

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044904**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.10.10**

(51) Int. Cl. *F16L 55/44* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202292489**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.03.24**

---

(54) **РЕАГИРУЮЩИЙ НА ДАВЛЕНИЕ, ДЕФОРМИРУЕМЫЙ, САМОВСТРАИВАЕМЫЙ  
СКРЕБКОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ПРИ СКРЕБКОВОЙ ОЧИСТКЕ  
ТРУБОПРОВОДОВ**

---

(31) **62/994,039**

(56) GB-A-1329206

(32) **2020.03.24**

EP-A1-1011881

(33) **US**

DE-A1-3511260

(43) **2022.12.14**

EP-A2-0940191

(86) **PCT/US2021/023920**

(87) **WO 2021/195234 2021.09.30**

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

(72) Изобретатель:  
**По Роджер Л., Логан Мэтт, Морроу  
Джон Р., Бёлльсторфф Чарльз Дж.  
(US)**

(74) Представитель:  
**Хмара М.В. (RU)**

---

(57) Трубопроводный скребковый элемент (10), выполненный с возможностью изменения своих размеров в осевом и радиальном направлениях в зависимости от приложенного трубопроводного давления. Скребковый элемент включает в себя по меньшей мере две окружные зоны (13, 15), имеющие разные модули сечения, при этом каждая из зон изменяется с разной относительно друг друга скоростью между ненадутым и надутым состояниями при приложенном трубопроводном давлении. Скребковый элемент реагирует на изменения геометрии трубы, имея первую длину и первый диаметр при первом приложенном трубопроводном давлении, а также вторую длину и второй диаметр, отличные от первых, при втором приложенном трубопроводном давлении. По мере износа скребкового элемента ему становится легче надуваться при приложенном давлении, при этом уплотнительный контакт со стенкой трубы остается по существу неизменным. Для надувания скребкового элемента не требуется никаких бортовых насосов или контуров циркуляции текучей среды.

---

**044904 B1**

**044904 B1**

### **Перекрестная ссылка на родственные заявки**

Настоящая заявка испрашивает приоритет заявки US 62/994039, поданной 24 марта 2020 г., все содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

### **Предшествующий уровень техники**

Настоящее изобретение относится к области скребковой очистки трубопроводов и к камерам запуска-приема скребков, таким как используются при обслуживании нефте- и газопроводов. В частности, изобретение относится к области скребковых элементов, предназначенных для контакта со стенкой трубы.

Трубопроводные скребки обычно включают в себя оправку и один или более скребковых элементов, расположенных вокруг оправки. Эти элементы могут быть выполнены во множестве различных геометрических форм, чтобы наилучшим образом соответствовать конкретному применению скребковой очистки. Оправка и скребковые элементы могут быть изготовлены из металла или эластомера, такого как резина или уретан. В некоторых применениях скребок может быть скребком из пенополиуретана. Оправка может представлять собой продольно проходящую цилиндрическую оправку. Скребковые элементы могут быть выполнены как одно целое с оправкой, как в случае со скребком из пенополиуретана, или могут быть прикреплены к оправке. Скребковые элементы могут быть выполнены таким образом, чтобы обеспечивать возможность герметизации между элементом и противоположной стенкой трубы. В некоторых применениях скребок может быть скребком сферической формы, как те, которые используются для осушения трубопровода.

При прохождении через трубопровод трубопроводного скребка независимо от его конфигурации металлические или эластомерные элементы, контактирующие с трубой, истираются и изнашиваются. Истирание является особенно высоким в сухих газовых трубопроводах по сравнению с жидкостными трубопроводами. Независимо от трубопроводного продукта потеря материала приводит к снижению герметизирующей способности, поскольку усилие между скребком и стенкой трубы уменьшается. Со временем типовой скребковый элемент, который можно изготовить сегодня, может потерять до 50% своей герметизирующей способности за первые 10 миль (~16 км) перемещения по трубопроводу. Это особенно беспокоит, потому что многие трубопроводы могут достигать более 100 миль (~160 км) в длину, а некоторые - более 500 миль (~800 км).

Потеря герметизирующей способности может проявляться локально уменьшением дифференциального давления на элементе, или она может проявляться глобально как уменьшение расхода текучей среды через трубопровод при данном давлении. Уменьшение расхода текучей среды при данном давлении также является основным признаком того, что трубопровод засорен загрязнениями и, следовательно, нуждается в скребковой очистке. Загрязнения, которые могут засорить трубопровод, включают в себя, но не ограничиваются этим, грязь, воск и гидратные образования.

Трубопроводные скребки предназначены для выполнения конкретной задачи на протяженном расстоянии прохождения по трубопроводу. Эти задачи включают в себя, но не ограничиваются этим, осушение, очистку, изоляцию и инспектирование. Однако испытания, проведенные авторами настоящего изобретения на сторонних скребках, показали, что герметизирующая способность таких скребков, измеряемая дифференциальным давлением ("dP") на скребке, может заметно и быстро ухудшаться в ходе его прохождения по трубопроводу. В некоторых случаях после прохождения всего 3-5 миль (~5-8 км) скребковые элементы изнашивались до такой степени, что скребки больше не могли выполнять какую-либо полезную работу. Это является неожиданным и удивительным результатом при том, что протестированные скребки, в общем, были предназначены для прохождения трубопроводов, намного превышающих это расстояние, вплоть до 150-200 миль (~240-320 км). Авторам настоящего изобретения на основании их тестирования и измерения dP теперь известно, что большинство скребков могут справиться только с небольшой частью этого расстояния прохождения до потери эффективности или в худшем случае до получения такого износа, который делает их неэффективными для стоящей перед ними задачи. Например, скребок может потерять до 1/8"-1/4" материала. Потеря 1/8" может привести к пятикратному падению давления, от 20 или 21 фунтов на кв. дюйм (~138 или 145 кПа) до 4 фунтов на кв. дюйм (~28 кПа).

Уретановые материалы, обычно используемые для скребковых элементов, очень эластичны по своему характеру, что позволяет материалу действовать, как пружина. Эта возможность химического состава позволяет уретану оставаться гибким, но изменять форму в зависимости от его модуля сечения и приложенного усилия. Например, относительно тонкое сечение может при небольшом усилии расширяться более чем на 500% от своего начального состояния до разрушения. Эту гибкость можно наблюдать в трубопроводных манжетах и дисках, используемых во множестве различных типов скребковых узлов.

