

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036083**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.09.23**

(51) Int. Cl. *F03B 13/18* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201991335**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.12.13**

---

(54) **СИСТЕМА ОТБОРА МОЩНОСТИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННАЯ ДЛЯ ВОЛНОВОГО  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА**

---

(31) **РА 2016 00763**

(56) **CN-A-101624960**

(32) **2016.12.13**

**GB-A-1591727**

(33) **DK**

**WO-A1-2016022315**

(43) **2019.10.31**

(86) **PCT/DK2017/050430**

(87) **WO 2018/108220 2018.06.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**УЭЙВПИСТОН А/С (DK)**

(72) Изобретатель:  
**Фон Бюлов Мартин, Клайбёль  
Кристиан, Мёллер Клаус Шмидт (DK)**

(74) Представитель:  
**Ловцов С.В., Левчук Д.В., Вилесов  
А.С., Коптева Т.В., Ясинский С.Я.,  
Стукалова В.В., Гавриков К.В. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к волновому энергетическому устройству для извлечения энергии из водных волн. Волновое энергетическое устройство включает опорную конструкцию и эффекторы, движущиеся относительно опорной конструкции. Эффекторы соединены с двумя гидравлическими плунжерами, симметрично расположенными вокруг каждого эффектора. Гидравлические плунжеры имеют эффективную гидравлическую площадь, которая ступенчато увеличивается, когда длина гидравлического плунжера уменьшается, и ступенчато уменьшается, когда длина гидравлического плунжера увеличивается.

---

**B1**

**036083**

**036083**

**B1**

### Область техники

Изобретение относится к волновым энергетическим устройствам для извлечения энергии из волн на водной поверхности, в частности такой как океанская, озерная или любая другая водная поверхность, на которой волны создаются ветром или другими атмосферными воздействиями.

Изобретение также относится к волновой энергетической системе, включающей волновое энергетическое устройство, а также к способу извлечения энергии из волн на воде.

#### Предпосылки для создания изобретения

В течение многих лет особое внимание уделяется экологически чистым способам генерации энергии, в частности путем извлечения энергии ветра и водных волн. В противоположность распространенному мнению, движение воды, возникающее из-за волн, является не вертикальным, а скорее круговым, включающим горизонтальную и вертикальную компоненту. Таким образом, погруженная вертикальная пластина и погруженная горизонтальная пластина подвергаются действию сил сходной величины и, таким образом, в равной мере подходят для извлечения энергии водных волн.

Большинство из известных способов и систем для генерации энергии водных волн основаны на способах использования вертикального движения водных волн, т.е., такие системы оборудованы поплавковыми эффекторами, использующими разность высот между гребнем и впадиной волны.

Например, в документе US 870706 описано устройство, включающее несколько поплавковых эффекторов, которые движутся вверх и вниз, следуя изменениям уровня водной поверхности, и это движение используется для работы двигателя. Подобная этой система, которая используется в качестве водного насоса, раскрыта в документе EP 1045138 в форме установки для перекачки воды. Установка включает поплавокый эффектор, который вызывает работу системы цилиндра/поршня с двумя противодействующими камерами всасывания/нагнетания, каждая из которых оснащена всасывающей трубой, которая втягивает морскую воду, и подающей трубой, которая подает перекачиваемую воду потребителю.

Другие примеры раскрыты в патенте США № 4698969 и патенте США № 4931662, которые оба включают устройства с одним или несколькими поплавковыми эффекторами, движущимися вместе с волнами между гребнем и впадиной и этим извлекающими энергию.

Уровень техники также включает известные системы, в которых горизонтальная компонента энергии волны используется для извлечения энергии. Один пример можно найти в патенте США № 875950, в котором некоторое число эффекторов вынужденно движутся вперед и назад из-за горизонтальной компоненты циркуляционного движения волн. Эффекторы в патенте США № 875950 не могут свободно колебаться, поскольку их движение амортизируется одним или несколькими гидравлическими плунжерами, которые нагнетают морскую воду под давлением в коллекторную трубу вследствие вынужденного движения эффекторов. Эта коллекторная труба ведет на турбинную станцию, где морская вода под давлением используется для работы турбин.

Еще один пример использования горизонтальной компоненты волн описан в документе WO 98/17911, раскрывающем электрический морской генератор, включающий колеблющуюся задвижку с эффектором в форме плоской прямоугольной поверхности, расположенным вертикально относительно волн, чтобы извлекать энергию. Эффектор закреплен шарнирами на дне моря.

Кроме того, в патенте США № 8484965 описано устройство для преобразования энергии океанских волн с использованием горизонтальной компоненты движений волн. Устройство включает по меньшей мере одну продолговатую опорную конструкцию и три или больше самостоятельно движущихся модуля эффектора, каждый из которых включает эффектор, вынужденно движущийся вперед и назад под действием волн. Система отбора энергии, прикрепленная к опорной конструкции и к эффектору, получает энергию из-за движения эффектора относительно опорной конструкции, создающего полезную энергию, которая может иметь форму жидкости под давлением, смеси жидкостей под давлением или электрической энергии. Эффектор, описанный в патенте США № 8484965, имеет лишь ограниченную длину хода, причем длина хода определяется главным образом максимальным ходом системы отбора энергии. Максимальная длина хода системы отбора мощности представляет собой компромисс между необходимостью и экономией. Для оптимальной производительности максимальный ход должен быть больше самого большого, ожидаемого во время эксплуатации. Однако, чем больше длина хода, тем тяжелее и дороже будет система. Следовательно, длина хода всегда будет компромиссом между стоимостью и практичностью.

При использовании устройств для извлечения энергии из горизонтальной компоненты волнового движения техническая проблема заключается в дрейфе эффекторов. Нерегулярные волны не симметричны, следовательно дрейф, т.е., последовательное смещение эффектора из его центрального положения в направлении одного из его крайних положений, будет происходить во время эксплуатации. Это крупная технологическая проблема, поскольку эффектор, уже смещенный к одному концу максимального расстояния его хода, может пройти только немного дальше и достигнет конца длины хода. После достижения им своей максимальной длины хода выработка энергии прекращается. Кроме того, если свободный ход эффектора будет заблокирован, на эффекторе могут развиваться большие силы из-за прерванного потока движущейся волны.

До настоящего времени единственное известное решение для получения самоцентрирующейся сис-

темы заключалось в оснащении движущихся эффекторов механическими пружинами, которые принуждают их возвращаться к центральному положению в периоды, когда на систему не действует волновая нагрузка. Такая система, однако, сложная и дорогостоящая в реализации, поскольку она требует, чтобы конструкция, дополнительно к выдерживанию волновых сил, также должна выдерживать внутренние силы, вызываемые действующими возвратными пружинами. Кроме того, установленные пружины работают в морской среде с высоким содержанием хлорида и будут подвергаться миллионами циклов нагрузки, что делает их уязвимыми для усталостного разрушения.

Таким образом, существует срочная технологическая потребность в простом и легком в реализации способе, который делает эффекторы самоцентрирующимися, этим обеспечивая оптимальную выработку энергии и отсутствие больших нагрузок на системе, вызываемых нежелательными силами торможения.

#### **Цель изобретения**

Цель изобретения заключается в том, чтобы представить волновое энергетическое устройство, которое может извлекать энергию из горизонтальной компоненты водных волн, при этом система отбора энергии имеет высокий запас прочности от повреждения при высоких волнах, поскольку эффекторы самоцентрирующиеся, что снижает вероятность принудительного движения эффекторов в положения за пределами их расчетного ограничения.

#### **Раскрытие изобретения**

В одном аспекте настоящее изобретение относится к волновому энергетическому устройству для извлечения энергии из водных волн, причем волновое энергетическое устройство включает:

по существу неподвижный элемент,

причем эффектор прямо или косвенно соединен с, по существу, неподвижным элементом и выполнен так, чтобы перемещаться относительно, по существу, неподвижного элемента, когда на эффектор действуют волновые силы, при этом

эффектор выполнен так, чтобы двигаться параллельно длине оси, по существу, неподвижного элемента от заданного центрального положения на, по существу, неподвижном элементе в любом одном из двух направлений, противоположных друг другу,

волновое энергетическое устройство также включает по меньшей мере два гидравлических плунжера, предпочтительно расположенных симметрично вокруг каждого эффектора 11 по длине оси, по существу, неподвижного элемента 2, причем эти по меньшей мере два гидравлических плунжера включают, каждый:

секцию основания, по меньшей мере одну трубную секцию и центральную секцию, причем центральная секция выполнена так, чтобы входить в трубную секцию и выходить из нее, и трубная секция выполнена так, чтобы входить в секцию основания и выходить из нее, и причем эти секции вместе формируют герметичное пространство, имеющее объем, который уменьшается или увеличивается, когда эти секции входят в друг друга и выходят друг из друга соответственно,

входное отверстие, включающее клапан, для впуска воды в герметизированное пространство в гидравлическом плунжере, когда длина гидравлического плунжера увеличивается,

выходное отверстие, включающее клапан, предназначенное для выпуска воды под давлением из герметизированного пространства в гидравлическом плунжере, когда длина гидравлического плунжера уменьшается, предпочтительно в нагнетательную трубу,

в котором секция основания или центральная секция закреплены в заданном положении на, по существу, неподвижном элементе, и другая из них прямо или косвенно соединена с эффектором так, чтобы, когда эффектор движется относительно, по существу, неподвижного элемента

эффективная гидравлическая площадь по меньшей мере одного из по меньшей мере двух гидравлических плунжеров ступенчато увеличивалась, когда движущийся эффектор уменьшает длину этого гидравлического плунжера, и эффективная гидравлическая площадь по меньшей мере одного из по меньшей мере двух гидравлических плунжеров ступенчато уменьшалась, когда движущийся эффектор увеличивает длину этого гидравлического плунжера.

