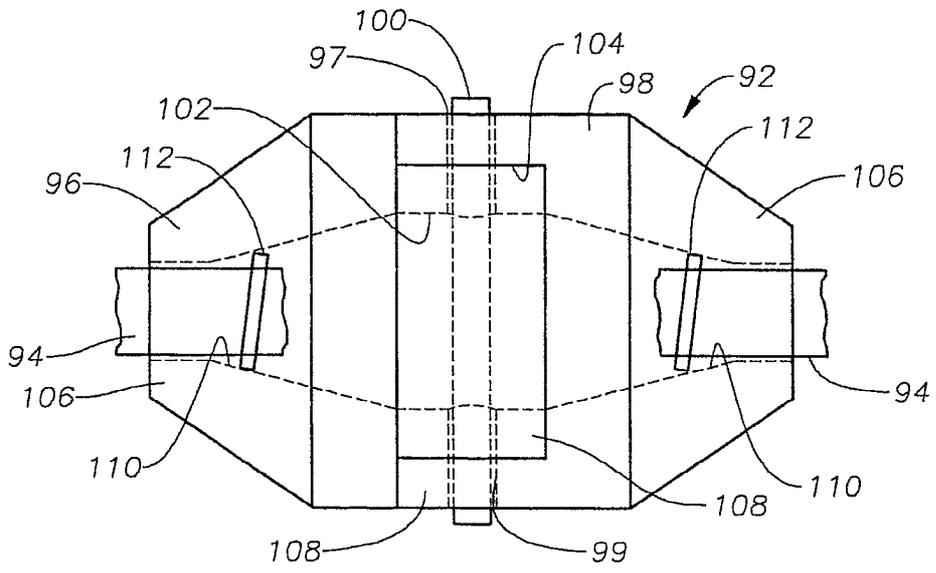
ФИГ.7



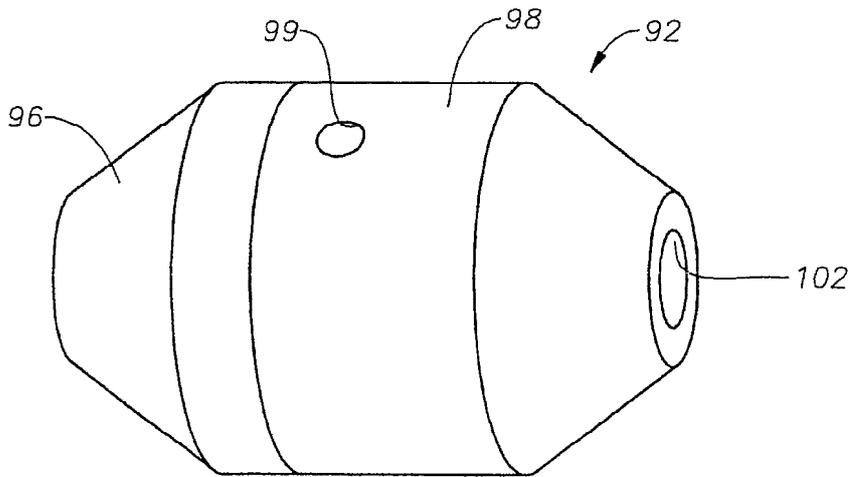
ФИГ.8



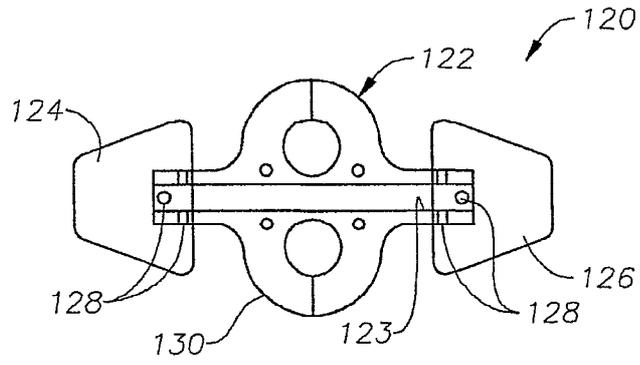