### **Сущность изобретения**

Варианты осуществления скребкового элемента согласно настоящему изобретению выполнены с возможностью поддержания более высоких средних нормальных усилий и вытекающей из этого герметизирующей способности во время прохождения по трубопроводу, чем у скребковых элементов из уровня техники. Длина прохождения может находиться в диапазоне от 5 до 500 миль, причем в этом широком диапазоне существуют дискретные значения и поддиапазоны. Эффективность герметизации может удерживаться на уровне характеристик, тесно связанных с начальным (максимальным) уровнем герметизации, наблюдаемом при новом состоянии. По мере износа скребковый элемент становится легче наду-

вать за счет дифференциального давления при поддержании герметизирующего контакта со стенкой трубы. В неограничивающем примере, когда в скребковом элементе срабатывается материал в диапазоне от 1/8" до 1/4" (или более), первоначальная герметизирующая способность сохраняется (например, от 20 до 21 фунтов на кв. дюйм (~138 до 145 кПа)).

В некоторых вариантах осуществления от 85 до 90%, от 90 до 95% и от 95 до 99% первоначальной герметизирующей способности сохраняется на протяжении заданного расстояния прохождения или срока службы элемента. Скребковый элемент может быть выполнен как скребок, не требующий уплотнительных манжет или дисков при целевом использовании в трубопроводе, или может быть выполнен в виде уплотнительной манжеты или диска, расположенных вокруг оправки. Уплотнительная манжета или диск и оправка могут быть выполнены как единое целое. Скребковый элемент при целевом использовании в трубопроводе расширяется и сжимается по оси и по окружности (радиально наружу или внутрь) в ответ на давление в трубопроводе.

Эффективность герметизации обеспечивается за счет полой конструкции корпуса и толщины стенки или модуля сечения, которые позволяют поверхностям, выполненным соответствующим образом, максимизировать потенциальный прогиб скребкового элемента, что позволяет сохранять нормальные усилия между стенкой трубы и скребковым элементом или балансировать между его осевой и его радиальной герметизирующей способностью. Модуль сечения может быть получен с помощью конструктивных обручей или ребер, которые обеспечивают жесткость (кольцевую прочность). Конструктивные ребра удерживают скребковый элемент при минимальном надутом диаметре, а затем при приложении давления скребковый элемент надувается до положения герметизации в контакте со стенкой трубы. Сначала надувается модуль более тонкого сечения, расположенный между соседними конструктивными ребрами, а затем надуваются ребра. В этом надутом положении как модуль более толстого сечения, так и модуль более тонкого сечения будут контактировать со стенкой трубы.

Варианты осуществления настоящего изобретения способствуют гарантии того, что по мере того как скребковый элемент начинает изнашиваться и по мере уменьшения модуля сечения, прогиб увеличивается пропорционально для поддержания герметизации. И по мере износа скребкового элемента становится легче выполнять надувание различных модулей сечения. Таким образом, усилия прижатия к стенке трубопровода можно сохранять на максимальном уровне или около него.

Скребковый элемент не требует средств надувания, таких как дополнительные текучие среды, химические вещества или насосы, при этом по сравнению с известными из уровня техники элементами эквивалентного размера и назначения элементы согласно настоящему изобретению легче по весу и проще и дешевле в изготовлении. При выполнении в виде трубопроводного скребка с байпасным потоком или в виде диска скребковый элемент может использоваться двунаправленно.

Полый корпус скребкового элемента может быть изготовлен из эластомерного материала, такого как уретан или его эквивалент. Выбранный материал должен быть материалом, устойчивым к трубопроводному продукту, воздействию которого будет подвергаться скребковый элемент. Поскольку полый корпус является деформируемым аксиально и радиально, скребковый элемент может интегрироваться со стенкой трубы или соответствовать ей по форме, не требуя дополнительных текучих сред, химических веществ или насосов, сохраняя при этом необходимые нормальные усилия между скребковым элементом и стенкой трубопровода.

Полый корпус включает в себя внутреннюю конструкцию (ребра или обручи), которая позволяет изменять форму корпуса под давлением при поддержании нормальных усилий прижатия к стенке трубопровода. Внутренняя конструкция также действует как пружина, удерживающая корпус открытым, а поверхности - прилегающими к стенке трубопровода так, чтобы скребок сопротивлялся переворачиванию или выворачиванию наизнанку. В вариантах осуществления внутренняя конструкция включает в себя множество альтернативных окружных полос, при этом одна группа полос имеет модуль уменьшенного сечения по сравнению с другой группой полос. Полосы способствуют растяжению скребкового элемента в осевом направлениях и позволяют элементу работать во множестве диаметров трубы.

Скребковые элементы согласно настоящему изобретению могут быть выполнены с возможностью или предназначены для использования с трубопроводными скребками, предназначенными для задач осушения, очистки, изоляции и инспектирования, или некоторой их комбинаций. Полый корпус может представлять собой оправку, которая может быть выполнена как трубопроводный скребок, или он может быть скребковым элементом, предназначенным для использования вокруг оправки. В некоторых вариантах осуществления скребковый элемент и оправка образуют трубопроводный скребок, как в случае со скребком из пенополиуретана. Скребковый элемент может быть прикреплен к оправке или может быть выполнен как единое целое с оправкой. Скребковые элементы могут быть дискообразными или в виде манжеты, или любой формы, подходящей для применения в данном трубопроводе. В некоторых вариантах осуществления скребковый элемент имеет цилиндрическую форму. В других вариантах осуществления скребковый элемент имеет сферическую форму. В других вариантах осуществления скребковый элемент имеет форму усеченного конуса или пулеобразную форму.

В вариантах осуществления при целевом использовании в трубопроводе скребковый элемент расширяется и сжимается в двух измерениях между первым размером и вторым размером, отличным от

первых. Например, первый размер может представлять собой первую длину и первый диаметр, а второй размер может представлять собой вторую длину и второй диаметр, отличные от первых. Первая длина может быть короче второй длины, а первый диаметр может быть больше второго диаметра. Первая длина может быть минимальной длиной, а вторая длина может быть максимальной длиной. Первый диаметр может быть максимальным диаметром, а второй диаметр может быть минимальным диаметром. Верно и обратное (например, первый размер представляет собой более короткую длину и больший диаметр). В вариантах осуществления скребковый элемент переходит к промежуточным различным длинам и диаметрам между первыми и вторыми различными длинами и диаметрами.

