

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **047392**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.07.15

(21) Номер заявки
202292124

(22) Дата подачи заявки
2021.01.18

(51) Int. Cl. *F15B 1/00* (2006.01)
F15B 1/20 (2006.01)
F02B 33/44 (2006.01)
F02M 55/04 (2006.01)
F04B 11/00 (2006.01)
F16L 41/02 (2006.01)

**(54) СИСТЕМА С РЕАКТИВНЫМИ ТЕКУЧИМИ СРЕДАМИ, УЧИТЫВАЮЩАЯ
ТЕМПЕРАТУРНОЕ РАСШИРЕНИЕ ПРИ ЗАМЕНЕ АЗОТА ВНУТРИ ЗАПОЛНЯЕМОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ**

(31) 62/961,953; 62/985,613

(32) 2020.01.16; 2020.03.05

(33) US

(43) 2022.09.23

(86) PCT/US2021/013829

(87) WO 2021/146686 2021.07.22

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПЕРФОРМАНС ПУЛСЭЙШН
КОНТРОЛ, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:
**Роджерс Джон Томас, Дженцон
Серстен, Барлоу Джеймс (US)**

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

(56) FR-A-1605326
GB-A-1242589
US-A-4427029
US-A-4548713

(57) Предложен демпфер пульсаций (700, 800, 900), который включает в себя некоторое количество жидкой реактивной текучей среды (например, около 20 галлонов), находящейся внутри гибкой диафрагмы (703, 803, 903) и отделенной от текучей среды из внешнего потока перекачиваемой текучей среды. Количество жидкой реактивной текучей среды выбирается, чтобы демпфировать пульсации давления во внешнем потоке перекачиваемой текучей среды. Демпфер пульсаций выполнен с возможностью адаптации к температурному расширению количества жидкой реактивной текучей среды благодаря чему-то одному или более из включения внутрь гибкой диафрагмы некоторого количества сжимаемого пеноматериала (705), обеспечения пространства (808) между гибкой диафрагмой, при вмещении объема жидкой реактивной текучей среды, и корпусом демпфера пульсаций или обеспечения клапана сброса давления с регулируемой уставкой (906).

B1

047392

047392

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится, в общем, к демпферам/гасителям/компенсаторам/аккумуляторам для сглаживания пульсаций и, в частности, к замене азота в газонаполненных демпферах пульсаций реактивной, сжимаемой жидкостью, с одновременным учетом температурного расширения благодаря одному или более из заполнения пористым материалом пустого пространства или не совсем полного заполнения эластичного баллона реактивной жидкостью и клапана сброса давления с регулируемой уставкой.

Уровень техники изобретения

Первая в Северной Америке, добывающая нефтяная скважина начала действовать в Ойл-Спрингс, Онтарио, в 1858 г., а первая морская нефтяная скважина была пробурена в 1896 г. на Саммерлендское нефтяном месторождении у побережья Калифорнии. Поршневые системы, такие как системы поршневых насосов и аналогичное оборудование, работают в многочисленных по типу циклических режимах эксплуатации гидравлического оборудования. Например, системы поршневых насосов для буровых растворов применяются для прокачивания бурового раствора или бурового агента на буровой установке.

Одновременно с увеличением глубин бурения и повышением эффективностей бурения, возникла потребность в высокоэффективных буровых насосах. Первоначальные конструкции были простейшими двухплунжерными насосами двойного действия, на замену которым пришли трехплунжерные конструкции одинарного действия, высокого давления и высокой мощности и другие конструкции одинарного действия, включающие в себя четырехплунжерные, пятиплунжерные и шестиплунжерные буровые насосы.

Пики давления в перекачиваемой текучей среды с каждой пульсацией ускоряют износ насоса, расходных частей напорной стороны насоса и оборудования после насоса, например, измерительного оборудования, используемого для определения параметров режима бурения, и промывочной трубы и уплотнения промывочной трубы. Невыполнение регулирования таких пиков давления неизбежно снижает эксплуатационную характеристику и эксплуатационный срок службы насоса, расходных частей напорной стороны насоса и всех компонентов перед впуском или после выпуска. Пики давления могут также создавать помехи приему приборного сигнала, вследствие чего невыполнение регулирования пиков давления может также негативно сказаться на приеме сигналов и/или качестве приема сигналов, при (например) измерении в процессе буровых работ.

Таким образом, с повышением давления и мощности насоса возникла необходимость гашения пульсаций от насоса, чтобы сохранять эффективность бурения. С начала 1940 гг. предлагались демпферы пульсаций, наполненные газообразным азотом, начиная с 5-, затем 10- и сейчас 20-галонных (19-, 38 и 76-литровых) устройств. Ввиду первостепенного значения эффективностей бурения, существенно важными становятся необходимость применения демпферов пульсаций, эффективно снижающих уровень энергии пульсаций, и их потенциальное взаимодействие с собственными частотами системы. Взаимодействие основных частот пульсаций насоса с частотами системы создает потенциально опасные и разрушающие усилия (вибрации), приводящие к преждевременному усталостному разрушению расходных компонентов бурового насоса, оборудования манифольда для бурового раствора, шлангов линий ведущей бурильной трубы и запуска скребка, уплотнения промывочной трубы системы верхнего привода, и значительному влиянию на поисково-разведочные работы и добыче с проведением бурения с управляемым давлением (MPD), измерений в процессе бурения (MWD) или каротажа в процессе бурения (MLD).

Оборудование для регулирования пульсаций обычно размещается непосредственно перед поршневым насосом или после него, часто с относительным размером и конфигурацией, пропорциональными объему требуемой подачи текучей среды за один ход насоса и максимальному заданному значению пиков давления, которые могут воздействовать на насосную систему во время каждой пульсации. Следовательно, оборудование для регулирования пульсаций помогает снижать нагрузки насосов и минимизировать амплитуды пульсаций насоса, расходных частей напорной стороны насоса и оборудования до или после насоса. В результате, оборудование для регулирования пульсаций повышает относительную эксплуатационную характеристику и срок службы насоса, расходных частей напорной стороны насоса и любого оборудования до или после насоса. Кроме того, имеет место влияние на эффективность бурения при использовании систем MPD/MWD/MLD, как указано выше.