#### **По существу неподвижный элемент**

По существу неподвижный элемент может быть таким, который описан в документе WO 2010/031405. По существу, неподвижный элемент предпочтительно по существу прямой, но он может быть более или менее изогнутым при условии, что эффекторы установлены так, что они могут двигаться по длине оси по существу неподвижного элемента по меньшей мере на некоторое расстояние. В определенных эксплуатационных условиях, например при сильных подводных течениях, по существу, неподвижный элемент может принимать немного изогнутую форму. Термин "по существу неподвижный элемент" означает, что используемый элемент установлен так, чтобы оставаться по существу неподвижным, когда множество эффекторов движутся относительно его по длине оси по существу неподвижного элемента.

Длина оси по существу неподвижного элемента означает "по оси, по существу, параллельной длине, по существу, неподвижного элемента".

Главное назначение по существу неподвижного элемента заключается в том, чтобы обеспечить волновое энергетическое устройство базовой структурой. Поэтому, по существу, неподвижный элемент в

одном варианте осуществления, по существу, жесткий. В одном варианте осуществления по существу неподвижный элемент немного изгибаемый и/или может быть растягиваемым/сжимаемым по длине, например в форме гармошки. В одном варианте осуществления по существу неподвижный элемент выполнен как модули, которые могут быть механически соединены перед развертыванием. В одном в равной мере предпочтительном варианте осуществления по существу неподвижный элемент изготовлен из одного или нескольких элементов, которые могут быть сложены или намотаны на барабан для облегчения транспортировки.

В некоторых вариантах осуществления, по существу, неподвижный элемент расположен горизонтально в воде таким образом, чтобы эффектор двигался по горизонтальной длине оси, когда на него действуют волновые силы. В некоторых вариантах осуществления по существу неподвижный элемент представляет собой трубу, такую как нагнетательная труба, или стальной кабель.

В некоторых вариантах осуществления по существу неподвижный элемент удерживается плавающим в воде по меньшей мере двумя буями, предпочтительно расположенными на каждом конце по существу неподвижного элемента. В некоторых вариантах осуществления, по существу, неподвижный элемент удерживается неподвижным по меньшей мере двумя швартовными цепями, предпочтительно расположенными на каждом конце по существу неподвижного элемента, при этом каждая швартовная цепь или соединена с якорем, или закреплена на поверхности дна под, по существу, неподвижным элементом, или закреплена на берегу. Однако, по существу, неподвижный элемент может удерживаться неподвижным в воде любым средством, которое может предложить опытный специалист.

### **Эффектор**

Эффектор в настоящем изобретении может быть таким, который описан в документах US 875950, WO 98/17911 и WO 2010/031405, и ограничен в движении по длине оси, по существу, неподвижного элемента. Эффекторы, по существу, вертикальные, и, таким образом, на них будет влиять горизонтальная компонента движения воды из-за волн. Желательно, чтобы эффекторы были расположены, по существу, симметрично в плоскости симметрии, перпендикулярной длине оси, по существу, неподвижного элемента. При расположении эффекторов таким образом момент, передаваемый эффектором на неподвижный элемент, минимизируется, что помогает сохранить легкость и небольшую стоимость неподвижной конструкции. В некоторых вариантах осуществления эффектор представляет собой пластину, расположенную вертикально в воде перпендикулярно длине оси, по существу, неподвижного элемента. В предпочтительных вариантах осуществления волновое энергетическое устройство включает некоторое множество эффекторов. Волновое энергетическое устройство, в принципе, может иметь любое желательное число эффекторов. Обычно желательно выбирать число эффекторов и расположение эффекторов так, чтобы сумма сил, прилагаемых к всему волновому энергетическому устройству была относительно небольшой. Путем расположения трех или больше эффекторов так, чтобы, когда волновое энергетическое устройство находится в эксплуатации, взаимная пульсирующая сила, развиваемая эффекторами, была не в фазе с другой. Поэтому можно поддерживать сумму сил небольшой, что влияет на швартовку.

При наличии опции изменения площади поверхности сопротивления одного или нескольких эффекторов сумму сил можно дополнительно контролировать, чтобы избежать повреждения или нежелательного износа. При выборе числа эффекторов необходимо учитывать пространство, доступное для волнового энергетического устройства, поскольку эффекторные элементы могут быть менее эффективны, если они расположены слишком близко друг к другу. Однако на основании изложенного в настоящем документе и обычных знаний в области волн опытный специалист будет способен выбрать такое число, которое будет работать в конкретных условиях применения. В одном варианте осуществления волновое энергетическое устройство включает по меньшей мере 3 эффектора, например по меньшей мере 6 эффекторов, например по меньшей мере 10 эффекторов, например по меньшей мере 12 эффекторов, например по меньшей мере 24 эффектора. В некоторых вариантах осуществления через эффектор проходит, по существу, неподвижный элемент, предпочтительно в центре эффектора. Так, эффектор может включать отверстие, предназначенное для прохождения по существу неподвижного элемента.

В некоторых вариантах осуществления эффектор также соединен со средствами стабилизации и облегчения движения эффектора, такими как рама и колеса для движения на по существу неподвижном элементе, чтобы эффектор двигался плавно по длине оси по существу неподвижного элемента, когда на него действуют волновые силы. В некоторых вариантах осуществления один эффектор и рама эффектора установлены на модуле эффектора, соединенном с, по существу, неподвижным элементом.

Каждый эффектор выполнен так, чтобы иметь максимальную длину хода по длине оси, по существу, неподвижного элемента, которую можно определить по длине хода по меньшей мере двух гидравлических плунжеров, симметрично расположенных вокруг эффектора, и степени втягивания по меньшей мере двух симметричных гидравлических плунжеров, когда эффектор находится в своем центральном положении. В некоторых вариантах осуществления максимальная длина хода эффектора равна длине по меньшей мере одного из по меньшей мере двух гидравлических плунжеров, когда этот гидравлический плунжер полностью выдвинут, минус длина секции основания этого гидравлического плунжера. В зависимости от конструкции системы, эффекторы могут иметь одинаковое или разное максимальное расстояние хода. То, что эффекторы имеют некоторую максимальную длину хода по длине оси, по существу,

ву, неподвижного элемента, должно истолковываться так, что соответствующие эффекторы могут перемещаться на максимальную длину хода при условии, что на них действует требуемая величина силы. Однако фактическая длина хода во время эксплуатации зависит от фактического состояния волн, и эффекторы не должны перемещаться на всю максимальную длину хода, чтобы создать воду под давлением.

Для оптимального использования желательнее, чтобы максимальное расстояние хода по меньшей мере двух эффекторов, например по меньшей мере приблизительно половины эффекторов, например по существу всех элементов сопротивления, было равно по меньшей мере приблизительно 1 м, например по меньшей мере приблизительно 5 м, например по меньшей мере приблизительно 10 м. Однако в принципе, максимальная длина хода не имеет верхнего предела. Если максимальная длина хода чрезмерно большая, это может просто увеличить стоимость, но не привести к увеличению извлекаемой энергии.

#### **Гидравлические плунжеры**

Любая комбинация гидравлических плунжеров с изменяющимся поперечным сечением подпадает под рамки настоящего изобретения. В предпочтительных вариантах осуществления эффектор прямо или косвенно симметрично соединен с  $N^2$ ,  $N \in [1, 2, 3, 4, 5]$  гидравлических плунжеров, так что эффектор является самоцентрирующимся, и так что нагрузка на эффектор симметрична относительно его центра, предпочтительно когда эффектор находится в его центральном положении, например в положении равновесия. В предпочтительных вариантах осуществления по меньшей мере два гидравлических плунжера частично втянуты, когда эффектор находится в своем центральном положении, и сила, требуемая для перемещения эффектора в одном направлении, равна силе, требуемой для перемещения эффектора в противоположном направлении. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере два гидравлических плунжера втянуты до такой степени, что их длина составляет половину от их максимальной длины, когда эффектор находится в своем центральном положении.

Гидравлические плунжеры включают секцию основания, по меньшей мере одну трубную секцию и центральную секцию. В некоторых вариантах осуществления секция основания, по меньшей мере одна трубная секция и центральная секция представляют собой цилиндры. Термин "цилиндр" здесь используется в качестве родового термина и не ограничен объектами с круглым поперечным сечением. Следовательно, в данном контексте цилиндры могут иметь любые поперечные сечения, включая эллиптическое, и многогранные, включая треугольную, квадратную и шестиугольную формы.

Секция основания и центральная секция, каждая, имеет один открытый конец и один закрытый конец, тогда как по меньшей мере одна трубная секция имеет два открытых конца. Центральная секция также может представлять собой сплошной стержень из металла или любую другую форму, которая входит в трубную секцию с наименьшим зазором в узле гидравлического плунжера.