#### Перечень фигур

На фиг. 1 представлен изометрический вид варианта осуществления цилиндрического полого корпуса согласно настоящему изобретению, изготовленного из эластомерного материала и выполненного в виде скребка, включающего в себя скребковые элементы в виде окружных канавок, отформованных в скребке и отстоящих друг от друга в осевом направлении. Скребок показан с его первыми длиной и диаметром. В других вариантах осуществления скребок может иметь сферическую форму и включать в себя окружные канавки.

На фиг. 2 представлен изометрический вид сзади скребка по фиг. 1. Скребок включает в себя полый корпус с внутренней конструкцией, которая позволяет под давлением изменять форму корпуса, но сохранять нормальные усилия прижатия к стенке трубопровода. Внутренняя конструкция также действует как пружина, удерживающая корпус открытым, а поверхности - прилегающими к стенке трубопровода так, чтобы скребок сопротивлялся переворачиванию или выворачиванию наизнанку.

На фиг. 3 представлена модель, иллюстрирующая способность внутренней конструкции прогибаться радиально для поддержания радиальной герметичности скребка. При целевом использовании деформация будет ограничиваться трубопроводом с поддержанием усилий, необходимых для герметизации по мере износа скребкового элемента во время его прохождения по трубопроводу. Показанный здесь скребковый элемент находится в промежуточном надутым состоянии. При полном надувании скребковый элемент прилегает к стенке трубы ровно.

На фиг. 4 представлен вид спереди варианта осуществления скребка согласно настоящему изобретению с расширенными вторыми длиной и диаметром. Расширение происходит при дифференциальном давлении. В этом примере минимальный ненадутый диаметр по существу равен внутреннему диаметру (ID) трубы.

На фиг. 5 представлено моделирование для варианта осуществления с фиг. 4 при приложении давления для расширения скребка для его целевой задачи на другом участке трубы. Скребковый элемент показан в промежуточном надутым положении, когда начинает надуваться модуль более тонкого сечения. В качестве неограничивающего примера, диаметр скребка изменяется приблизительно на 0,2 дюйма (~0,5 см). Его длина увеличивается приблизительно на 1,5 дюйма (~3,8 см).

На фиг. 6 представлен вариант осуществления, имеющий полый корпус в виде манжеты, согласно настоящему изобретению, изготовленный из эластомерного материала и выполненный в виде уплотнительного элемента. Поскольку полый корпус расширяется и сжимается в двух измерениях, вокруг оправки требуется меньше манжет, чем манжет из уровня техники для данного скребка, при выполнении того же объема работ по герметизации или очистке. Внутреннее давление увеличивает нормальные усилия вдоль края манжеты, что позволяет удлинить уплотнительный край юбки для работы по последовательной прокачке продуктов партиями.

На фиг. 7 представлен изометрический вид сзади полого корпуса по фиг. 6, имеющего форму манжеты, и показаны внутренние поверхности. В вариантах осуществления расширенная юбка добавляет значительную площадь поверхности, к которой прикладывается давление, чтобы создать нормальные усилия прижатия к трубопроводу для улучшения герметизации. По мере износа манжеты корпус будет становиться более гибким, создавая динамическое уплотнение, которое продолжает изменяться, чтобы гарантировать поддержание надлежащей герметизации относительно внутренних поверхностей трубопровода.

#### Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Варианты осуществления трубопроводного скребкового элемента согласно настоящему изобретению обеспечивают изменение его размеров в осевом и радиальном направлениях в зависимости от приложенного давления при прохождении внутри трубопровода. Трубопроводный скребковый элемент включает в себя эластомерный корпус, имеющий первую окружную полосу или зону, имеющую первый модуль сечения и вторую окружную полосу или зону, имеющую второй модуль сечения, отличный от первого модуля сечения. Одна или обе зоны могут быть подобными пружине или гармошке, поскольку элемент меняет свою геометрию. Каждая из первой и второй окружных зон изменяется с разной скоростью относительно друг друга между ненадутым состоянием и надутым состоянием при приложенном давлении или при переходе от одного надутым состоянием к другому. Когда надувается модуль более тонкого сечения, он работает на растяжение модуля более толстого сечения, приводя к его надуванию.

Вторая окружная полоса расположена смежно с первой окружной полосой. Полосы могут чередоваться друг с другом или может быть множество из одной из полос, расположенной между парой из дру-

гих полос. Эластомерный корпус при прохождении внутри трубопровода имеет первую длину и первый диаметр при первом приложенном давлении и вторую длину и второй диаметр при втором приложенном давлении; причем вторые длина, диаметр и приложенное давление являются длиной, диаметром и приложенным давлением, отличными от первых длины, диаметра и приложенного давления. Первая и вторая окружные зоны могут, каждая, иметь разную длину и диаметр.

Первый и второй диаметры могут быть максимальным или минимальным диаметром окружных зон или полос. В вариантах осуществления из-за различных модулей сечения часть скребкового элемента, когда он находится в промежуточном надутым положении, может иметь диаметр герметизации, а другая часть элемента может отличаться в меньшую сторону от диаметра герметизации. Например, часть одной из зон может находиться на диаметре герметизации, при этом другая часть этой же зоны не находится (например, синусоидальная форма в пределах зоны; см., например, фиг. 5). Или одни окружные полосы или зоны (или их часть) могут иметь диаметр герметизации в первом состоянии, а другая зона не имеет диаметра герметизации в первом состоянии, а затем во втором состоянии, когда другая зона (или ее часть) может находиться на диаметре герметизации, первая зона больше не находится на диаметре герметизации. Сравн., например, фиг. 4 и 5. Первый и второй диаметры могут находиться в одной из полос или зон, при этом каждая полоса или зона может иметь диаметр, отличный от другого, в зависимости от участка трубопровода, проходимого скребковым элементом, и приложенного давления.

По мере износа эластомерного корпуса, т.е. потери материала из-за контакта со стенкой трубы и связанными с ней загрязнениями, корпус становится более гибким и продолжает менять свою геометрию, чтобы гарантировать поддержание надлежащей герметизации относительно внутренних поверхностей трубопровода.