Использование традиционного газонаполненного демпфера (или, что эквивалентно в целях настоящего изобретения, "демпфера", "компенсатора", "аккумулятора" или "оборудования для регулирования пульсаций") обычно предусматривает резервуар высокого давления с цилиндрической, сферической, торосферической или подобной формой, в котором находится эластичный баллон (или, что эквивалентно в целях настоящего изобретения, "диафрагма" или "мембрана"), который предварительно заполнен газообразным азотом. Данная обычная конструкция была принята для применения на рынке бурильных и всех остальных промышленных вытеснительных поршневых/плунжерных насосов с возвратно-поступательным движением.

В случае газонаполненных демпферов пульсаций всегда возникала задача создать правильное предварительное давление заполнения эластичного баллона для ожидаемого режима работы системы. В

стационарном режиме работы с созданным предварительным давлением заполнения, рабочая характеристика системы является приемлемой. Однако, в современных процессах MPD/MWD/LWD, когда постоянно вносятся микрокорректировки технологического процесса, и давления системы широко пульсирует, рабочая характеристика и демпфера снижается, и срок службы эластичного баллона сокращается. Поскольку предварительное давление заполнения эластичного баллона демпфера можно создавать только относительно нулевого рабочего давления, то систему требуется останавливать, и производительность снижается при изменениях предварительного давления заполнения демпфера. После того, как расчетное предварительное давление заполнения создано, эластичный баллон может отказать, когда давление системы выходит за пределы безопасных рабочих пределов, или может перестать работать, как требуется, когда давление системы выходит за пределы ожидаемого рабочего диапазона.

Кроме того, в течение срока службы эластичного баллона постоянно приходится производить корректировку предварительного давления заполнения, чтобы обеспечить долговременную и приемлемую рабочую характеристику. Было предпринято несколько попыток применить регенеративные системы, оказавшиеся до сих пор совершенно непригодными к использованию.

В отсутствие других решений, на рынок был выведен только жидкостный, безбаллонный (не требующий обслуживания (далее, необслуживаемый) демпфер, который, однако, занимает много места и/или имеет большую площадь основания, поскольку для получения рабочей характеристики с приемлемым регулированием пульсаций (базирующейся исключительно на сжимаемости жидкости) требуется большой объем жидкости. Конструкции являются более эффективными при повышенных давлениях системы и могут обеспечить качественное регулирование пульсаций во всех случаях применения, когда пульсации давлений системы выходят за пределы, с которыми, по расчетам, должны справляться обычные демпферы пульсаций, но необходимо решить проблему с занимаемым пространством.

Сущность изобретения

Демпфер пульсаций включает в себя некоторое количество жидкой реактивной текучей среды (например, около 20 галлонов (76 л)), находящейся внутри гибкой диафрагмы и отделенной от внешнего потока перекачиваемой текучей среды среды гибкой диафрагмой. Количество жидкой реактивной текучей среды выбирается, чтобы демпфировать пульсации давления во внешнем потоке перекачиваемой текучей среды. Демпфер пульсаций выполнен с возможностью адаптации к температурному расширению количества жидкой реактивной текучей среды благодаря чему-то одному или более из включения внутрь гибкой диафрагмы некоторого количества сжимаемого пеноматериала, обеспечения пространства между гибкой диафрагмой, при вмещении количества жидкой реактивной текучей среды, и корпусом демпфера пульсаций или обеспечения клапана сброса давления с регулируемой уставкой.

Перед нижеприведенным подробным описанием, возможно, полезно дать определения некоторых терминов и выражений, используемых в настоящем патентном документе: термины "включает в себя" и "содержит", а также их производные означают включение без ограничения; предлог "или" является включающим и означает и/или; и выражения "связанный с" и "связанный с вышеупомянутым", а также их производные могут означать включать, быть включенным в рамки, связывать с, заключать, быть заключенным в, присоединять к или соединяться с, замыкать на или с, сообщаться с, взаимодействовать с, чередоваться, размещать рядом, находиться поблизости от, быть связанным с, иметь, обладать свойством или тому подобное. Определения некоторых терминов или фраз применяются по всему настоящему патентному документу, и средние специалисты в данной области техники должны понимать, что во многих, если не большинстве таких случаев, такие определения применяются к прежним, а также будущим применениям упомянутых вышеопределенных терминов и выражений.

Краткое описание чертежей

Для более полного понимания настоящего изобретения и его преимуществ предлагается нижеследующее описание во взаимосвязи с прилагаемыми чертежами, на которых одинаковые числовые позиции обозначают сходные части:

фиг. 1 - график сравнительных расчетных уровней пульсаций в диапазоне рабочих давлений внутри буровой насосной системы, использующей демпферы пульсаций различных типов, в том числе, демпфер пульсаций с диафрагмой, заполненной или частично заполненной реактивной текучей средой, в соответствии с различными вариантами осуществления настоящего изобретения;

фиг. 2 - схематическое изображение буровой системы, включающей в себя демпфер пульсаций с диафрагмой, заполненной или частично заполненной реактивной текучей средой, в соответствии с различными вариантами осуществления настоящего изобретения;

фиг. 3 - изображение установки демпферов пульсаций буровой насосной системы, для которой можно использовать диафрагму, заполненную или частично заполненную реактивной текучей средой, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

фиг. 4А и 4В - схематические поперечные сечения, изображающие демпфер пульсаций, заполненный реактивной текучей средой, и его работу в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

фиг. 5 - изображение варианта осуществления системы трубопроводов, в которой может быть установлен гибридный демпфер на основе реактивной текучей среды в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

фиг. 6 - схематическое поперечное сечение, изображающее гибридный демпфер на основе реактивной текучей среды в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

фиг. 7A-7I - различные виды, поясняющие комбинированный демпфер на основе реактивной текучей среды и сжимаемого эластомера в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

фиг. 8A-8E - изображение жидкостного демпфера на основе реактивной текучей среды, адаптирующегося к температурному расширению в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения; и

фиг. 9A и фиг. 9B - изображения жидкостного демпфера на основе реактивной текучей среды, со сбросом давления, обусловленного температурным расширением, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

Подробное описание

Рассматриваемые ниже фиг. 1-9B и различные варианты осуществления, используемые для описания принципов настоящего изобретения в настоящем патентном документе, предназначены исключительно для иллюстрации и ни в коем случае не подлежат толкованию в смысле ограничения объема изобретения. Специалистам в данной области техники будет понятно, что принципы настоящего изобретения могут быть также реализованы в любом соответствующем расположенном демпфере нагнетательных манифольдов или демпфере системы, который можно использовать для регулирования или частичного регулирования амплитуды пульсаций, а также газонаполненных изделий других типов для регулировки пульсаций.