В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере два гидравлических плунжера включают больше одной трубной секции, например две, три, четыре, пять, шесть, семь, восемь, девять или десять трубных секций. Число трубных секций в гидравлическом плунжере предпочтительно изменяется от 1 до 10 по практическим соображениям, хотя гидравлический плунжер может, теоретически, включать любое число трубных секций. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере два гидравлических плунжера являются телескопическими гидравлическими плунжерами.

Механическое соединение гидравлического плунжера с, по существу, неподвижным элементом может быть выполнено в одной или нескольких точках соединения, расположенных на секции основания или центральной секции гидравлического плунжера. Эффекторы и неподвижный элемент могут взаимодействовать частично или полностью через гидравлические плунжеры. В некоторых вариантах осуществления один конец гидравлического плунжера механически прикреплен к некоторой точке по длине оси неподвижного элемента, при этом положение другого конца, который прямо или косвенно соединен с эффектором, определяют по положению эффектора. Для крепления гидравлического плунжера к, по существу, неподвижному элементу можно использовать скобу.

Когда секции входят друг в друга, длина и внутренний объем гидравлического плунжера уменьшаются. Это происходит во время втягивания гидравлического плунжера. Когда секции выходят друг из друга, длина и внутренний объем гидравлического плунжера увеличиваются. Это происходит во время выдвигания гидравлического плунжера.

При втягивании гидравлического плунжера сначала активируется секция с наименьшим гидравлическим поперечным сечением, например, центральная секция, которая остается активной до его полного втягивания. После этого втягивается вторая наименьшая секция, например трубная секция, и т.д., до тех пор пока гидравлический плунжер не будет полностью втянут. Если гидравлический плунжер противодействует постоянному давлению, результат такой последовательности активации заключается в том, что сила реакции, развиваемая гидравлическим плунжером, постепенно увеличивается в течение последовательности втягивания. Когда гидравлический плунжер полностью выдвинут и сжимающая сила действует по центральной оси на центральную секцию, эта сила будет передаваться от центральной секции в жидкость в гидравлическом плунжере, приводя к тому, что внутри гидравлического плунжера будет расти давление. Если давление в гидравлическом плунжере превысит давление выталкивания, центральная секция начнет двигаться в наименьшую трубу всего узла. Когда центральная секция будет полностью введена давлением в наименьшую трубу, узел, включающий центральную секцию и наименьшую трубу, начнет

двигаться в следующую трубу узла. Если давление в гидроцилиндре будет постоянным, это потребует повышенной силы, поскольку гидравлическая площадь центральной секции+гидравлическая площадь первой трубы будет больше чем площадь только для центральной секции. Таким образом, эффективная гидравлическая площадь гидравлического плунжера ступенчато увеличивается, когда она подвергается сжатию. Этот признак использован в настоящем изобретении для того, чтобы обеспечить увеличение силы, развиваемой гидравлическим плунжером при его втягивании, т.е., при принудительном перемещении эффектора к одному концу.

Если гидравлический плунжер будет полностью втянут и на центральную ось будет действовать растягивающая сила, плунжер будет выдвигаться. В общем случае последовательность выдвигания будет намного менее четкой по сравнению с последовательностью втягивания, поскольку последовательность выдвигания будет определяться трением в уплотнениях и дифференциальным давлением между гидравлической жидкостью плунжера и окружающей средой.

В некоторых вариантах осуществления вокруг каждого эффектора расположены больше чем два гидравлических плунжера, например три, четыре, пять, шесть, семь, восемь, девять или десять гидравлических плунжеров. Таким образом можно увеличить силу, требуемую для втягивания или выдвигания гидравлических плунжеров, без изменения их размеров.

Число и совокупный объем гидравлических плунжеров, прямо или косвенно соединенных с каждым эффектором, сильно зависят от локальных морских условий. Если море очень мелкое, круговое движение частиц воды складывается с дрейфом к берегу. В таких условиях разумным расположением гидравлических плунжеров будет такое, при котором сила, требуемая для движения гидравлических плунжеров к берегу, будет больше чем сила, требуемая для их перемещения в противоположном направлении. Например, если некоторое число гидравлических плунжеров, например два гидравлических плунжера, расположено на первой стороне эффектора, и другое число гидравлических плунжеров, например три гидравлических плунжера, расположено на второй стороне эффектора, сила, требуемая для втягивания трех гидравлических плунжеров, будет больше чем сила, требуемая для втягивания двух гидравлических плунжеров. Такая конфигурация может быть предпочтительной в море с доминирующим направлением частиц воды, например, в волнах рядом с берегом.

#### **Уплотнительные и запорные средства**

Гидравлический плунжер также может включать уплотнительные средства и/или стопорные средства.

В некоторых вариантах осуществления секции каждого гидравлического плунжера включают уплотнительные средства для обеспечения того, чтобы вода не поступала в гидравлический плунжер и не выходила из него другим путем чем через входное отверстие и выходное отверстие соответственно.

В некоторых вариантах осуществления ступенчатое уменьшение и/или увеличение эффективной гидравлической площади каждого гидравлического плунжера регулируется стопорными средствами, например магнитными стопорными средствами, или механическими стопорными средствами, или гидравлическими стопорными средствами, или их сочетаниями.

Гидравлические плунжеры могут быть оснащены стопорными средствами, обеспечивающими программирование втягивания и/или выдвигания гидравлического плунжера, так что наибольшая доступная площадь будет всегда активной во время выдвигания. Средства для такого регулируемого выдвигания включают, но без ограничения, регулируемое трение, механическую блокировку, электромеханическую блокировку, электромагнитную блокировку, магнитную блокировку или гидравлические средства.

В одном предпочтительном варианте осуществления стопорные средства представляют собой магнитные муфты, причем наиболее сильная связь будет между центральной секцией и наименьшей трубой гидравлического узла. Кроме того, следующая по силе магнитная связь будет между первым трубным элементом и вторым трубным элементом и т.д. В одном в равной мере предпочтительном варианте осуществления стопорные средства представляют собой механические стопоры или с разной силой или геометрически взаимно заблокированные так, чтобы обеспечить точную последовательность их отсоединения. В одном в равной мере предпочтительном варианте осуществления стопорные средства основаны на силе, создаваемой разницей давлений между герметичными объемами в узле гидравлического плунжера. Эта стратегия блокировки может применяться к любому числу трубных секций, предпочтительно к всем трубным секциям в гидравлическом плунжере. Все трубные секции могут быть заблокированы с использованием одной и той же стратегии блокировки, или же на одном гидравлическом плунжере могут быть применены разные стратегии блокировки.

По меньшей мере два гидравлических плунжера предназначены, эффектор движется, для подачи воды под давлением через выходное отверстие, включающее клапан, и в нагнетательную трубу. В некоторых вариантах осуществления выходное отверстие каждого гидравлического плунжера соединено по жидкости с нагнетательной трубой, предназначенной для приема воды под давлением, когда эффекторы движутся. В некоторых вариантах осуществления нагнетательная труба соединена с выходным отверстием некоторого числа гидравлических плунжеров, например всех гидравлических плунжеров. В некоторых вариантах осуществления нагнетательная труба соединена с турбиной, которая может преобразовывать воду под давлением в энергию, например электрическую энергию. В некоторых вариантах осуществ-

вления нагнетательная труба соединена с фильтром обратного осмоса для получения пресной воды из воды под давлением. Нагнетательная труба может проходить в эффектор.

Настоящее изобретение также относится к способу извлечения энергии из водных волн с использованием волнового энергетического устройства, описанного в настоящем документе.

Настоящее изобретение также относится к системе для извлечения энергии из водных волн, включающей волновое энергетическое устройство, описанное в настоящем документе.

Волновое энергетическое устройство изобретения предлагает новый способ извлечения больших количеств энергии из водных волн, при этом минимизируя или устраняя случайные нагрузки на устройство из-за стопорящих сил, чем обеспечивается длительный срок службы используемого устройства. Кроме того, система делает использование возвратных пружин ненужным, этим устраняя необходимость в возвратных пружинах, а также в конструкции для удержания этих пружин. До настоящего изобретения препятствие в использовании горизонтальной компоненты водных волн для выработки энергии заключалось в дрейфе эффектора из-за сильно изменчивых горизонтальных сил, вызываемых нерегулярными волнами. Прежде волновые энергетические устройства, использующие горизонтальную компоненту водных волн для выработки энергии, разрабатывались с пассивными пружинами для принудительного возврата эффектора в центральное положение, причем такие пружины требовали существенных дополнительных расходов и несли в себе повышенный риск выхода системы из строя. Благодаря настоящему изобретению сейчас можно избавиться от возвратных пружин, этим делая системе легче, дешевле и, в то же время, более стойкой к усталостному отказу. Кроме того, поскольку система отбора энергии согласно изобретению прилагает к эффекторам силу, которая зависит от положения эффектора, изобретение позволяет более эффективно получать энергию при небольших волнах.

Следует понять, что подробное описание и конкретные примеры приведены только для иллюстрации, поскольку разные изменения и модификации в рамках сущности и объема изобретения станут очевидны для специалистов в данной области техники после ознакомления с этим подробным описанием.