ФИГ.9



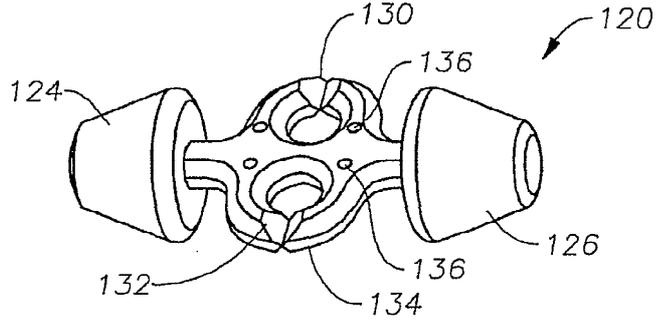
ФИГ.10



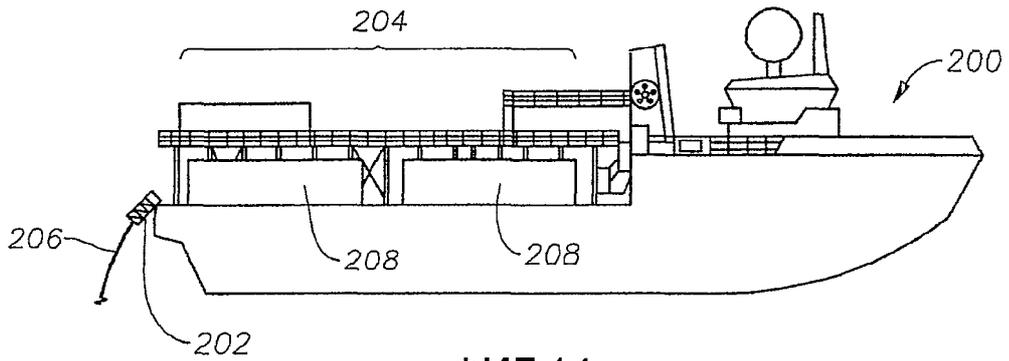
ФИГ.11