Настоящее изобретение использует реактивную сжимаемую текучую среду для замены сжимаемой газовой среды в традиционных демпферах пульсаций. В данной области техники известны подходящие сжимаемые текучие среды типа сред, предполагаемых в настоящем изобретении.

Применение реактивной текучей среды при регулировании пульсаций в соответствии с настоящим изобретением разработано для ограничения пульсаций до приемлемых уровней. На фиг. 1 графически показаны изменения расчетных давлений при работе в диапазоне 0-7500 фунтов на квадратный дюйм (psi) (0-51,71 МПа). Ниже представлены расчетные предельные пульсации при типичном бурении, в фунтах на квадратный дюйм избыточного давления (psig) для различных систем, которые можно применять в системе, использующей типичный трехплунжерный буровой насос одинарного действия, с размерами диаметр 5,5 дюймов × длина хода 12 дюймов (140 мм×305 мм):

Используемая система	Расчетные уровни пульсаций (избыточные psi (МПа), в размахе)
Обычный 20-галлонный (76-л) демпфер, ненаполненный комплект (обозначение "PD20 CFC Kit" на фиг. 1)	700 (4,83)
Обычный 20-галлонный (76-л) демпфер, с наполнением азотом (обозначение "PD20 Charged Equiv PK-PK" на фиг. 1)	Переменные до 350 (2,41)
Обычный 20-галлонный (76-л) демпфер, с наполнением реактивной текучей средой (обозначение "PD20 RFS PK-PK" на фиг. 1)	330 (2,28)
140-галлонный (532-л) DR-130, необслуживаемый, с наполнением только реактивной жидкостью (обозначение "DR-130" на фиг. 1)	90 (0,62)

Как видно из вышеприведенной таблицы и фиг. 1, 20-галлонный (76-л) демпфер пульсаций, использующий конструкцию "без наполнения" ("PD20 CFC Kit", использующий сжимаемый эластомер или пенорезину), характеризуется относительно слабым регулированием пульсаций. Только жидкостный, необслуживаемый демпфер ("DR-130"), который обычно имеет сферическую конструкцию объемом 135-140 галлонов (511-532 л), имеет наивысшее качество и ограничивает уровни пульсаций до не более 100 фунт/кв.дюйм (0,589 Мпа) в размахе избыточного давления. Однако, как описано выше, объем, необходимый для жидкости, занимает много места. Необслуживаемая система с реактивной текучей средой ("PD20 RFS PK-PK") характеризуется очень хорошим регулированием пульсаций по всему рабочему диапазону насоса. Необслуживаемый демпфер меньшего объема на линии нагнетания можно сочетать с демпфером, наполненным реактивной текучей средой, в гибридной конструкции. Кроме того, хотя и не указано выше, сочетанное применение только жидкостного, необслуживаемого демпфера вместе с демпфером, заполненным или частично заполненным реактивной текучей средой, обеспечивает демпфер с намного меньшей общей площадью основания, который реализует высококачественное регулирование пульсаций, без обслуживания, по всему рабочему диапазону системы/насоса.

Основное назначение диафрагмы, заполненной или частично заполненной реактивной текучей средой (или, в большинстве случаев применения, предполагаемых в настоящей заявке, гибридной комбинацией жидкостей, включающих в себя реактивную текучую среду, которую можно применять взаимозаменяемо с жидкой реактивной текучей средой), в необслуживаемых демпферах пульсаций состоит в том, чтобы обеспечить существенное повышение эффективности бурения в режиме MPD и улучшения ответного сигнала в обоих режимах MWD/LWD всякий раз, когда требуется во время бурильных работ. Диафрагма, заполненная или частично заполненная реактивной текучей средой, по существу, позволяет буровой установке продолжить работу в своем режиме и достигать повышения эффективности бурения в программах наклонно-направленного бурения, без необходимости предварительного заполнения/повторного заполнения обычного бурового демпфера.

Сжимаемые текучие среды такого типа, который известен в технике и предполагается в настоящем изобретении, обычно характеризуются температурным расширением, которое, когда текучая среда подвергается воздействию повышенных температур буровых растворов или других текучих сред в других возможных случаях применения, будут увеличивать свой объем. Соответственно, когда внутренний объем эластичного баллона целиком заполнен, температурное расширение может вызвать подъем внутреннего давления эластичного баллона, достаточный для снижения эффективности ослабления энергии пульсаций и, возможно, приводит к повышению давления, достаточного для разрыва металлического резервуара высокого давления. Варианты решения данной проблемы описаны ниже.

На фиг. 2 представлено схематическое изображение буровой системы, включающей в себя демпфер пульсаций, для которого можно использовать диафрагму, заполненную или частично заполненную реактивной текучей средой (или гибридной комбинацией жидкостей), в соответствии с различными вариантами осуществления настоящего изобретения. Вариант осуществления буровой системы 200, показанный на фиг. 2, служит только для иллюстрации. Фиг. 2 не ограничивает объем данного изобретения какой-либо конкретной реализацией буровой или промышленной насосной системы.

Как показано на фиг. 2, буровая система 200 включает в себя, по меньшей мере, один буровой насос 202, содержащий демпфер пульсаций (не показанный отдельно), смонтированный на нем и соединенный с нагнетательной линией 204 насоса, и по меньшей мере один бак 206 для бурового раствора. Буровая система 200 будет также обычно включать в себя по меньшей мере один нагнетательный манифольд 208 и по меньшей мере один стояк 210, смонтированный внутри буровой установки 212. В процессе работы, буровая система 200 закачивает буровой раствор или другие среды в скважину, которую бурят в настоящее время, чтобы защищать буровую коронку 214 от перегрева, обеспечивать смазывание буровой коронки и удалять шлам на поверхность.