#### **Краткое описание чертежей**

Теперь волновое энергетическое устройство согласно вариантам осуществления настоящего изобретения будет описано более подробно со ссылками на прилагаемые чертежи. Эти чертежи не должны восприниматься как ограничивающие другие возможные варианты осуществления, подпадающие под объем прилагаемой формулы изобретения.

На фиг. 1 схематически показан общий вид волнового энергетического устройства согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 схематически показан вид сверху волновой электростанции, включающей множество, по существу, неподвижных элементов 2 и множество эффекторов 11.

На фиг. 3 схематически показано волновое энергетическое устройство согласно одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 4 схематически показан вид сбоку разобранного (фиг. 4a) и собранного (фиг. 4b) гидравлического плунжера согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 5 схематически показаны разные варианты осуществления формы входного отверстия и выходного отверстия гидравлического плунжера.

На фиг. 6 схематически показан собранный и полностью выдвинутый гидравлический плунжер, а также разные стадии частичного втягивания (b, c, d, e) полностью выдвинутого гидравлического плунжера согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 7 схематически показан трехмерный вид полностью выдвинутого гидравлического плунжера согласно разным вариантам осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 8 схематически показан трехмерный вид эффектора согласно разным вариантам осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 9 схематически показаны разные варианты осуществления стопорных средств, которые могут быть использованы с гидравлическим плунжером согласно настоящему изобретению.

На фиг. 10 схематически показано волновое энергетическое устройство согласно настоящему изобретению с гидравлическими плунжерами в разных положениях втягивания.

На фиг. 11 схематически показаны разные конфигурации эффектора и гидравлических плунжеров относительно, по существу, неподвижного элемента волнового энергетического устройства согласно настоящему изобретению.

На фиг. 12 схематически показаны два варианта осуществления волнового энергетического устройства согласно настоящему изобретению, в которых эффектор соединен со средствами 28 для стабилизации и облегчения движения эффектора.

На фиг. 13 схематически показан один вариант осуществления волнового энергетического устройства согласно настоящему изобретению, в котором один эффектор прямо (13a) или косвенно (13b) соединен с двумя, по существу, неподвижными элементами.

#### **Подробное описание вариантов осуществления изобретения**

На фиг. 1 показан схематический общий вид волнового энергетического устройства согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения. По существу, неподвижный элемент удерживается

неподвижным в воде посредством двух буюв 3, двух швартовных цепей 4 и двух якорей 5.

По существу, неподвижный элемент 2 собран из четырех модулей 1, каждый из которых включает эффектор 11, средства 28 для стабилизации и облегчения движения эффектора по длине оси, по существу, неподвижного элемента 2 и два гидравлических плунжера 14а, 14б, симметрично расположенные вокруг каждого эффектора. Эффектор 11 представляет собой пластинчатую конструкцию, которая движется вперед и назад под колебательным действием движения волн. Помимо сил, движущих эффектор вперед и назад, эффектор также будет испытывать несимметричные нагрузки из-за неоднородностей в движении волн. Для того, чтобы переносить такие несимметричные нагрузки, эффектор 11 может быть установлен на раме 28а, включающей колеса 28с, которые движутся на по существу неподвижном элементе 2 (см. фиг. 3). Для того, чтобы извлекать полезную энергию из движения эффектора, каждый конец эффекторов прямо или косвенно связан с одним концом гидравлического плунжера 14, который сам прикреплен к, по существу, неподвижному элементу 2 на противоположном конце.

При эксплуатации эффекторы 11 принудительно движутся вперед и назад, и сила, действующая на них, будет передаваться гидравлическим плунжерам на неподвижной конструкции. Когда эффекторы движутся по длине оси неподвижной конструкции, один гидравлический плунжер втянут, а другой выдвинут. Во время втягивания гидравлического плунжера 14 в нем создается давление воды, и эта вода под давлением подается из выходного отверстия 24 в каждом гидравлическом плунжере 14 в нагнетательную трубу 6 и на турбину (на этом рисунке не показана), которая может преобразовывать воду под давлением в энергию, например электрическую энергию.

При установке системы сначала каждую цепь 4 одним концом крепят к якорю 5 и другим концом к бую, после чего ставят якоря.

После этого, по существу, неподвижный элемент 2 будет разложен между буюми 3 и натянут, что закрепляет весь узел в по существу этом положении. Затем к конструкции прикрепляют нагнетательную трубу 6, подготавливая ее к соединению с модулями эффекторов путем соединения с выходным отверстием каждого гидравлического плунжера 14. После закрепления, по существу, неподвижного элемента 2 закрепляют модули эффекторов. В некоторых условиях эксплуатации стратегия развертывания может оказаться неудобной, поскольку для замены модуля эффектора потребуются не только отсоединить раму 28а эффектора, но и отсоединить гидравлические плунжеры 14 от точек их крепления. Для упрощения замены и ремонта модулей эффекторов иногда удобно установить эффектор 11, раму 28а эффектора и гидравлические плунжеры 14 на модуле 1, что упростит и сделает более эффективными установку и снятие.

На фиг. 2 показан вид сверху волновой электростанции, включающей множество, по существу, неподвижных элементов 2 с множеством эффекторов 11, действующих на каждый, по существу, неподвижный элемент. Все нагнетательные трубы 6а, 6б, 6с осуществляют подачу в одну коллекторную нагнетательную трубу 7, которая получает потоки воды под давлением и транспортирует их к турбине 8. На этой фигуре показаны необязательные вспомогательные якоря 5б для противостояния подводным течениям, когда этого требуют локальные условия моря или другие эксплуатационные условия.

Сейчас со ссылкой на фиг. 3, где показано волновое энергетическое устройство, включающее по существу неподвижный элемент 2 и пластину эффектора 11, в которую входит по существу неподвижный элемент 2. Пластина эффектора 11 выполнена так, чтобы двигаться относительно по существу неподвижного элемента 2, когда на эффектор 11 действуют волновые силы. Более конкретно, эффектор 11 выполнен так, чтобы двигаться параллельно длине оси 18, по существу, неподвижного элемента от заданного центрального положения 19 на, по существу, неподвижном элементе 2 в любом одном из двух направлений, противоположных друг другу. Волновое энергетическое устройство также включает два гидравлических плунжера 14а, 14б, симметрично расположенных вокруг эффектора 11 по длине оси 18 по существу неподвижного элемента 2.

Два гидравлических плунжера 14а, 14б на фиг. 3 включают, каждый, пять секций: одну секцию основания 144, три трубных секции 143а, 143б, 143с и центральную секцию 142. Два гидравлических плунжера 14а, 14б также включают, каждый, входное отверстие 21с клапаном 22 для впуска воды в герметизированное пространство 20 в гидравлическом плунжере 14а, 14б, когда длина 23 гидравлического плунжера 14а, 14б увеличивается (на чертеже входное отверстие и клапан не показаны). Два гидравлических плунжера 14а, 14б также включают, каждый, выходное отверстие 24 с клапаном 25, предназначенное для выпуска воды под давлением из герметизированного пространства 20 в гидравлическом плунжере 14, когда длина 23 гидравлического плунжера 14а, 14б уменьшается (на чертеже клапан не показан). Секция основания 144 гидравлического плунжера зафиксирована в заданном положении 26 на по существу неподвижном элементе 2, и центральная секция 142 косвенно соединена с пластиной эффектора 11 через раму 28а эффектора, включающую колеса 28с. Функция рамы 28а эффектора заключается в том, чтобы стабилизировать эффектор 11, и функция колес 28с заключается в том, чтобы облегчить движение эффектора на по существу неподвижном элементе 2. Два гидравлических плунжера 14 втягиваются до некоторой степени так, чтобы их длина 23 составляла половину их максимальной длины минус длина секции основания 144 и чтобы эффектор находился в своем центральном положении 19. Таким образом, сила, требуемая для перемещения эффектора 11 в одном направлении, равна силе, требуемой для пере-

мещения эффлектора 11 в противоположном направлении. Когда на эффлектор действуют волновые силы 11, эффлектор 11 движется относительно по существу неподвижного элемента.

На фиг. 4 схематически показан вид сбоку разобранного (фиг. 4а) и собранного (фиг. 4б) гидравлического плунжера 14 согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения.

Гидравлический плунжер 14 согласно настоящему изобретению включает по меньшей мере три секции: одну секцию основания 144, одну трубную секцию 143 и одну центральную секцию 142. Гидравлический плунжер 14 может включать больше одной трубной секции 143, например, 2-10 трубных секций. Теоретически, гидравлический плунжер 14 согласно настоящему изобретению может включать больше чем десять трубных секций 143. Если гидравлический плунжер включает больше одной трубной секции 143, наибольшая трубная секция называется первой трубной секцией 143а, следующая по величине трубная секция называется второй трубной секцией 143b и т.д.

Разобранный гидравлический плунжер 14 на фиг. 4а включает пять секций 144, 143, 142: одну секцию основания 144, три трубные секции 143а, 143b, 143с и одну центральную секцию 142. Секция основания 144 имеет один закрытый конец 31 и один открытый конец 30 (указан пунктирными линиями), трубные секции 143 имеют два открытых конца 30 и центральная секция 142 имеет один открытый конец 30 и один закрытый конец 31.