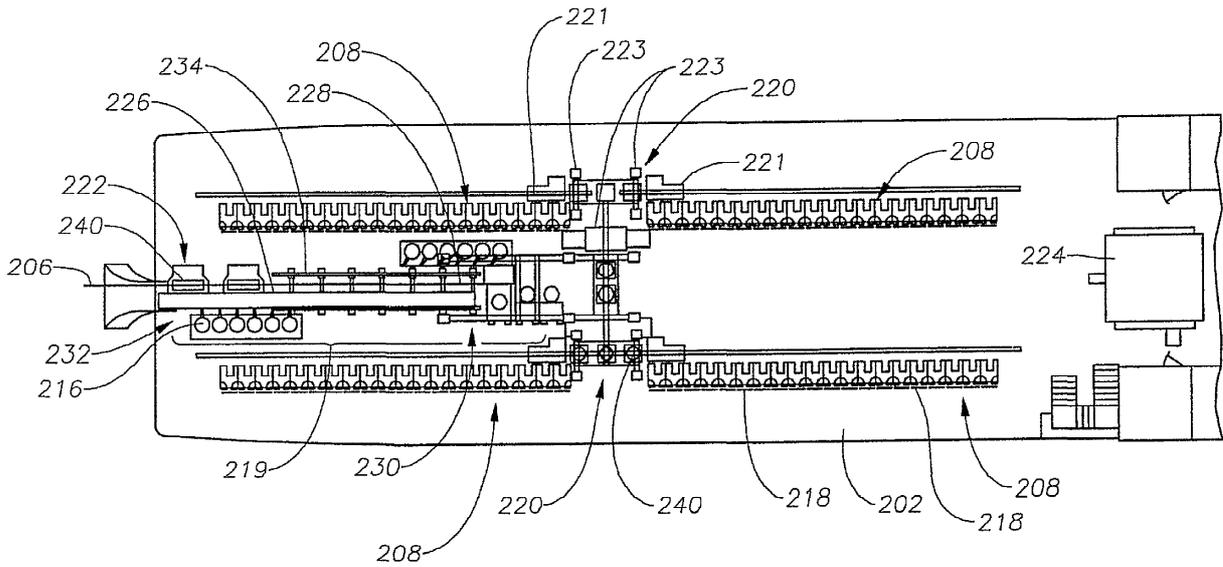
ФИГ.12



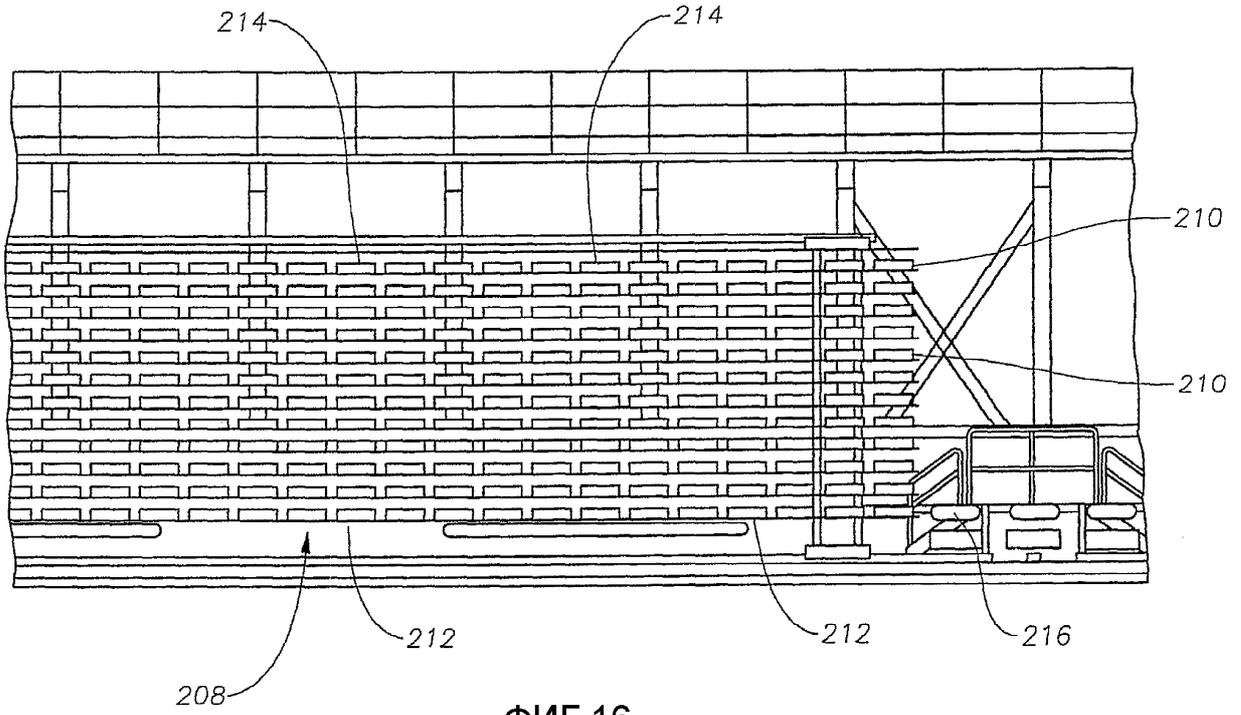
ФИГ.13



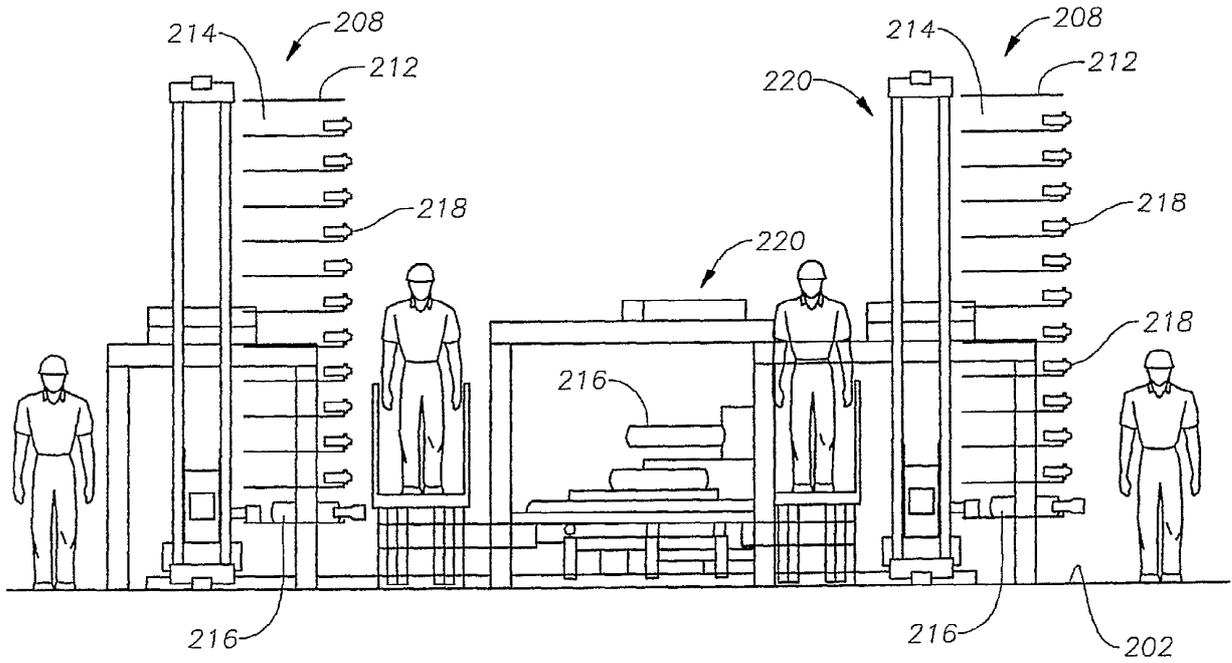