Насос для перекачки текучей среды или буровой насос 202 может перекачивать текучую среду или буровой раствор из бака 206 для бурового раствора по нагнетательной линии 204 в направлении буровой установки 212. (Термин "бак для бурового раствора" может также относиться к резервуару для текучей среды, при этом резервуар для текучей среды содержит текучую среду, применяемую в процессе бурения). В буровой системе 200 может применяться, по меньшей мере, два буровых насоса, чтобы продолжать бурение при отказе одного бурового насоса. Демпфер пульсаций может быть установлен на нагнетательной линии для каждого бурового насоса, чтобы дополнительно гасить пульсации.

По общему правилу, демпфер пульсаций располагают вдоль нагнетательной линии 204, на выпуске бурового насоса 202 и перед нагнетательным манифольдом 208. Нагнетательный манифольд 208 может быть установлен после нагнетательной линии 204 и подсоединен и/или состыкован для сообщения по текучей среде с буровой установкой 212. Нагнетательный манифольд 208 может принимать множество потоков разных текучих сред из множества буровых насосов. Нагнетательный манифольд 208 может затем объединять все потоки текучих сред, чтобы подавать один поток текучей среды в стояк 210. Нагнетательным манифольдом традиционно выполняются и другие функции, чтобы обеспечивать вспомогательное подсоединение дополнительного насоса и, в системах с несколькими стояками, обеспечивающими эксплуатационное резервирование в случае отказа одного стояка, переключать пути потоков текучей среды из одного стояка в другой стояк. Однако, специалистам в данной области техники понятно, что некоторые системы обходятся без нагнетательного манифольда и просто сводят выходные потоки нескольких буровых насосов в одной линии, где-то вблизи буровых насосов или после них, после чего объединенный поток протекает в одной линии в субструктуру и вверх в направлении стояка.

Когда потоки текучей среды из нескольких буровых насосов объединяются (в нагнетательном манифольде или без него), пульсации в полученном объединенном потоке текучей среды могут усиливаться, исходя из разных пульсаций используемого(ых) бурового(ых) насоса(ов) 202. Например, в одной буровой системе 200 могут применяться буровые насосы разных типов или размеров, что приведет к вариациям или пульсациям в потоке текучей среды по трубе. Буровой(ые) насос(ы) 202 могут располагаться на разных расстояниях от нагнетательного манифольда 208. Буровой насос 202 могут начинать и/или прекращать работу в разное время, с циклом (фазой) выключения из работы, отличающимся от других буровых насосов, или просто работать с разными скоростями. Любой из

предыдущих рабочих параметров будет влиять на поток текучих сред или бурового раствора в нагнетательный манифольд 208, вызывая пульсации в скважине.

Стояк 210 может быть установлен на буровой установке 212 и проходить вверх по буровой установке 212, чтобы подавать поток текучей среды по буровому шлангу 216, подсоединенному к вертлюжному соединению 218, при этом вертлюжное соединение 218 соединено с подъемным крюком 220. Стояк 210 принимает выходящий поток из нагнетательного манифольда, который включает в себя поток из демпфера пульсаций насоса. Нагнетательный манифольд 208 может предусматривать подачу нескольких потоков в стояк 210 на случай отказа в части нагнетательного манифольда 208 или связанного трубопровода.

Вертлюжное соединение 218 может служить проходом для потока текучей среды во вкладыш 222 для вращения ведущей бурильной трубы (или просто "ведущей бурильной трубы"). Ведущая бурильная труба 222 соединяется с бурильной колонной 224. Текучая среда протекает по ведущей бурильной трубе 222 и бурильной колонне 224 вниз по стволу 226 скважины к буровой коронке 214, расположенной на дальнем конце бурильной колонны 224. Ведущая бурильная труба 222 обычно приводится во вращение ротором 228 буровой установки. Более современные системы могут включать в себя верхний привод для вращения бурильной колонны 224 вместо ротора буровой установки и вкладыша для вращения ведущей бурильной трубы, и настоящее изобретение применимо также и к таким конфигурациям с верхним приводом.

На фиг. 2 схематически изображен одиночный буровой насос 202. Однако, буровая система может включать в себя несколько буровых насосов с взаимосвязанными потоками, как показано на фиг. 3 и описано ниже. Кроме того, каждый буровой насос включает в себя демпфер пульсаций с диафрагмой, заполненной или частично заполненной реактивной текучей средой или реактивной текучей средой, газированной азотом, (совместно, "демпфер с реактивной текучей средой"), сконструированный и работающий в соответствии с дальнейшим подробным описанием. Каждый буровой насос может, в качестве альтернативы или дополнительно, включать в себя либо гибридную комбинацию демпфера с реактивной текучей средой с только жидкостным, необслуживаемым демпфером пульсаций, либо комбинированное применение пористых компонентов (например, в форме цилиндров, призм или других) с реактивной текучей средой, ни один из которых не показан отдельно на фиг. 2.

Фиг. 3 представляет установку демпферов пульсаций буровой насосной системы, для которой можно использовать диафрагму, заполненную или частично заполненную реактивной текучей средой, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. В показанном примере, две трехцилиндровых насосных системы 202a, 202b включают в себя, каждая, насос 301a, 301b, внешне установленный демпфер 302a, 302b пульсаций, крестовину 303a, 303b с сетчатым фильтром (известную также как "напорный сетчатый фильтр" или "крестовина"), частично видную на фиг. 3, и стабилизатор 304a, 304b на всасывании. Насосную систему 300 можно описать как "многонасосную" систему, в которой потоки текучей среды из насосов 301a и 301b объединяются в некотором месте после, по меньшей мере, одного из двух насосов, чтобы формировать одиночный поток текучей среды в трубопроводе, других насосах или компонентах для работы с функциональными жидкостями (например, сетчатым фильтре или нагнетательном манифольде) и/или демпферах пульсаций, в отличие от насосных установок, которые просто аккумулируют отдельные потоки текучих сред из нескольких насосов в накопительной емкости или тому подобном.