При переходе скребкового элемента между первыми длиной (осевое направление) и диаметром (радиальное направление) и вторыми длиной и диаметром усилие герметизации между эластомерным корпусом и стенкой трубопровода остается по существу неизменным. Поскольку эластомерный корпус изнашивается во время прохождения по трубопроводу, усилие герметизации между эластомерным корпусом и участком трубопровода остается постоянным в диапазоне от 85 до 99% от первоначального усилия герметизации, причем в этом более широком диапазоне существуют дискретные значения, а также поддиапазоны (например, от 85 до 90%, от 90 до 95%, от 95 до 99% от первоначального усилия герметизации). В рамках настоящего изобретения первоначальное усилие герметизации представляет собой усилие герметизации, прикладываемое к стенке трубы эластомерным корпусом в его неизношенном состоянии.

В вариантах осуществления скребковый элемент не включает в себя оправку. Вместо этого эластомерный корпус определяет и окружает полую внутреннюю область. В тех случаях, когда скребковый элемент включает в себя оправку, скребковым элементом может быть уплотнительная манжета или уплотнительный диск, выполненные с возможностью присоединения к оправке. В других вариантах осуществления скребковый элемент может быть выполнен в виде скребка и не включать в себя уплотнительную манжету или диск. Скребок может быть сферическим скребком или пулеобразным скребком. В других вариантах осуществления скребок может быть выполнен в виде скользящего скребка. Скребок может не иметь уплотнительных манжет или уплотнительных дисков.

Способ согласно настоящему изобретению обеспечивает поддержание усилия герметизации скребкового элемента относительно стенки трубопровода при прохождении по трубопроводу скребкового элемента и его износе от контакта со стенкой трубопровода и связанными с ней загрязнениями. Поскольку скребковый элемент может менять размеры в осевом и радиальном направлениях, усилия герметизации сохраняются в заданном диапазоне относительно первоначального усилия герметизации. Способ включает в себя обеспечение скребкового элемента согласно настоящему изобретению, запуск скребкового элемента в трубопровод и обеспечение возможности прохождения скребкового элемента по трубопроводу за счет дифференциального давления в потоке продукта. По мере изменения приложенного давления, будь то изменение в потоке продукта или ограничение, через которое проходит скребковый элемент (или их некоторая комбинация), скребковый элемент автоматически реагирует соответствующим изменением своей геометрии в зависимости от этого изменения давления. Не требуется никаких бортовых гидравлических или пневматических линий управления (и связанных с ними насосов и органов управления).

Варианты осуществления скребкового элемента 10 согласно настоящему изобретению включают в себя полый корпус 11, изготовленный из эластомерного материала и имеющий по меньшей мере одну первую окружную полосу 13 и по меньшей мере две вторые окружные полосы 15 или зоны с различным модулем сечения (толщиной стенки) между его передним концом 17 и задним концом 19. Полосы 15 могут быть толще и обеспечивать жесткость или кольцевую прочность скребковому элементу 10. Термин "полый корпус" означает корпус, имеющий пустую или полую центральную часть 21 (например, удаленный объем материала), расположенную вокруг центральной продольной оси 23 скребкового элемента.

Задний конец 19 скребка может иметь угол  $\alpha$  к нему, начинающийся на заданном расстоянии от продольной осевой линии 23 или внутреннего диаметра (ID). В вариантах осуществления угол может находиться в диапазоне от 5 до 15°, при этом в пределах этого более широкого диапазона имеются дискретные значения и поддиапазоны. В рамках настоящего изобретения продольная ось или направление

лежит в осевом направлении трубопровода, при этом радиальное направление является ортогональным ему. Полосы 13, 15 охватывают или окружают пустую центральную часть 21.

Вторая окружная полоса 15 может быть выполнена с помощью конструктивного (упрочняющего) ребра или обруча 14, который обеспечивает дополнительную толщину стенки. Конструкционные ребра 14 удерживают скребковый элемент при минимальном ненадутом диаметре, а затем при приложении давления скребковый элемент 10 надувается до положения герметизации или контакта со стенкой трубы. Модуль 13 более тонкого сечения расположен между соседними конструктивными ребрами 14 и надувается первым (или раньше, чем начнет надуваться модуль 15 более толстого сечения). Когда надувается модуль 13 более тонкого сечения, он растягивает модуль 15 более толстого сечения, что ведет к его надуванию при приложенном давлении. В этом надутом положении как модуль 15 более толстого сечения, так и модуль 13 более тонкого сечения контактируют со стенкой трубы.

Ребра 14 способствуют обеспечению модуля 15 более толстого сечения. В качестве неограничивающего примера, модуль 15 более толстого сечения может находиться в диапазоне от 3/4" до 1" по ширине, тогда как модуль более тонкого сечения без ребер может находиться в диапазоне от 3" до 4" по ширине 15.

Полосы 13, 15 или зоны (или их часть) в первом состоянии имеют диаметр "D (полоса или зона, состояние)", причем данное состояние определяется соответствующей внутренней областью трубопровода и приложенным или дифференциальным давлением. Например, первая окружная полоса 13 имеет диаметр  $D(1,1)$  в первом состоянии и диаметр  $D(1,2)$  во втором состоянии. Первое состояние может быть ненадутым состоянием, а второе состояние может быть частично или полностью надутым состоянием. Вторая окружная полоса 15 имеет диаметр  $D(2,1)$  в первом состоянии и диаметр  $D(2,2)$  во втором состоянии. Диаметры могут представлять собой диаметр герметизации. Если вторая окружная полоса 15 имеет модуль более толстого сечения, то диаметр  $D(2,1)$  может представлять собой максимальный ненадутый диаметр скребкового элемента 10. Обратное будет справедливо, если первая окружная полоса 13 имеет модуль более толстого сечения.

Например, когда  $D(1,1) > D(2,1)$ , первая окружная полоса 13 имеет диаметр герметизации, а вторая окружная полоса 15 - нет. Аналогично, когда  $D(2,2)$  больше, чем  $D(1,2)$ , вторая окружная полоса 15 имеет диаметр герметизации, тогда как первая окружная полоса 13 - нет. Диаметр герметизации является диаметром скребкового элемента в соответствующем состоянии. В пределах каждой зоны 13, 15 могут быть промежуточные диаметры "d (полоса или зона, состояние)". Например, вторая окружная полоса 15 может иметь часть с диаметром  $d(2,2)$ , который меньше, чем  $D(2,2)$ , как и первая окружная полоса 13 (например,  $d(1,2)$ ). См., например, фиг. 5. В конечном надутом состоянии  $D(1,2)$  может равняться  $D(2,2)$ . Диаметры  $D(1,1)$  и  $D(2,1)$  могут быть диаметрами в ненадутом состоянии.