Секции 144, 143, 142 гидравлического плунжера 14 включают уплотнительные средства 33, обеспечивающие герметизацию пространства 20 в собранном гидравлическом плунжере 14, так что вода может входить в гидравлический плунжер 14 и выходить из него через входное отверстие и выходное отверстие гидравлического плунжера. Уплотнительные средства 33 также могут крепить секции, предотвращая их движение друг от друга в собранном состоянии. Уплотнительные средства 33 могут такими, как показано на фиг. 4а, или могут представлять собой уплотнительные средства 33 любого другого типа, который может определить опытный специалист. Секция основания 144 выполнена так, чтобы принимать первую трубную секцию 143а, и первая трубная секция 143а выполнена так, чтобы входить в секцию основания 144 и выходить из нее. Точно так же, первая трубная секция 143а выполнена так, чтобы принимать вторую трубную секцию 143b, и вторая трубная секция 143b выполнена так, чтобы входить в первую трубную секцию 143а и выходить из нее. Вторая трубная секция 143b выполнена так, чтобы принимать третью трубную секцию 143с, которая выполнена так, чтобы входить во вторую трубную секцию 143b и выходить из нее. Третья трубная секция 143с выполнена так, чтобы принимать центральную секцию 142, и центральная секция 142 выполнена так, чтобы входить в третью трубную секцию 143с и выходить из нее.

Секция основания также включает входное отверстие 21 и выходное отверстие 22. Входное отверстие 21 включает клапан 22, предназначенный для впуска воды в гидравлический плунжер 14, когда длина гидравлического плунжера 14 увеличивается. Выходное отверстие 24 включает клапан 25, предназначенный для выпуска воды из гидравлического плунжера 14, когда длина гидравлического плунжера 14 уменьшается. Теоретически, любая из секций может включать входное отверстие 21 и/или выходное отверстие 24.

На фиг. 4б показан гидравлический плунжер, собранный из секций 144, 143а, 143b, 143с, 142, показанных на фиг. 4а. Когда гидравлический плунжер 14 собран, секции 144, 143а, 143b, 143с, 142 совместно определяют герметичное пространство 20 некоторого объема гидравлического плунжера 14, в которое вода может входить через входное отверстие 21 и выходить через выходное отверстие 22. На фиг. 5 показаны разные варианты осуществления формы входного отверстия 21 и выходного отверстия 24 на секции основания гидравлического плунжера. При использовании внешних клапанов входное отверстие и выходное отверстие могут быть объединены. Для ясности, все гидравлические плунжеры 14 настоящего изобретения снабжены входным отверстием 21 и/или выходным отверстием 24.

На фиг. 6 показан собранный, полностью выдвинутый гидравлический плунжер с пятью секциями (а), а также разные стадии частичного втягивания (b, c, d, e) полностью выдвинутого гидравлического плунжера.

Полное втягивание полностью выдвинутого гидравлического плунжера 14(а) с пятью секциями включает четыре стадии (a-b, b-c, c-d и d-e). На первой стадии втягивания (a-b) объем в гидравлическом плунжере уменьшается, поскольку центральная секция 142 входит в третью трубную секцию 143с, при этом другие секции не движутся. Когда центральная секция 142 не может входить дальше в третью трубную секцию 143с, начинается вторая стадия втягивания (b-c), и третья 143с трубная секция входит во вторую трубную секцию 143b. Сила, требуемая на второй стадии втягивания, больше чем сила, требуемая на первой стадии втягивания, поскольку эффективная гидравлическая площадь увеличилась. Когда третья трубная секция 143с не может входить дальше во вторую трубную секцию 143b, начинается третья стадия втягивания (c-d), и вторая трубная секция 143b входит в первую трубную секцию 143а. Сила, требуемая на третьей стадии втягивания, больше чем сила, требуемая на второй стадии втягивания, поскольку эффективная гидравлическая площадь увеличилась. Когда вторая трубная секция 143b не может входить дальше в первую трубную секцию 143а, начинается четвертая стадия втягивания (d-e), и первая трубная секция 143а входит в секцию основания 144. Сила, требуемая на четвертой стадии втягивания, больше, чем сила, требуемая на третьей стадии втягивания, поскольку эффективная гидравлическая

площадь увеличилась. Сила, требуемая для втягивания гидравлического плунжера, обеспечивается волновыми силами, действующими на эффектор.

Таким же образом, полное выдвижение полностью втянутого гидравлического плунжера (e) включает четыре стадии (e-d, d-c, c-b и b-a). Сила, требуемая для выдвижения гидравлического плунжера, обеспечивается волновыми силами, действующими на эффектор в направлении, противоположном направлению, в котором волновые силы действуют на эффектор при втягивании гидравлического плунжера. Для обеспечения выдвижения гидравлического плунжера согласно стадиям на фиг. 6 гидравлический плунжер 14 может также включать стопорные средства 27. На фиг. 7 показан трехмерный вид полностью выдвинутого гидравлического плунжера 14 согласно разным вариантам осуществления настоящего изобретения. Гидравлический плунжер 14, показанный на фиг. 7a, включает пять секций 144, 143a, 143b, 143c, 142. Каждая секция представляет собой цилиндр некоторой длины и некоторого поперечного сечения. Цилиндры на фиг. 7a имеют круглое поперечное сечение. Однако цилиндр гидравлического плунжера 14 согласно настоящему изобретению также может иметь многоугольное поперечное сечение, например квадратное или шестиугольное поперечное сечение. На фиг. 7b показан трехмерный вид гидравлического плунжера 14 с четырьмя секциями: одной секцией основания 144, двумя трубными секциями 143a, 143b и одной центральной секцией 142, которые имеют шестиугольное поперечное сечение. На фиг. 7c показан трехмерный вид гидравлического плунжера 14 с тремя секциями: одной секцией основания 144, одной трубной секцией 143 и одной центральной секцией 142, которые имеют квадратное поперечное сечение.

Объем в полностью выдвинутом гидравлическом плунжере 14 зависит от числа секций, а также от длины и диаметра каждой секции, которые могут быть изменены в зависимости от требуемого использования.

На фиг. 8 схематически показан трехмерный вид эффектора 11 согласно разным вариантам осуществления настоящего изобретения. На фиг. 8a показан вариант осуществления эффектора 11, имеющего квадратную пластинчатую конструкцию. Однако эффектор 11 может иметь любую другую форму, например круглую или любую многоугольную, например шестиугольную форму. Важно то, чтобы эффектор 11 имел площадь поверхности, на которую волны могут действовать силой, достаточной для движения эффектора 11. На фиг. 8b показан вариант осуществления эффектора 11, предназначенный для пропускания через себя, по существу, неподвижного элемента 2. Эффектор 11 имеет шестиугольную пластинчатую конструкцию с отверстием 34, проходящим через эффектор 11, в середине эффектора. Таким образом, эффектор 11 может двигаться относительно, по существу, неподвижного элемента 2 как жемчужина на нитке, когда на эффектор действуют волновые силы 11. На фиг. 8c показан вид сбоку эффектора 11 согласно настоящему изобретению. Этот вид сбоку использован на всех фигурах чертежей для показа эффектора 11.

На фиг. 9 показаны разные стопорные средства 27, которые могут быть использованы с гидравлическим плунжером 14 согласно настоящему изобретению. Такие стопорные средства 27 могут быть, например, магнитными (фиг. 9a), гидравлическими (фиг. 9b), механическими (фиг. 9c) или их сочетанием. На фиг. 9a показана последовательность выдвижения гидравлического плунжера, оснащенного магнитными стопорными средствами 27. Преимущество магнитного стопорного механизма заключается в том, что последовательность выдвижения можно регулировать так, чтобы наибольшая из имеющихся трубных секций была всегда полностью выдвинута перед активацией следующей секции. На фиг. 9b показана последовательность выдвижения, подобная показанной на фиг. 9a, но она реализована с использованием гидравлических стопорных средств 27. На фиг. 9b показано, что трубная секция оснащена перегородкой с отверстием по центру. Кроме того, центральная секция 142 имеет выступ, который входит в отверстие в перегородке. Когда гидравлический плунжер полностью втянут, выступ на центральной секции 142 блокирует отверстие в перегородке, этим герметизируя объем, обозначенный как V. Когда центральная секция 142 выходит из секции основания 144, это движение будет немного увеличивать объем V, этим снижая давление в объеме V и создавая разницу давлений на переборке. Эта разница давлений создаст силу, действующую на переборку и толкающую ее и за счет этого всю трубную секцию в направлении к центральной секции 142. Это будет эффективно блокировать центральную секцию 142 с трубной секцией 143. Трубная секция 143 и центральная секция 142 будут двигаться вместе до максимального выдвижения трубной секции 143. В это время центральная секция 142 продолжит свое движение до выхода выступа на центральной части из отверстия в перегородке, после чего давление в объеме V будет сброшено. Отверстие в переборке или выступ на центральной части могут включать средства для повышения герметичности, такие как уплотнения, резиновые кромочные уплотнения или эластичные покрытия. Хотя гидравлический стопорный механизм на чертежах основан на одном отверстии и одном выступе, в некоторых случаях применения может быть предпочтительно некоторое множество пар отверстий/выступов. В зависимости от эффективности и характеристик системы уплотнений, переборка может быть оснащена одним или несколькими одноходовыми клапанами для сброса давления в объеме V во время втягивания гидравлического плунжера.