Демпферы 302a, 302b пульсаций установлены, каждый, на верху соответствующей крестовины 303a, 303b с сетчатым фильтром. Каждая крестовина 303a, 303b с сетчатым фильтром соединена с выпускным патрубком соответствующего насоса 301a, 301b, чтобы отфильтровывать твердые частицы крупнее, чем частицы с предварительно заданным размером из перекачиваемой текучей среды. Стабилизаторы 304a, 304b на всасывании соединены с впускным патрубком соответствующего насоса 301a, 301b, чтобы вносить вклад в погашение пульсаций давлений.

Каждый демпфер 302a, 302b пульсаций содержит гибкую диафрагму в форме камеры, заполненной или частично заполненной реактивной текучей средой. В некоторых конфигурациях, первостепенное значение имеют пространство и опора, и требуются впускной/выпускной проточные трубопроводы. При применении внешне установленных демпферов 302a, 302b пульсаций типичных размеров (например, 20-галлонных (76-л)), насосные салазки и трубопровод могут иметь стандартную конструкцию. При применении гибридной комбинации только жидкостного(ых), необслуживаемого(ых) демпфера(ов) пульсаций (не показано) с демпфером 302a, 302b пульсаций, заполненным реактивной текучей средой, могут потребоваться модификации и пространство внутри насосного отсека.

Поперечные сечения демпфера пульсаций, заполненного реактивной текучей средой, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения представлены на фиг. 4A и 4B. Как показано, демпфер 302a пульсаций, заполненный реактивной текучей средой, включает в себя корпус 401, имеющий верхнее отверстие, вмещающее крышку 402 и плотно закрываемое данной крышкой, включающей в себя пару подъемных проушин 403, и нижнее отверстие, вмещающее нижнюю плиту 404 и плотно закрываемое данной плитой. Как показано, крышка 402 и нижняя плита 404 могут быть прикреплены болтами к корпусу 401, с использованием прокладки(ок) 405, уплотняющих внутреннюю

полость 406, сформированную совместно корпусом 401, крышкой 402 и нижней плитой 404. Внутренняя полость 406 соединяется с трубопроводом текучей среды насосной системы (не показанным) через нижнее отверстие 407, обеспечивающее соединение системы с крестовиной с сетчатым фильтром (также не показанной). Гибкая внутренняя диафрагма 408 в форме камеры внутри внутренней полости 406 наполнена реактивной текучей средой. В показанном примере, участок диафрагмы 408 уплотняет зону контакта между корпусом 401 и крышкой 402, вместо отдельной прокладки.

Текучая среда поступает из подсоединенной трубы в полость 406 и/или вытекает из нее через нижнее отверстие 407. Разность между давлением данной текучей среды и давлением реактивной текучей среды внутри диафрагмы 408 будет вынуждать нижнюю поверхность диафрагмы 408, которая находится в контакте с перекачиваемой текучей средой системы, сдвигаться так, что объем внутри полости 406, который занят реактивной текучей средой внутри диафрагмы 408, изменяется.

На фиг. 4В показано положение диафрагмы 408, вмещающей полную заправку (например, около 20 галлонов (76 л)) реактивной текучей среды под низким (например, атмосферным) давлением, воздействующим через нижнее отверстие 407. Высокое давление перекачиваемой текучей среды на нижней стороне 407 будет вынуждать диафрагму 408 и реактивную текучую среду внутри диафрагмы сжиматься до объема меньше, чем объем внутренней полости 406, как показано на фиг. 4А. Среднеуровневое или низкое давление или переход от высокого давления к низкому давлению приведет к расширению диафрагмы и находящейся в ней реактивной текучей среды до большего объема. Низкое давление текучей среды на нижней стороне 407 позволит диафрагме 408 и находящейся в ней реактивной текучей среде расширяться, по существу, до максимального объема, допускаемого внутренней полостью 406 корпуса 401, крышкой 402 и нижней плитой 404, как показано на фиг. 4В. реактивная текучая среда внутри диафрагмы 408 поглощает, тем самым, пульсации давления внутри перекачиваемой текучей среды и ослабляет колебания пикового давления, которые могут иметь место.

Демпфер пульсаций 302а может, при необходимости, включать в себя защитное ограждение 409, закрывающее наполнительный клапан 410 высокого давления для приема жидкой реактивной текучей среды во время первоначального наполнения или доливки и манометр 411 для показания давления реактивной текучей среды во время работы насоса. К дну диафрагмы 408А может быть прикреплен стабилизатор 412 диафрагмы в форме (например) полужесткой пластины, чтобы поддерживать форму диафрагмы 408 на протяжении повторяющихся циклов демпфирования пульсаций давления.

На фиг. 5 изображен вариант осуществления системы трубопроводов, в которой может быть установлен гибридный демпфер на основе реактивной текучей среды в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 5, участок насосной системы 500 включает в себя, по меньшей мере, два насоса 301а и 301b, каждый из которых перекачивает текучие среды, и, при необходимости, дополнительные насосы (не показанные). Подобно насосной системе 300, насосную систему 500 можно описать как "многонасосную" систему.

В насосной системе 500, демпферы 302а, 302b пульсаций с реактивной текучей средой могут быть установлены на крестовине с сетчатым фильтром на выпуске соответствующего насоса 301а, 301b, как описано выше в связи с фиг. 3. Кроме того, между выпуском насоса 301а, 301b и магистральным трубопроводом 502 может быть вставлен гибридный демпфер 501а, 501b на основе реактивной текучей среды в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. То есть, как показано в примере на фиг. 5, гибридный демпфер 501а на основе реактивной текучей среды присоединен между выпуском насоса 301а и магистральным трубопроводом 502, а гибридный демпфер 501b на основе реактивной текучей среды присоединен между выпуском насоса 301b и магистральным трубопроводом 502. Магистральным трубопроводом 502 может, при необходимости, получать текучую среду 503 с выпусков других насосов (не показанных). Магистральным трубопроводом 502 подает текучую среду 504 в стояк, как описано выше. Насосы 301а и 301b получают потоки текучей среды, соответственно, из отдельных подводящих труб 505 и 506.