Хотя в настоящем изобретении для иллюстрации и объяснения используются два состояния и соответствующие диаметры и длины, специалистам в данной области техники будет понятно, что элемент 10 согласно настоящему изобретению может испытывать более двух состояний в трубопроводе и изменяться соответственно каждому из этих множественных состояний.

В варианте осуществления первая окружная полоса 13 имеет модуль меньшего или более тонкого сечения, чем вторая окружная полоса 15. Первая полоса 13, имеющая по второй окружной полосе 15 с каждой своей стороны, обеспечивает элементу пружинные свойства. В некоторых вариантах осуществления скребковый элемент 10 включает в себя множество первых полос 13 или зон с модулем уменьшенного сечения и множество вторых полос 15 или зон с модулем сечения, большим, чем модуль сечения у первых полос. Первая и вторая полосы 13, 15 могут иметь разную ширину  $w_1$ ,  $w_2$  в дополнение к различным модулям сечения. В других вариантах осуществления первая окружная полоса 13 может иметь больший модуль сечения, а вторая окружная полоса 15 может иметь модуль более тонкого сечения. Несмотря на это скребковый элемент 10 должен иметь по меньшей мере два различных модуля сечения, один из которых обеспечивает жесткость и помогает поддерживать его ненадутые размеры, а другой является менее жестким и легче надувается.

В некоторых вариантах осуществления может быть обеспечена по меньшей мере одна третья другая окружная полоса. Третья полоса может иметь другой модуль сечения, чем первая и вторая полосы 13, 15. Третья полоса также может иметь другую ширину, чем первая или вторая полосы 13, 15. Третья полоса, может иметь тот же модуль сечения, что и первая или вторая полосы 13, 15, но может иметь другую ширину. В некоторых вариантах осуществления ребра 14 могут быть разнесены друг от друга по ширине  $w_1$ ,  $w_2$  одной из полос 13, 15, придавая полосе различные модули сечения по ширине. Возьмем в качестве примера фиг. 2, где разнесенные ребра 14 могут быть предусмотрены по всей полосе 15, обеспечивая зоны 13 или третью зону, отличную от зоны 13.

Скребок элемент 10 может иметь длину  $L_1$  в первом состоянии и расширенную длину  $L_2$  во втором состоянии. При расширенной длине  $L_2$  полосы 13, 15 отдельно или в некоторой комбинации друг с другом или с третьей полосой могут иметь вид сильфона. Пóлый корпус 11 может выглядеть наподобие гармошки по всей своей длине  $L_1$ ,  $L_2$ . Реагируя на дифференциальное давление  $P$ , скребковый элемент 10 может расширяться и сжиматься в осевом и радиальном направлениях для поддержания требуемых нормальных усилий  $F$  между скребковым элементом 10 и стенкой  $W$  трубопровода без необходимости в до-

полнительных текучих средах или насосах.

Скребок элемент 10 может быть выполнен с возможностью скребления или очистки стенки W трубопровода, будучи вставленным в трубопровод и перемещаясь внутри трубопровода под дифференциальным давлением благодаря потоку продукта. Например, скребок элемент 10 может быть выполнен в виде манжеты или диска, расположенных вокруг оправки. См. фиг. 6 и 7. В других вариантах осуществления скребок элемент 10 может быть выполнен в виде оправки или корпуса скребка, не содержащего манжет или дисков и действующего как трубопроводный скребок. См., например, фиг. 1 и 2. Скребок элемент 10 может быть выполнен с возможностью работы в качестве разделительного устройства между единичными или множественными текучими средами внутри трубы, включая, но не ограничиваясь этим, разделитель партий потока.

Поскольку скребок элемент 10 выполнен с возможностью деформирования в ответ на давление в трубопроводе, а также из-за поддержания массы, при удлинении скребкового элемента 10 в осевом направлении он должен уменьшаться радиально (и наоборот). Внутренние поверхности 27 полого корпуса 11 обеспечивают площадь, эффективную для обеспечения развития требуемого нормального усилия (или дифференциального давления на элементе), а также создают значительную деформацию полого корпуса 11 в осевом и радиальном направлениях. Например, результирующая сила может создавать прогиб наружу полого корпуса 11, способный поддерживать общую геометрию герметизации, а также другие свойства относительно стенки трубы, и вызывать прогиб или рост в осевом направлении. Следует отметить, что площадь внутренней поверхности увеличивается по мере того, как скребок элемент 10 удлиняется в осевом направлении.

В вариантах осуществления скребок элемент 10 может быть выполнен с возможностью легкого прохождения через уменьшение диаметра в трубопроводе, возвращаясь к своей первоначальной форме и геометрии после уменьшения диаметра. Эта особенность может быть очень полезной при прохождении через изгиб, возникший от удара (овальность), или уменьшенное сечение в трубопроводе. Следовательно, скребок элемент 10 согласно настоящему изобретению, выполненный в виде скребка, с меньшей вероятностью заклинит или застрянет в трубопроводе, как это может произойти с известными скребками, включая скребки с металлической оправкой, оснащенные эластомерными манжетами или дисками. Если скребок согласно настоящему изобретению или скребок, включающий в себя скребковые элементы согласно настоящему изобретению, попадает в тесное положение внутри трубопровода, контроллер трубопровода может просто приложить большее давление, которое, в свою очередь, заставит скребок или скребок элемент растянуться в осевом направлении и уменьшиться радиально. Значимое моделирование, проведенное авторами изобретения, и связанные с ним расчеты показывают явно выраженное согласование между модулем сечения и деформацией, вызванной давлением.

Варианты осуществления скребкового элемента 10 согласно настоящему изобретению могут быть выполнены так, чтобы по мере истирания и износа элемента из-за контакта со стенкой элемент становился более гибким. Эта гибкость позволяет давлению в трубопроводе позади элемента еще больше надуть элемент, сохраняя гораздо более высокую долю первоначальных сил герметизации относительно стенки трубопровода на протяжении всего времени прохождения по сравнению с компонентами из уровня техники. Этот признак также позволяет скребковому элементу 10 увеличиваться в длину, поскольку давление внутри элемента взаимодействует с передней внутренней поверхностью элемента, вызывая изменение длины из-за деформации в зависимости от приложенного давления. В зависимости от полос 13, 15 или зон модуля сечения направлением расширения скребка можно управлять за счет поддержания массы и соответствующих механических свойств эластомера. Выполненная надлежащим образом радиальная поверхность 29 элемента 10 может прогибаться для поддержания заданного усилия между стенкой трубопровода и элементом, в то же время позволяя длине элемента 10 изменяться и проходить через изменяющиеся диаметры трубы. При запуске в трубопровод варианты осуществления могут быть обеспечены уменьшенные длины (большой диаметр), а после встраивания в трубопровод - увеличенные длины (меньший диаметр).