ФИГ.14



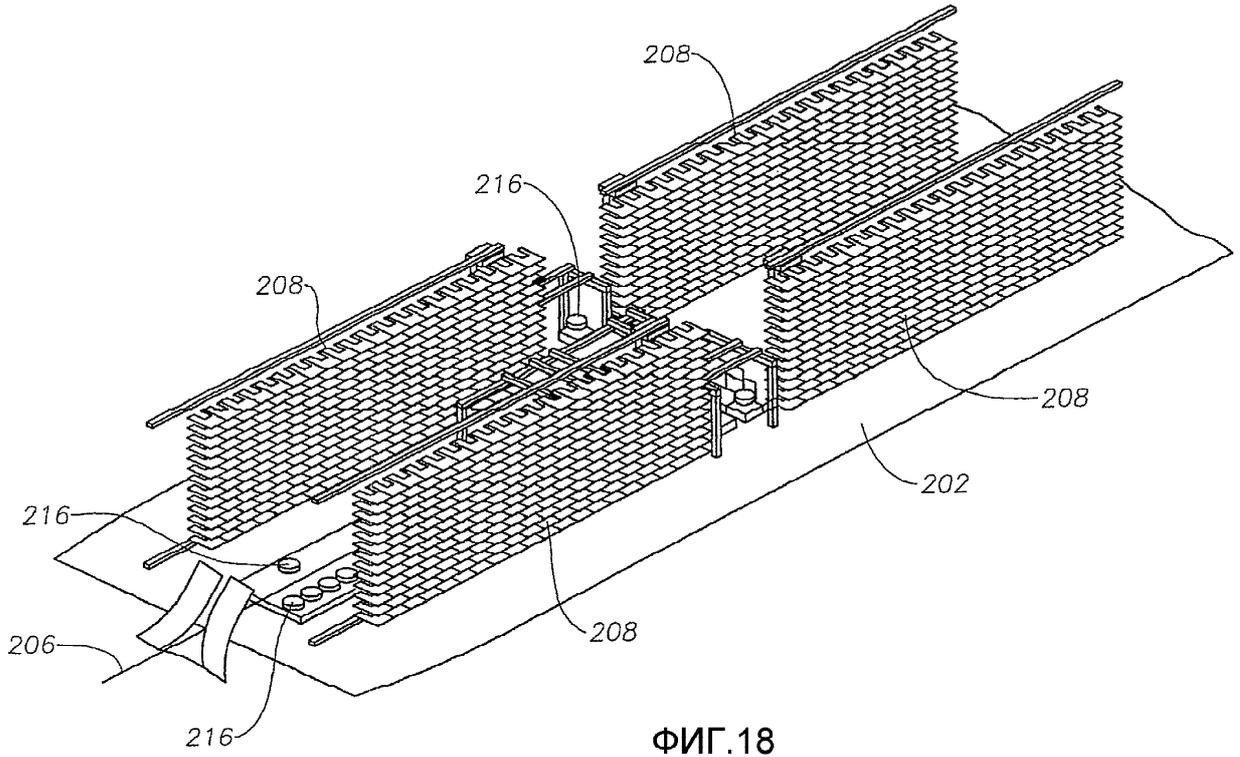
ФИГ.15



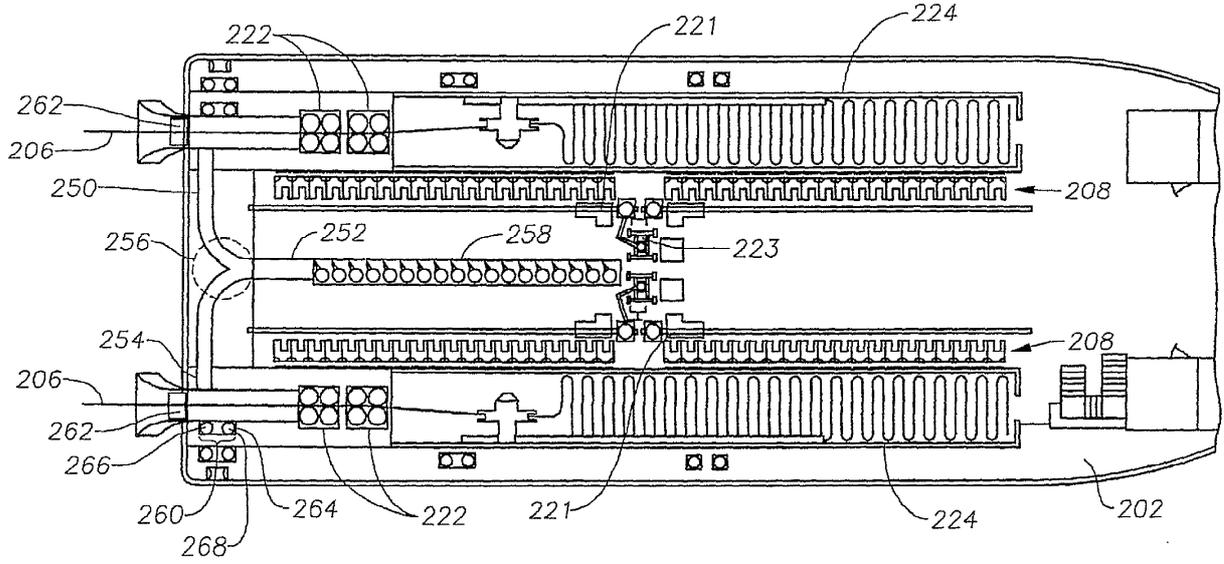
ФИГ.16