Фиг. 6 является схематическим поперечным сечением гибридного демпфера на основе реактивной текучей среды в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Демпфер 501а включает в себя сферический корпус 601, содержащий верхний цилиндрический оголовок 602, окружающий верхнее отверстие и закрываемый крышкой 603. Корпус 601 включает в себя впускное отверстие 604 с одной стороны корпуса 601, при этом впускное отверстие 604 принимает перекачиваемую текучую среду из насоса, и выпускное отверстие 605 с противоположной стороны корпуса 601, причем выпускное отверстие 605 выпускает перекачиваемую текучую среду в систему ниже по потоку (например, в стояк для закачивания в скважину). Корпус 601 может быть оборудован основанием 606 для опоры и обеспечения фланцев, чтобы (например) закреплять основание болтами к монтажной поверхности.

Корпус 601 может быть выполнен в размер для вмещения некоторого количества (например, 40 галлонов (151 л)) перекачиваемой текучей среды, выбранного для обеспечения реактивного демпфирования пульсаций в ожидаемом режиме работы насосной системы. На оголовке 602 подвешена и опускается во внутреннее пространство корпуса 601 герметичная диафрагма 607, которая может быть заключена в перфорированной защитной оболочке 610 или удерживаться в подвешенном положении

посредством уплотнения или кромки 608 и наполняться реактивной текучей средой через наполнительный клапан 609. Диафрагма 607, наполненная реактивной текучей средой, вносит вклад в демпфирование пульсаций давления в перекачиваемой текучей среде, протекающей через корпус 601. Каждое из впускного отверстия 604 и выпускного отверстия 605 может быть, при необходимости, конструктивно выполнено с соединительным элементом 611, 612 на шпильках для соединения с соответствующими трубопроводами 613, 614 системы.

Фиг. 7А, 7D и 7G являются схематическими поперечными сечениями, и фиг. 7В, 7Е и 7Н являются соответствующими видами в перспективе в разрезе комбинированного демпфера на основе реактивной текучей среды и сжимаемого эластомера в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Фиг. 7С, 7F и 7I представляют увеличенные изображения участков поперечных сечений на фиг. 7А, 7D и 7G, соответственно, взятых в зоне А.

Подобно тому, как показано на фиг. 4А, демпфер пульсаций 700 включает в себя корпус 701, имеющий верхнее отверстие, вмещающее крышку (не показанную) и плотно закрываемое данной крышкой, и нижнее отверстие. Крышка (не показанная) может быть прикреплена болтами к корпусу 701, с использованием прокладки(ок), уплотняющей(их) внутреннюю полость 702, сформированную совместно корпусом 701 и крышкой. Внутренняя полость 702 соединяется с трубопроводом текучей среды насосной системы (не показанным) через нижнее отверстие, обеспечивающее соединение системы с крестовиной с сетчатым фильтром (также не показанной). Участок 704 неперфорированной внутренней диафрагмы 703 во внутренней полости 702 уплотняет зону контакта между корпусом 701 и крышкой, вместо отдельной прокладки. Стабилизатор 705 диафрагмы выполняет такую же вышеописанную функцию и может быть закреплен к металлической вкладке, заформованной внутри материала диафрагмы 703.

Диафрагма 703, которая может быть сформирована из стандартного материала и иметь обычную форму, может быть частично наполнена комбинацией из эластомерных форм и жидкой реактивной текучей среды. Эластомерные формы являются сжимаемым пеноматериалом, например, пеноматериалом с закрытыми порами. В одном примере диафрагма 703 может быть наполнена эластомерными призмами или эластомерными шариками. Однако, эластомеры, добавляемые в систему жидкой реактивной текучей среды, могут иметь любой(ую) вид или форму или сочетание форм. Пространства между эластомерными формами заполняются жидкой реактивной текучей средой. Во время работы, сжимаемый пеноматериал будет сжиматься под давлением, прилагаемым к внешней поверхности внутренней диафрагмы перекачиваемой текучей средой, и внутренним давлением жидкой реактивной текучей среды, создавая "пустое пространство" между внешней поверхностью внутренней диафрагмы 703 и внутренней поверхностью корпуса 701, чтобы учитывать температурное расширение. Сжимаемый пеноматериал будет быстро уплощаться, когда прилагается давление, и создавать, тем самым, максимальный объем, доступный для температурного расширения.

В качестве альтернативы, сжимаемый пеноматериал может быть включен в стабилизатор 705 диафрагмы, то есть, стабилизатор 705 диафрагмы может быть целиком или частично сформирован из сжимаемого пеноматериала. Виды на фиг. 7А, 7В и 7С показывают относительное положение конструкций в состоянии, когда эластичный баллон 703 содержит жидкую реактивную текучую среду, но до того, как давление перекачиваемой текучей среды действует на внешнюю поверхность эластичного баллона 703, и до температурного расширения жидкой реактивной текучей среды. Внутренний объем корпуса 701 и размер и форма эластичного баллона 703 после расширения вследствие присутствия жидкой реактивной текучей среды внутри эластичного баллона 703, фактически, не оставляют пустого пространства 706 между внешней поверхностью эластичного баллона 703 и внутренней поверхностью корпуса 701.

Виды на фиг. 7D, 7Е и 7F показывают относительное положение конструкций в состоянии, когда эластичный баллон 703 содержит жидкую реактивную текучую среду, и после того, как приложено начальное давление перекачиваемой текучей среды, но до температурного расширения. Как очевидно, жидкая реактивная текучая среда внутри эластичного баллона 703 может быть, по меньшей мере, до некоторой степени сжата под действием внешнего давления на эластичный баллон 703, что имеет следствием образование пустого пространства 707 между внешней поверхностью эластичного баллона 703 и внутренней поверхностью корпуса 701, которое будет больше, чем пустое пространство на фиг. 7А, 7В и 7С.

Виды на фиг. 7G, 7Н и 7I показывают относительное положение конструкций в состоянии, когда эластичный баллон 703 содержит жидкую реактивную текучую среду, и после того, как к внешней поверхности эластичного баллона 703 прилагается рабочее давление перекачиваемой текучей среды, и происходит температурное расширение жидкой реактивной текучей среды. Как показано, сжимаемый пеноматериал внутри стабилизатора 705 диафрагмы может быть, по меньшей мере, до некоторой степени сжат повышенным внутренним давлением, возникающим в результате температурного расширения сжимаемой текучей среды, и пустое пространство 708 между внешней поверхностью эластичного баллона 703 и внутренней поверхностью корпуса 701 станет меньше по сравнению с пустым пространством 707, показанным на фиг. 7D, 7Е и 7F.