При переходе от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра, полый корпус 11, а также пружинистые окружные полосы 13, 15 гарантируют, что скребок снова расширится наружу до первоначального диаметра после высвобождения из меньшего диаметра. Из-за пустого центра 21 скребок элемент 10 может сдавливать себя, чтобы пройти в значительно меньшие диаметры труб, в отличие от типового скребка из уровня техники, который сильно усложнен из-за металлической оправки. Варианты осуществления настоящего изобретения не включают в себя металлическую оправку и, следовательно, геометрия металлической оправки не создает для них препятствия. Скребок элемент 10 способен изменять геометрию по мере необходимости. Это особенно важно, когда трубопроводы содержат участки, имеющие разные диаметры. Разработка скребка из уровня техники, который мог бы очищать трубопровод большего диаметра с поддержанием возможности проходить в трубопроводы меньшего диаметра, может быть затруднена из-за негибкой металлической оправки, связанной со многими вариантами исполнения. Трубопроводный скребок, использующий варианты осуществления согласно настоящему изобретению, может справиться с этой задачей, а также с другими вариантами применения внутренней очистки трубопроводов, которые до этого в уровне техники были невозможны или трудно выполнимы.

Варианты осуществления скребкового элемента 10 согласно настоящему изобретению могут быть получены литьем в форму эластомера, такого как уретан или его эквивалент. Известные уретановые скребки обычно отливаются в формах для получения отдельных компонентов, которые затем прикрепляются болтами к оправке для формирования готового скребка. В вариантах осуществления настоящего изобретения скребок может быть отлит как единый компонент. Во время литья может использоваться вставка, которая позволяет формировать заданную внутреннюю геометрию, создавая конструктивные поверхности матрицы, необходимые для обеспечения равномерного прогиба скребка управляемым образом. Вставка может быть изготовлена из нескольких осесимметричных компонентов, очень похожих на трехмерный пазл, что позволяет извлечь части после затвердения уретана, чтобы сформировать требуемую общую геометрию скребка. Материал, используемый для формирования скребка, может затем пост-отверждаться в соответствующей печи для закрепления механических свойств материала. Это способствует гарантии того, что элемент 10 сохранит свойства, для которых он был разработан, а также сохранит способность прогибаться наружу, чтобы сохранить требуемые нормальные усилия и эффективность герметизации.

Скребок элемент 10 согласно настоящему изобретению может быть помещен в трубопровод с помощью пускового устройства, хорошо известного в данной области техники. В некоторых вариантах осуществления скребковый элемент 10, выполненный в виде скребка, может быть сжат в осевом направлении и иметь такие размеры, чтобы помещаться в ограниченных пределах корпуса клапана, а затем расширяться до более длинной геометрии после взаимодействия с давлением в трубопроводе при запуске. Конструкция модуля сечения может быть изменена для достижения требуемого результата. Например, модуль может быть изменен там, где это необходимо, чтобы скребок достигал чистой расширенной длины, когда находится в трубопроводе, и, следовательно, достигал большей стабильности.

Скребок элемент 10 можно использовать в зависимости от его целевого применения, чтобы разделять партии потоков, подавать воду, осушать и/или скрести или очищать трубопровод, чтобы держать его свободным от загрязнений. В некоторых вариантах осуществления скребковый элемент может использоваться в качестве инспекционного скребка, включающего в себя один или более датчиков. В других вариантах осуществления скребковый элемент может быть выполнен для использования с инспекционным скребком. Независимо от его целевого применения, скребок согласно настоящему изобретению принимают посредством приемного устройства такого типа, который хорошо известен в данной области техники. Затем при необходимости скребок может быть использован повторно.

В качестве неограничивающего примера варианты осуществления скребкового элемента 10 согласно настоящему изобретению могут быть выполнены в виде скребка для использования в трубопроводной системе, имеющей клапанное пусковое устройство. Пусковое устройство может иметь Y-образную форму, чтобы клапан мог вводить скребок. (Обычным ограничением для этого типа пускового устройства является его размер. Скребки обычно короче. Поскольку они короче, они более склонны опрокидываться из-за отсутствия осевой устойчивости.) Первые размеры скребка могут быть рассчитаны на то, чтобы он входил в клапан (более короткая длина, меньший диаметр) и, после выхода из клапана, расширялся до вторых других размеров (большая длина, больший диаметр) под давлением для выполнения целевой задачи в соответствии с назначением. Способность скребка увеличиваться под давлением может обеспечить самостабилизацию скребка при запуске. Скребок входит в поток текучей среды, изменяет свою геометрию в зависимости от давления и становится более устойчивым по мере его удлинения с повышением давления в трубопроводе. Скребок в основном использует давление, чтобы лучше внедриться в трубопровод. В зависимости от конструкции скребка скребок может существенно увеличиться в процентном отношении, чтобы стать более стабильным в трубопроводе.

В качестве другого неограничивающего примера варианты осуществления можно использовать в качестве сферического осушающего скребка, устраняющего необходимость периодической перекачки для замены гликоля, который выдавливается или смещается во время перемещения, и для поддержания надлежащего рабочего диаметра. Скребки также могут пересекать цепи ответвлений и седла клапанов, не застревая.

В других вариантах осуществления скребковый элемент 10 представляет собой деформируемый скребок, выполненный с возможностью использования в трубопроводах различного диаметра. В других вариантах осуществления скребковый элемент 10 выполнен как цельный скребок, способный выполнять несколько задач, включая несколько задач в двунаправленном применении.