На фиг. 9c показана последовательность выдвижения, подобная показанной на фиг. 9a и 9b, но с использованием механических стопорных средств.

На фиг. 10 показано волновое энергетическое устройство согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения, в котором два гидравлических плунжера находятся на разных стадиях втягивания. Волновое энергетическое устройство на фиг. 10а, 10b, 10с, 10d и 10е включает, по существу, неподвижный элемент 2 и эффектор 11, через который проходит, по существу, неподвижный элемент 2. Эффектор 11 прямо соединен с двумя гидравлическими плунжерами 14а, 14b, симметрично расположенными вокруг эффектора 11. Каждый эффектор включает пять секций: одну секцию основания 144, три трубных секции 143а, 143b, 143с и одну центральную секцию 142. Секция основания включает входное отверстие и выходное отверстие (не показаны на чертеже). Эффектор 11 прямо соединен с центральной секцией 144 каждого гидравлического плунжера 14а, 14b, при этом секция основания зафиксирована в заданном положении 26 на, по существу, неподвижном элементе 2. На фиг. 10с эффектор 11 находится в своем центральном положении 19 относительно по существу неподвижного элемента 2, и два гидравлических плунжера 14а, 14b втянуты в такой степени, что их длина составляет половину от их полной длины минус длина секции основания 144. Таким образом, сила, требуемая для перемещения эффектора 11 в одном направлении, равна силе, требуемой для перемещения эффектора 11 в противоположном направлении. Когда на эффектор действуют волновые силы 11 в одном направлении, эффектор 11 движется относительно по существу неподвижного элемента. Когда эффектор движется в одном направлении (фиг. 10с-10d и 10d-10е (эффектор движется влево)) эффективная гидравлическая площадь одного 14а из двух гидравлических плунжеров 14а, 14b ступенчато увеличивается, поскольку движущийся эффектор 11 уменьшает длину гидравлического плунжера 14а, и эффективная гидравлическая площадь другого 14b из двух гидравлических плунжеров 14а, 14b ступенчато уменьшается, поскольку движущийся эффектор 11 увеличивает длину гидравлического плунжера 14b. Когда эффектор движется в противоположном направлении (фиг. 10с-10b и 10b-10а (эффектор движется вправо)), эффективная гидравлическая площадь одного 14b из двух гидравлических плунжеров 14а, 14b ступенчато увеличивается, поскольку движущийся эффектор 11 уменьшает длину гидравлического плунжера 14b, и эффективная гидравлическая площадь другого 14а из двух гидравлических плунжеров 14а, 14b ступенчато уменьшается, поскольку движущийся эффектор 11 увеличивает длину гидравлического плунжера 14а.

Таким образом, сила, приобретаемая для перемещения эффектора, должна быть достаточно большой, чтобы выдвинуть один гидравлический плунжер и втянуть другой. Эти по меньшей мере два гидравлических плунжера имеют переменную гидравлическую площадь, чтобы эффективная гидравлическая площадь одного гидравлического плунжера 14 ступенчато увеличивалась, а эффективная гидравлическая площадь другого гидравлического плунжера 14 ступенчато уменьшалась, при этом сила, требуемая для перемещения одного гидравлического плунжера 14 из его центрального положения 19 в направлении одного из его крайних положений, увеличивается, когда гидравлический плунжер 14 движется в направлении одного из крайних положений, а сила, приобретаемая для перемещения эффектора 11 в другом направлении (в направлении центрального положения 19) ступенчато уменьшается до тех пор, пока эффектор не возвратится в свое центральное положение. Если сила прилагается в противоположном направлении, будет происходить то же самое. Таким образом, волновое энергетическое устройство настоящего изобретения облегчает возврат эффектора 11 в положение, в котором нагрузка на эффектор 11 симметрична вокруг его центра, например, его центрального положения 19. Максимальная длина хода 29 эффектора 11 является максимальной длиной одного 14а из двух гидравлических плунжеров 14а, 14b, когда этот гидравлический плунжер полностью выдвинут, минус длина секции основания этого гидравлического плунжера.

Когда эффектор движется, один из двух гидравлических плунжеров 14а, 14b втягивается, создавая внутри этого гидравлического плунжера воду под давлением, которая выталкивается через клапан 25 выходного отверстия 24 и из трубы 6. Эта вода под давлением затем может протекать к турбине, которая преобразует воду под давлением в энергию, например электрическую энергию (не показана на чертеже).

На фиг. 11 показаны разные конфигурации эффектора 11 и гидравлических плунжеров 14 относительно, по существу, неподвижного элемента 2 волнового энергетического устройства согласно настоящему изобретению.

В некоторых вариантах осуществления эффектор 11 прямо соединен с центральной секцией 142 по меньшей мере двух гидравлических плунжеров (фиг. 11а, 11b, 11с). В некоторых вариантах осуществления эффектор 11 прямо соединен, по существу, с неподвижным элементом 2, например, по существу, неподвижный элемент 2 входит в него предпочтительно в середине эффектора 11 (фиг. 11а, 11с, 11е, 11f, 11).

В некоторых вариантах осуществления эффектор 11 косвенно соединен с, по существу, неподвижным элементом 2, например, посредством двух гидравлических плунжеров 14 (фиг. 11b). В некоторых вариантах осуществления эффектор 11 косвенно соединен с, по существу, неподвижным элементом и двумя гидравлическими плунжерами, например посредством жесткого элемента, соединяющего эффектор с двумя гидравлическими плунжерами 14а, 14b (фиг. 11d, 11h).

В некоторых вариантах осуществления секции основания 144 двух гидравлических плунжеров прямо или косвенно соединены с эффектором 11, при этом их центральные секции 142 зафиксированы в некоторой точке на, по существу, неподвижном элементе 2 (фиг. 11е).

В некоторых вариантах осуществления волновое энергетическое устройство включает больше чем два гидравлических плунжера 14 (фиг. 11f, 11g). В некоторых вариантах осуществления больше одного эффектора косвенно соединено с двумя гидравлическими плунжерами (фиг. 11h). В некоторых вариантах осуществления, по существу, неподвижный элемент прикреплен к опорной раме, прикрепленной к стальному кабелю (11c). Помимо экономии трудозатрат использование опорной рамы также предпочтительно с конструктивной точки зрения, поскольку скручивающие нагрузки и поперечные нагрузки на стальной кабель минимизируются. В общем, любая комбинация гидравлических плунжеров любой гидравлической площади и конфигурация волнового энергетического устройства может найти применение согласно настоящему изобретению, если гидравлические плунжеры обеспечивают увеличение сил, действующих на пластину эффектора, когда эффектор смещается из своего центрального положения в любом из возможных направлений.

На фиг. 12 показаны два варианта осуществления волнового энергетического устройства согласно настоящему изобретению, в которых эффектор соединен со средствами 28 для стабилизации и облегчения движения эффектора. В одном варианте осуществления, показанном на фиг. 12a, средства 28 для стабилизации и облегчения движения эффектора включают жесткие металлические проволоки 28b, соединяющие эффектор 11c некоторым элементом, включающим колеса 28c. В еще одном варианте осуществления, показанном на фиг. 12b, средства 28 для стабилизации и облегчения движения эффектора включают раму 28a и колеса 28c.

На фиг. 13 показан вариант осуществления волнового энергетического устройства согласно настоящему изобретению, в котором один эффектор 11 прямо (фиг. 13a) или косвенно посредством рамы 28a эффектора соединен с двумя по существу неподвижными элементами.

На большинстве фигур чертежей конфигурация гидравлических плунжеров 14 ограничена симметричным расположением, где эффектор нагружен двумя гидравлическими плунжерами, установленными симметрично вокруг линии симметрии, определенной эффектором 2. Однако согласно настоящему изобретению в равной мере подходят многие другие конфигурации.

Хотя настоящее изобретение описано выше в связи с конкретными вариантами осуществления, оно не должно восприниматься как каким-то образом ограниченное представленными примерами. Объем настоящего изобретения установлен прилагаемой формулой изобретения. В контексте пунктов формулы термины "включающий" или "включает" не исключают другие возможные элементы или стадии. Кроме того, упоминание в единственном числе не должно восприниматься как исключающее множественное число. Использование ссылок на обозначения в пунктах формулы в связи с элементами, указанными на чертежах, также не должно восприниматься как ограничивающее объем изобретения. Кроме того, отдельные признаки, упомянутые в разных пунктах формулы, можно будет с пользой объединить, и упоминание этих признаков в разных пунктах формулы не исключает того, что такое объединение признаков невозможно и бесполезно.