При обеспечении либо сжимаемого пеноматериала внутри эластичного баллона, либо пустого пространства между внешней поверхностью эластичного баллона и внутренней поверхностью корпуса или сочетанием того и другого, эффекты температурного расширения жидкой реактивной текучей среды внутри эластичного баллона могут быть скомпенсированы, что дает возможность демпферу пульсаций продолжить эффективное ослабление пульсаций.

Фиг. 8А и 8С являются схематическими поперечными сечениями, и фиг. 8В и 8D являются соответствующими видами в перспективе в разрезе жидкостного демпфера на основе реактивной текучей среды, адаптирующегося к температурному расширению в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Фиг. 8Е представляет увеличенное изображение участка поперечного сечения на фиг. 8С, взятого в зоне А.

И вновь подобно тому, как показано на фиг. 4А, демпфер 800 пульсаций включает в себя корпус 801, имеющий верхнее отверстие, вмещающее крышку (не показанную) и плотно закрываемое данной крышкой, и нижнее отверстие. Крышка может быть прикреплена болтами к корпусу 801, с использованием прокладки(ок), уплотняющей(их) внутреннюю полость 802, сформированную совместно корпусом 801 и крышкой. Внутренняя полость 802 соединяется с трубопроводом текучей среды насосной системы (не показанным) через нижнее отверстие, обеспечивающее соединение системы с крестовиной с сетчатым фильтром (также не показанной). Участок 804 неперфорированной внутренней диафрагмы 803 во внутренней полости 802 может уплотнять зону контакта между корпусом 801 и крышкой, вместо отдельной прокладки. Стабилизатор диафрагмы (не показанный), выполняющий такую же вышеописанную функцию, может быть закреплен к металлической вкладке, заформованной внутри материала диафрагмы 803.

Виды на фиг. 8А и 8В показывают относительное положение конструкций в состоянии, когда эластичный баллон 803 содержит жидкую реактивную текучую среду, но до температурного расширения. Диафрагма 803, которая может быть сформирована из стандартного материала и иметь обычную форму, имеет размер, предусматривающий, когда эластичный баллон содержит соответствующее количество жидкой реактивной текучей среды (и характеризуется соответствующей величиной расширения), оставление пространства между внешней поверхностью эластичного баллона 803 и внутренней поверхностью корпуса 801 (как показано в увеличенном виде на фиг. 8А и 8В), для адаптации к температурному расширению жидкой реактивной текучей среды. Виды на фиг. 8С и 8D показывают относительное положение конструкций в состоянии, когда эластичный баллон 803 содержит жидкую реактивную текучую среду, и после того, как произошло температурное расширение. Как показано на фиг. 8Е, пустое пространство 808 между внешней поверхностью эластичного баллона 803 и внутренней поверхностью корпуса 801 может уменьшаться в размере вследствие температурного расширения.

Для наполнения эластичного баллона 803 предварительно установленным объемом жидкой реактивной текучей среды (меньше максимальной вместимости эластичного баллона 803), допускающим неразрушающее и неповреждающее температурное расширение, можно применять различные методы. Данный подход может предусматривать накачивание фиксированного или предварительного объема из источника снабжения в эластичный баллон (с прекращением накачки либо по результату наблюдения за расходомером, либо после выкачивания насухо источника снабжения) или может предусматривать (при снятой верхней крышке) заливание фиксированного объема в эластичный баллон и затем установку и закрепление верхней крышки. В качестве альтернативы, жидкая реактивная текучая среда может быть расфасована в отдельные гибкие контейнеры, например, баллон(ы), которые затем закладывают в диафрагму (эластичный баллон) 803 через открытый верх, перед тем, как закрепляют верхнюю крышку. Хотя можно использовать и единственный гибкий (или деформируемый) контейнер (например, один баллон), вмещающий все количество жидкой реактивной текучей среды, установленного необходимым, исходя из рабочего(их) давления(ий) и температур(ы), возможно, выгодно было бы использовать несколько гибких контейнеров, заключающих, каждый, долю данного установленного количества жидкой реактивной текучей среды, и, кроме того, возможно, выгоднее было бы использовать несколько баллонов, заключающих неравные доли. Таким образом, например, для наполнения 18 галлонов (68 л), жидкую реактивную текучую среду можно распределить в виде набора из трех 5-галлонных (19-л) гибких контейнеров, двух 1-галлонных (4,5-л) гибких контейнеров и двух 0,5-галлонных (2,27-л) гибких контейнеров. Гибкие контейнеры, после закладки в эластичный баллон 803, деформируются для подгонки к внутреннему объему эластичного баллона 803 и внутренней форме корпуса 801 резервуара высокого давления. При любом из вышеописанных подходов (которые можно применять для других вариантов осуществления, описанных в настоящем изобретении), любое количество воздуха, остающегося во внутреннем объеме эластичного баллона 803, может вытекать после того, как подается давление нагнетания насоса.

В вариантах осуществления, в которых жидкая реактивная текучая среда заливается в эластичный баллон 803, при снятой верхней крышке, могут быть обеспечены линии 805, 806 и 807 наполнения в виде выступающих буртиков или выступов на поверхности эластичного баллона 803, как показано на фиг. 8А.

Разные линии наполнения могут соответствовать разным величинам температурного расширения (то есть, разным ожидаемым рабочим температурам или разным диапазонам рабочих температур).

В некоторых вариантах осуществления, размер и форма внутреннего объема корпуса 801 и размер и форма формованного эластичного баллона 803 могут быть выбраны под конкретный объем или предварительно заданный объем жидкой реактивной текучей среды (например, 20 галлонов (76 л) или 18 галлонов (68 л) и т.п.), применяемой для демпфирования пульсаций давления в перекачиваемой текучей среде. В таких вариантах осуществления, материалу эластичного баллона 803 не нужно растягиваться для адаптации к давлению предварительно заданного количества жидкой реактивной текучей среды. В этом состоит отличие от газонаполненных демпферов пульсаций, в которых эластичный баллон обычно растягивается для заполнения внутреннего объема резервуара высокого давления, когда заправляют до заданного рабочего давления. Размер/форма эластичного баллона и размер/форма внутреннего объема оставляют пустое пространство между внешней поверхностью эластичного баллона 703 и внутренней поверхностью корпуса 701, чтобы учитывать температурное расширение жидкой реактивной текучей среды.