В вариантах осуществления настоящего изобретения скребковый элемент 10 содержит эластомерный корпус 11, включающий в себя передний конец 17 и задний конец 19; пустую или полую центральную часть 21, расположенную между передним концом 17 и задним концом 19; первую окружную полосу 13 или зону, окружающую полую центральную часть 21 и имеющую первый модуль сечения; две вторые окружные полосы 15 или зоны, каждая из которых примыкает к соответствующей стороне первой окружной полосы 13 (или одну вторую окружную полосу 15 или зону, расположенную между двумя первыми окружными полосами 13 или зонами), при этом две вторые окружные полосы 15 окружают полую центральную часть 21 и имеют второй модуль другого сечения, большего, чем у модуля первого сечения; эластомерный корпус 15, способный переходить между первыми длиной и диаметром в первом

состоянии (первый внутренний диаметр стенки, включая любые отклонения, первое давление или некоторая их комбинация) и вторыми, другими длиной и диаметром во втором состоянии (второй внутренний диаметр стенки, включая любые отклонения, второе давление или некоторая их комбинация). Передний конец 17 может включать в себя переднюю стенку. Полая центральная часть 21 может проходить по всей длине скребкового элемента 10 и образовывать байпасный канал через скребковый элемент 10. Наружная поверхность 12 эластомерного корпуса 11 сохраняет герметизирующий контакт со стенкой W трубы при прохождении внутри трубы, при этом приложенное трубопроводное давление надувает скребковый элемент 10 и толкает поверхность 12 радиально наружу.

Скребок элемент 10 может быть выполнен как трубопроводный скребок. Трубопроводный скребок может быть цилиндрическим или сферическим. Скребок элемент 10 может быть выполнен в виде манжеты или диска. При выполнении в виде манжеты 30 давление повышает нормальные усилия вдоль края 31 манжеты, что позволяет удлинять уплотнительный край 33 юбки 35 для работы по последовательной прокачке продуктов партиями. Скребок элемент 10 может включать в себя скребущий край. Эластомерный корпус 11 может дополнительно содержать оправку известного в данной области техники типа. Эластомерный корпус 11 может содержать уретановый материал или его эквивалент. Эластомерный корпус 11 может иметь конфигурацию или исполнение для соединения с оправкой.

Независимо от конфигурации элемента 10 эластомерный корпус сохраняет герметизирующее взаимодействие или эффективный контакт со стенкой трубы при прохождении внутри трубы. По сравнению с эластомерными корпусами, используемыми в применениях скребковой очистки, эластомерный корпус согласно настоящему изобретению имеет конфигурацию или исполнение для поддержания более высоких средних нормальных усилий и следующей из этого герметизирующей способности во время прохождения по трубопроводу. Кроме того, по мере износа скребкового элемента 10 он, при данном приложенном давлении, становится более чувствительным (легче надуваемым), чем когда он находится в неизношенном состоянии. Все изменения в осевом и радиальном направлениях происходят в ответ на изменения приложенного давления, будь то вызвано изменением расхода продукта или изменением геометрии трубопровода или некоторой комбинации того и другого. Короче говоря, скребковый элемент является самонадувающимся, не требующим бортовых насосов или контуров циркуляции текучей среды.

Хотя выше были раскрыты варианты осуществления настоящего изобретения, изобретение определяется нижеследующей формулой изобретения и включает в себя полный спектр эквивалентов, на которые претендует каждый из раскрытых элементов.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Трубопроводный скребковый элемент (10), выполненный с возможностью изменения его размера в осевом и радиальном направлениях в зависимости от приложенного трубопроводного давления при прохождении внутри трубопровода, имеющего внутренний диаметр, определяющий стенку трубы, причем трубопроводный скребковый элемент содержит эластомерный корпус (11), включающий в себя

первую окружную зону (13), имеющую первый модуль сечения, и

вторую окружную зону (15), имеющую второй модуль сечения, отличный от первого модуля сечения, при этом вторая окружная зона расположена смежно с первой окружной зоной,

при этом каждая из первой и второй окружных зон выполнена с возможностью изменения с разной относительно друг друга скоростью между ненадутым и надутым состояниями при приложенном трубопроводном давлении,

причем при приложенном трубопроводном давлении эластомерный корпус в неизношенном состоянии при прохождении в надутом состоянии внутри трубопровода имеет первую длину и наружный диаметр, а в изношенном состоянии при приложенном трубопроводном давлении - вторую длину, отличную от первой длины, и указанный наружный диаметр, при этом наружный диаметр находится в контакте с внутренним диаметром, определяющим стенку трубы.

2. Элемент по п.1, в котором при переходе трубопроводного скребкового элемента между первой длиной и второй длиной усилие герметизации между наружным диаметром эластомерного корпуса и стенкой трубы трубопровода остается неизменным.

3. Элемент по п.1, в котором при износе эластомерного корпуса во время его прохождения по трубопроводу усилие герметизации между эластомерным корпусом и стенкой трубы трубопровода остается в диапазоне от 85 до 99% от первоначального усилия герметизации.

4. Элемент по п.1, дополнительно содержащий полую внутреннюю область (21), причем эластомерный корпус определяет и окружает полую внутреннюю область.

5. Элемент по п.1, в котором по меньшей мере одна из первой и второй окружных зон образует пружину между передним и задним концами трубопроводного скребкового элемента.

6. Элемент по п.1, выполненный в виде скребка, не содержащего уплотнительных манжет и уплотнительных дисков.

7. Элемент по п.1, выполненный в виде уплотнительной манжеты или уплотнительного диска, выполненных с возможностью соединения с оправкой трубопроводного скребка.

8. Способ поддержания усилия герметизации трубопроводного скребкового элемента относительно стенки трубопровода при прохождении по трубопроводу и износе трубопроводного скребкового элемента, содержащий следующее:

обеспечивают трубопроводный скребковый элемент (10), выполненный с возможностью изменения его размера в осевом и радиальном направлениях в зависимости от приложенного трубопроводного давления при прохождении внутри трубопровода, причем трубопроводный скребковый элемент содержит: эластомерный корпус (11), включающий в себя

первую окружную полосу (13), имеющую первый модуль сечения, и

вторую окружную полосу (15), имеющую второй модуль сечения, отличный от первого модуля сечения, причем вторая окружная полоса расположена смежно с первой окружной полосой,

при этом каждая из первой и второй окружных зон выполнена с возможностью изменения с разной относительно друг друга скоростью между ненадутым и надутым состояниями при приложенном трубопроводном давлении;

запускают трубопроводный скребковый элемент внутрь трубопровода; и

осуществляют прохождение внутри трубопровода,

причем при приложенном трубопроводном давлении эластомерный корпус в неизношенном состоянии при прохождении внутри трубопровода имеет первую длину и наружный диаметр, а в изношенном состоянии при приложенном трубопроводном давлении - вторую длину, отличную от первой длины, и указанный наружный диаметр, при этом наружный диаметр находится в контакте с внутренним диаметром трубопровода, определяющим стенку трубы.