#### **Перечень использованных ссылочных обозначений**

- 1 - Модуль эффектора
- 2 - По существу, неподвижный элемент
- 3 - Буи
- 4 - Швартовные цепи
- 5 - Якорь
- 6 - Нагнетательная труба
- 7 - Турбина
- 8 - Главная нагнетательная труба
- 11 - Эффектор
- 12 - Рама эффектора
- 13 - Колеса
- 14 - Гидравлический плунжер
- 142 - Центральная секция
- 143 - Трубная секция
- 144 - Секция основания
- 15 - Средства фиксации
- 18 - Длина оси, по существу, неподвижного элемента
- 19 - Центральное положение эффектора относительно, по существу, неподвижного элемента
- 20 - Герметизированное пространство в гидравлическом плунжере
- 21 - Входное отверстие в гидравлическом плунжере
- 22 - Клапан на входном отверстии гидравлического плунжера
- 24 - Выходное отверстие в гидравлическом плунжере
- 25 - Клапан на выходном отверстии гидравлического плунжера
- 26 - Положение, по существу, неподвижного элемента, в котором секция основания фиксирована
- 27 - Стопорные средства
- 28 - Средства для стабилизации и облегчения движения эффектора

- 28a - Рама эффектора
- 28b - Проволоки
- 28с - Колеса
- 29 - Максимальная длина хода
- 30 - Открытый конец секции гидравлического плунжера
- 31 - Закрытый конец секции гидравлического плунжера
- 33 - Уплотнительные средства
- 34 - Отверстие в эффекторе, предназначенное для прохождения

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Волновое энергетическое устройство для извлечения энергии из водных волн, причем волновое энергетическое устройство включает

по существу, неподвижный элемент (2);

эффектор (11), прямо или косвенно соединенный с, по существу, неподвижным элементом (2) и предназначенный для движения относительно, по существу, неподвижного элемента (2), когда на эффектор действуют волновые силы (11), причем эффектор (11) выполнен так, чтобы двигаться параллельно длине оси (18), по существу, неподвижного элемента от заданного центрального положения (19) на, по существу, неподвижном элементе (2) в любом одном из двух направлений, противоположных друг другу;

волновое энергетическое устройство также включает по меньшей мере два гидравлических плунжера (14a, 14b), предпочтительно расположенных симметрично вокруг каждого эффектора (11) по длине оси (18), по существу, неподвижного элемента (2), при этом по меньшей мере два гидравлических плунжера (14a, 14b) включают, каждый,

секцию основания (144), по меньшей мере одну трубную секцию (143) и центральную секцию (142), причем центральная секция (142) выполнена так, чтобы входить в трубную секцию (143) и выходить из нее, и трубная секция (143) выполнена так, чтобы входить в секцию основания (144) и выходить из нее, и причем секции (142, 143, 144) совместно формируют герметизированное пространство (20) с объемом, который уменьшается или увеличивается, когда секции (142, 143, 144) входят друг в друга и выходят друг из друга соответственно;

входное отверстие (21), включающее клапан (22) для впуска воды в герметизированное пространство (20) в гидравлическом плунжере (14a, 14b), когда длина (23) гидравлического плунжера (14a, 14b) увеличивается;

выходное отверстие (24), включающее клапан (25), предназначенное для выпуска воды под давлением из герметизированного пространства (20) в гидравлическом плунжере (14a, 14b), когда длина (23) гидравлического плунжера (14a, 14b) уменьшается, предпочтительно в нагнетательную трубу (6);

при этом секция основания (144) или центральная секция (142) зафиксирована в заданном положении (26) на, по существу, неподвижном элементе, и другая из них прямо или косвенно соединена с эффектором (11) таким образом, чтобы, когда эффектор (11) движется относительно, по существу, неподвижного элемента

эффективная гидравлическая площадь по меньшей мере одного (14a) из по меньшей мере двух гидравлических плунжеров (14a, 14b) ступенчато увеличивалась, когда движущийся эффектор (11) уменьшает длину (23) этого гидравлического плунжера (14a); и

эффективная гидравлическая площадь по меньшей мере одного (14b) из по меньшей мере двух гидравлических плунжеров (14a, 14b) ступенчато увеличивалась, когда движущийся эффектор (11) увеличивает длину (23) этого гидравлического плунжера (14b).

2. Волновое энергетическое устройство по п.1, отличающееся тем, что секции (142, 143, 144) каждого гидравлического плунжера (14) включают уплотнительные средства (33) для обеспечения того, чтобы вода не могла проходить в гидравлический плунжер или выходить из него иначе как через входное отверстие (21) и выходное отверстие (24) соответственно.

3. Волновое энергетическое устройство по п.1 или 2, отличающееся тем, что ступенчатое уменьшение или увеличение эффективной гидравлической площади каждого гидравлического плунжера регулируется стопорными средствами (27), причем стопорные средства (27) представляют собой магнитные стопорные средства, или механические стопорные средства, или гидравлические стопорные средства, или их сочетание.

4. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-3, отличающееся тем, что, по существу, неподвижный элемент расположен горизонтально в воде таким образом, что эффектор (11) движется по длине горизонтальной оси, когда на него действуют волновые силы.

5. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-4, отличающееся тем, что, по существу, неподвижный элемент (2) удерживается неподвижным по меньшей мере двумя швартовными цепями (4), предпочтительно расположенными на каждом конце, по существу, неподвижного элемента (2), причем каждая швартовная цепь (4) или соединена с якорем (5), или закреплена на поверхности дна под, по су-

шеству, неподвижным элементом (2) или закреплена на берегу.

6. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-5, отличающееся тем, что, по существу, неподвижный элемент удерживается плавающим в воде по меньшей мере двумя буями (3), предпочтительно расположенными на каждом конце, по существу, неподвижного элемента (2).

7. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-6, отличающееся тем, что, по существу, неподвижный элемент (2) представляет собой стальной кабель или нагнетательную трубу (6).

8. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-7, отличающееся тем, что эффектор (11) представляет собой пластину, вертикально расположенную в воде перпендикулярно длине оси, по существу, неподвижного элемента (2).

9. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-8, отличающееся тем, что через эффектор (11) проходит, по существу, неподвижный элемент (2) предпочтительно в центре эффектора (11).

10. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-9, отличающееся тем, что эффектор (11) также соединен со средствами (28) для стабилизации и облегчения движения эффектора (11), например рамой (28а) эффектора или проволоками (28b), соединенными в колеса (28с), предназначенными для движения на, по существу, неподвижном элементе (2), чтобы эффектор (11) плавно перемещался по длине оси (18), по существу, неподвижного элемента (2), когда на него действуют волновые силы.

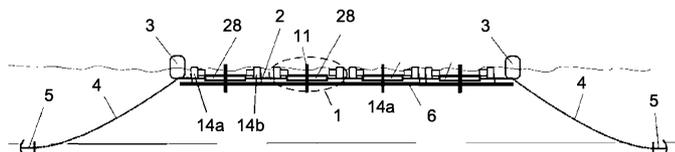
11. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-10, отличающееся тем, что максимальная длина хода (29) эффектора (11) равна длине по меньшей мере одного (14а) из по меньшей мере двух гидравлических плунжеров (14а, 14b), когда этот гидравлический плунжер полностью выдвинут, минус длина секции основания этого гидравлического плунжера.

12. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-11, отличающееся тем, что по меньшей мере два гидравлических плунжера (14) частично втянуты, когда эффектор (11) находится в его центральном положении (19), и сила, требуемая для перемещения эффектора (11) в одном направлении, равна силе, требуемой для перемещения эффектора (11) в противоположном направлении.

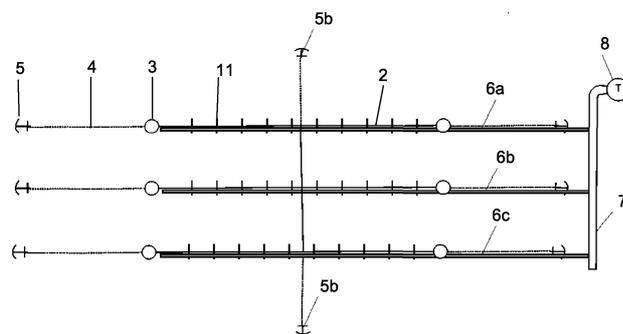
13. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-12, отличающееся тем, что по меньшей мере два гидравлических плунжера (14) втянуты в такой степени, что их длина (23) составляет половину от их полной длины, когда эффектор находится в его центральном положении (19).

14. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-13, отличающееся тем, что выходное отверстие каждого гидравлического плунжера (14) соединено по жидкости с нагнетательной трубой (6), предназначенной для приема воды под давлением, когда эффекторы (11) движутся.

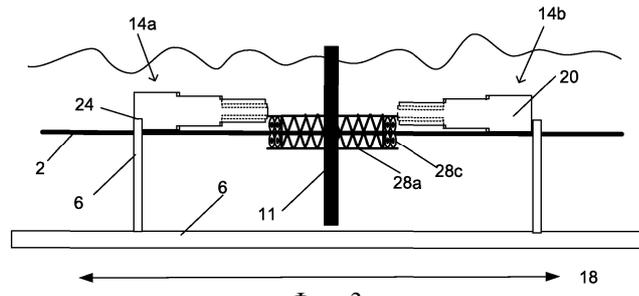
15. Волновое энергетическое устройство по любому из пп.1-14, отличающееся тем, что нагнетательная труба (6) соединена с турбиной (32), которая может преобразовывать воду под давлением в энергию, например электрическую энергию.