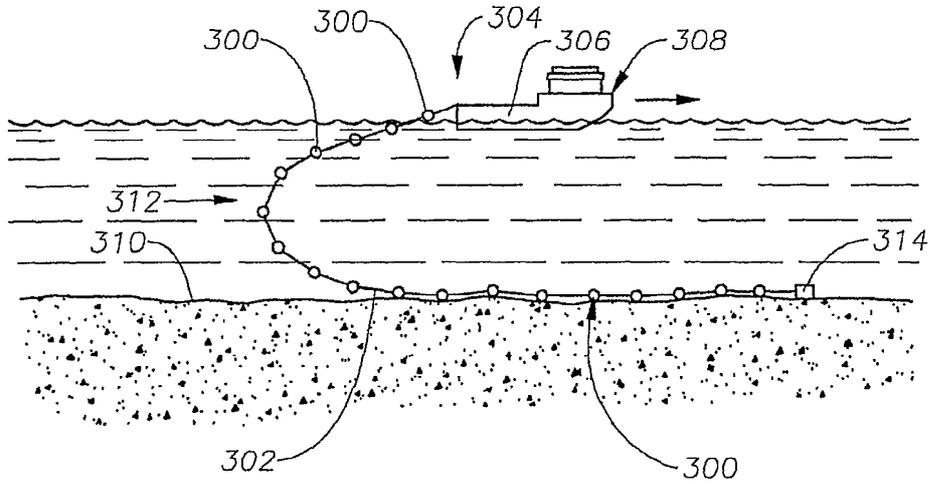
ФИГ.17



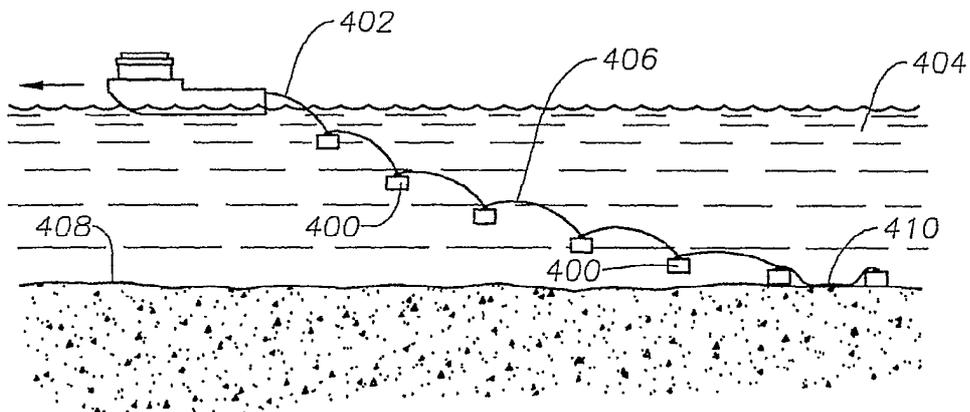
ФИГ.18



ФИГ.19



ФИГ.20



ФИГ.21