9. Способ по п.8, в котором при переходе трубопроводного скребкового элемента между первой длиной и второй длиной усилие герметизации между эластомерным корпусом и стенкой трубы трубопровода остается неизменным.

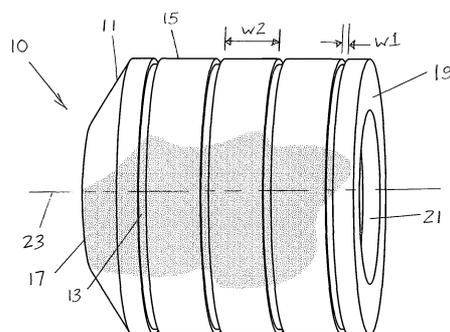
10. Способ по п.8, в котором при износе эластомерного корпуса во время его прохождения по трубопроводу усилие герметизации между эластомерным корпусом и стенкой трубы трубопровода остается постоянным в диапазоне от 85 до 99% от первоначального усилия герметизации.

11. Способ по п.8, в котором трубопроводный скребковый элемент дополнительно содержит полую внутреннюю область (21), причем эластомерный корпус определяет и окружает полую внутреннюю область.

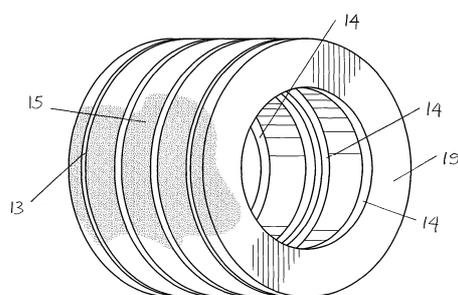
12. Способ по п.8, в котором трубопроводный скребковый элемент представляет собой скребок, не содержащий уплотнительных манжет и уплотнительных дисков.

13. Способ по п.12, в котором скребок представляет собой сферический скребок.

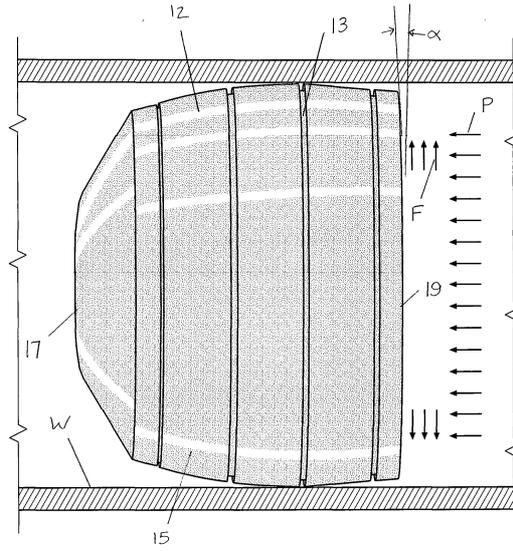
14. Способ по п.8, в котором трубопроводный скребковый элемент представляет собой уплотнительную манжету или уплотнительный диск.



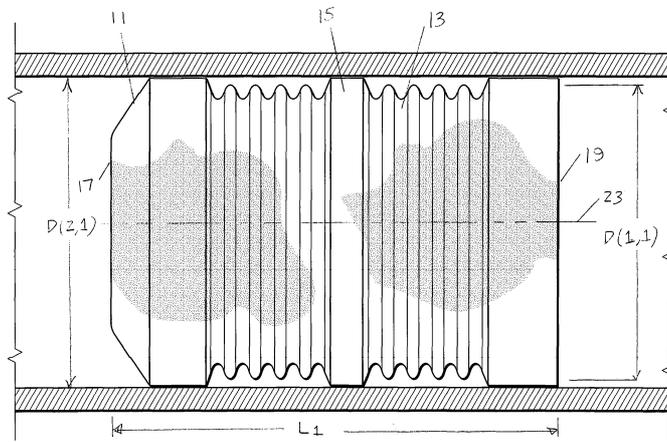
Фиг. 1



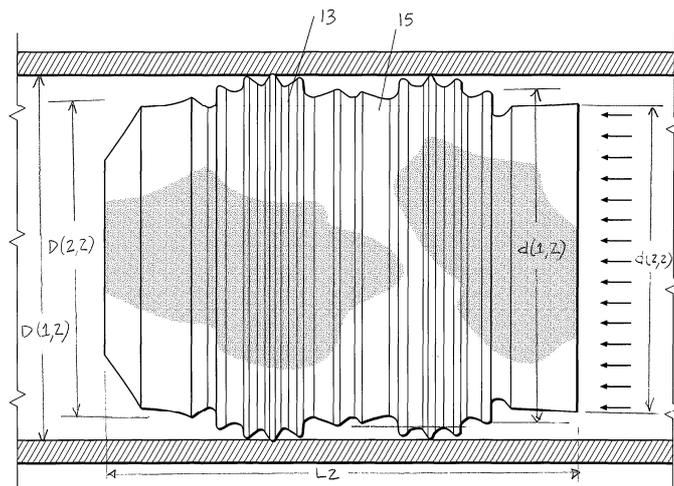
Фиг. 2



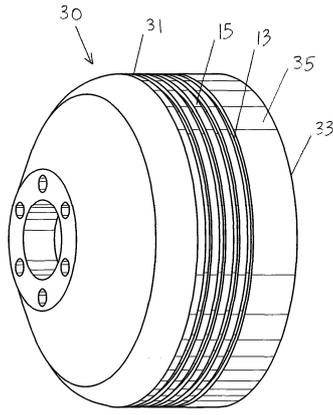
Фиг. 3



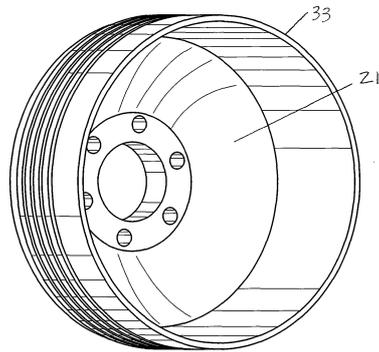
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