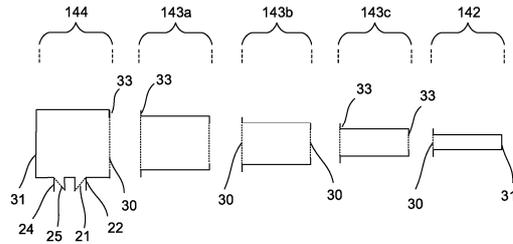
Фиг. 1



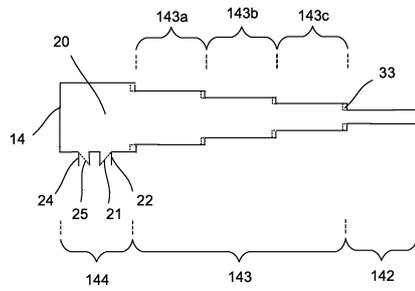
Фиг. 2



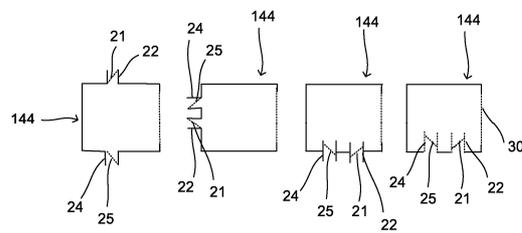
Фиг. 3



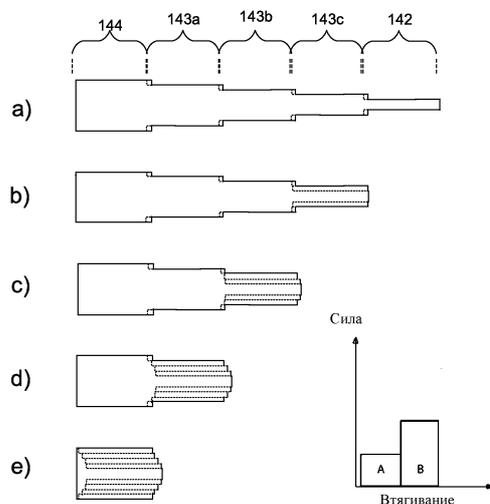
Фиг. 4а



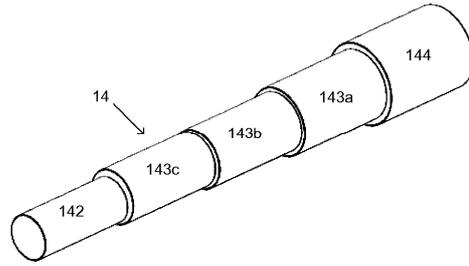
Фиг. 4b



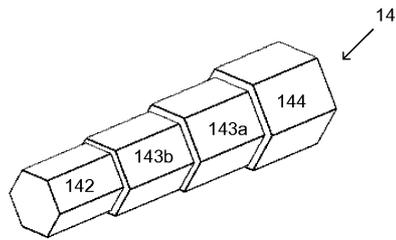
Фиг. 5



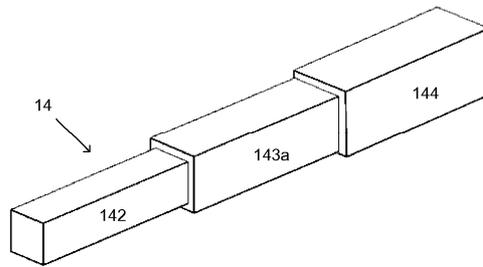
Фиг. 6



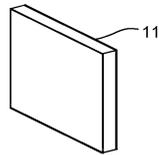
Фиг. 7а



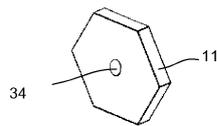
Фиг. 7b



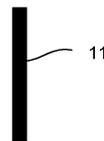
Фиг. 7с



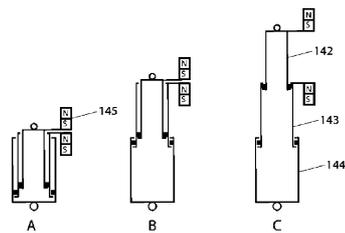
Фиг. 8а



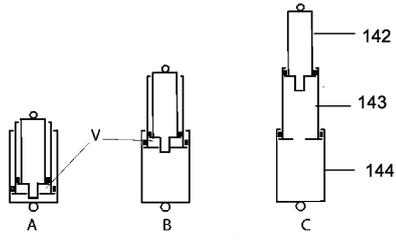
Фиг. 8b



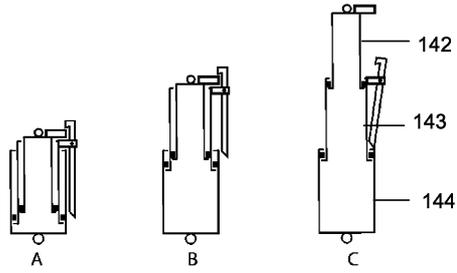
Фиг. 8с



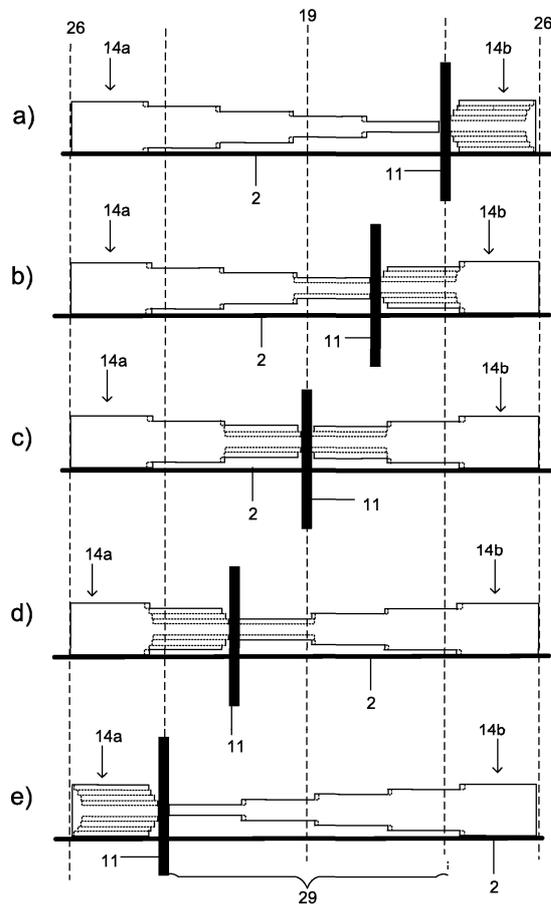
Фиг. 9а



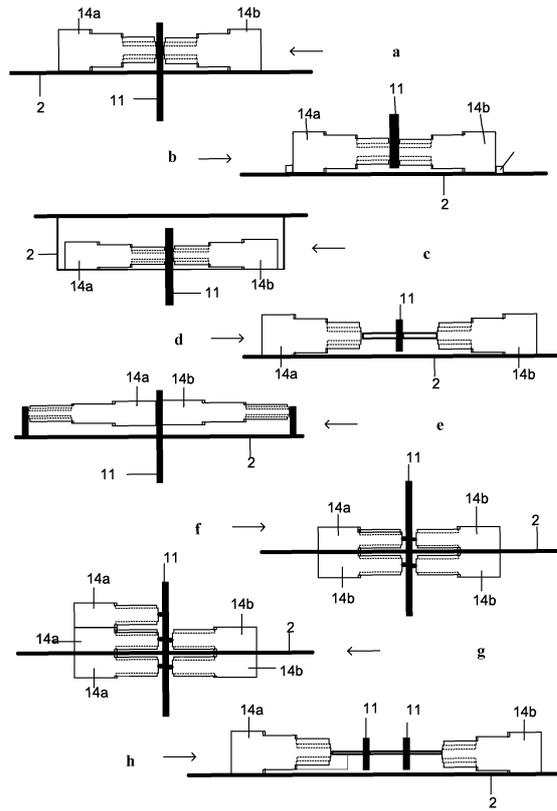
Фиг. 9b



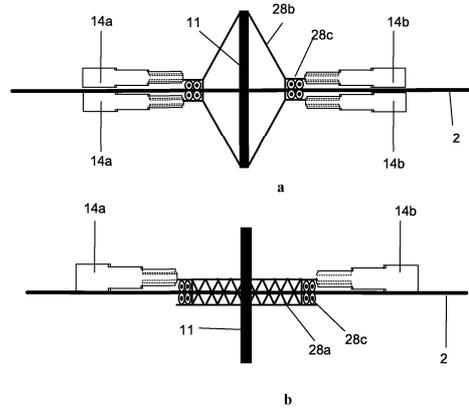
Фиг. 9c



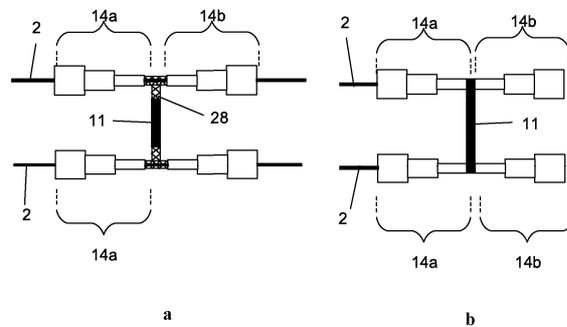
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