Фиг. 9А является схематическим поперечным сечением, и фиг. 9В является соответствующим видом в перспективе в разрезе жидкостного демпфера на основе реактивной текучей среды со сбросом давления, обусловленного температурным расширением, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Подобно тому, как показано на фиг. 4А, в данном случае, демпфер пульсаций 900 включает в себя корпус 901, имеющий верхнее отверстие, вмещающее крышку 902 и плотно закрываемое данной крышкой, и нижнее отверстие. Крышка 902 может быть прикреплена болтами к корпусу 901, как показано, с использованием прокладки(ок), уплотняющей(их) внутреннюю полость 903, сформированную совместно корпусом 901 и крышкой 902. Внутренняя полость 903 соединяется с трубопроводом текучей среды насосной системы (не показанным) через нижнее отверстие, обеспечивающее соединение системы с крестовиной с сетчатым фильтром (также не показанной). Участок неперфорированной внутренней диафрагмы во внутренней полости 903 может уплотнять зону контакта между корпусом 901 и крышкой 902, вместо отдельной прокладки. Стабилизатор диафрагмы (не показанный), выполняющий такую же вышеописанную функцию, может быть закреплен к металлической вкладке, заформованной внутри материала диафрагмы 904.

Вариант осуществления, показанный на фиг. 9А и 9В, включает в себя также дополнительный клапан 905 и клапан сброса давления с регулируемой уставкой 906. В данном варианте осуществления, эластичный баллон 904 может быть целиком заполнен жидкой реактивной текучей средой, вследствие чего эластичный баллон 904 полностью расширяется в границах резервуара высокого давления корпуса 901. Устройство 906 сброса давления с регулируемой уставкой настроено, чтобы стравливать давление, превышающее предварительно заданную величину (вследствие температурного расширения), во избежание любого повреждения и для поддержки функционирования.

Хотя настоящее изобретение описано выше с использованием примерных вариантов осуществления, специалистом в данной области техники могут быть предложены различные изменения и модификации. Как предполагается, настоящее изобретение охватывает такие изменения и модификации, которые находятся в объеме притязаний прилагаемой формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Демпфер пульсаций, содержащий:
 - корпус, имеющий внутреннюю полость и отверстие, обеспечивающее сообщение по текучей среде между внутренней полостью и потоком текучей среды, внешним относительно корпуса;
 - гибкую диафрагму, удерживаемую во внутренней полости и разделяющую внутреннюю полость на первую область и вторую область, при этом гибкая диафрагма контактирует по меньшей мере с некоторым количеством текучей среды из внешнего потока текучей среды, которое поступает во вторую область внутренней полости через отверстие; и
 - количество жидкой реактивной текучей среды, находящейся внутри первой области внутренней полости и отделенной гибкой диафрагмой от указанного по меньшей мере некоторого количества текучей среды из внешнего потока текучей среды во второй области внутренней полости, причем указанное количество жидкой реактивной текучей среды выбрано на основе одной из множества выступающих линий наполнения на внутренней поверхности гибкой диафрагмы, причем каждая из выступающих линий наполнения соответствует разному количеству из множества предварительно заданных количеств жидкой реактивной текучей среды.
2. Демпфер пульсаций по п.1, дополнительно содержащий:
 - количество сжимаемого пеноматериала внутри первой области.
3. Демпфер пульсаций по п.2, в котором сжимаемый пеноматериал входит в состав стабилизатора диафрагмы.
4. Демпфер пульсаций по п.1, в котором указанное количество выступающих линий наполнения включает в себя первую выступающую линию наполнения, соответствующую 75,7 литрам жидкой реак-

тивной текучей среды.

5. Демпфер пульсаций по п.1, в котором гибкая диафрагма выполнена с возможностью удержания одного из множества предварительно заданных количеств жидкой реактивной текучей среды без расширения во время наполнения.

6. Демпфер пульсаций по п.1, в котором демпфер пульсаций включает в себя клапан сброса давления с регулируемой уставкой.

7. Способ работы демпфера пульсаций, содержащий следующие этапы:

соединяют корпус, имеющий внутреннюю полость и отверстие, обеспечивающее сообщение по текучей среде во внутреннюю полость, с потоком текучей среды, внешним относительно корпуса;

предоставляют гибкую диафрагму, удерживаемую во внутренней полости и разделяющую внутреннюю полость на первую область и вторую область, при этом гибкая диафрагма контактирует по меньшей мере с некоторым количеством текучей среды из внешнего потока текучей среды, которое поступает во внутреннюю полость через отверстие; и

предоставляют количество жидкой реактивной текучей среды внутри первой области внутренней полости, отделенное гибкой диафрагмой от указанного по меньшей мере некоторого количества текучей среды из внешнего потока текучей среды во второй области внутренней полости, причем указанное количество жидкой реактивной текучей среды выбирается на основе одной из множества выступающих линий наполнения на внутренней поверхности гибкой диафрагмы, причем каждая из выступающих линий наполнения соответствует разному количеству из множества предварительно заданных количеств жидкой реактивной текучей среды.

8. Способ по п.7, дополнительно содержащий этап, на котором:

предоставляют количество сжимаемого пеноматериала внутри первой области.

9. Способ по п.8, в котором сжимаемый пеноматериал входит в состав стабилизатора диафрагмы.

10. Способ по п.7, в котором гибкая диафрагма выполнена с возможностью удержания одного из множества предварительно заданных количеств жидкой реактивной текучей среды без расширения.

11. Способ по п.7, в котором множество выступающих линий наполнения включает в себя первую выступающую линию наполнения, соответствующую 75,7 литрам жидкой реактивной текучей среды.

12. Способ по п.7, в котором демпфер пульсаций включает в себя клапан сброса давления с регулируемой уставкой.

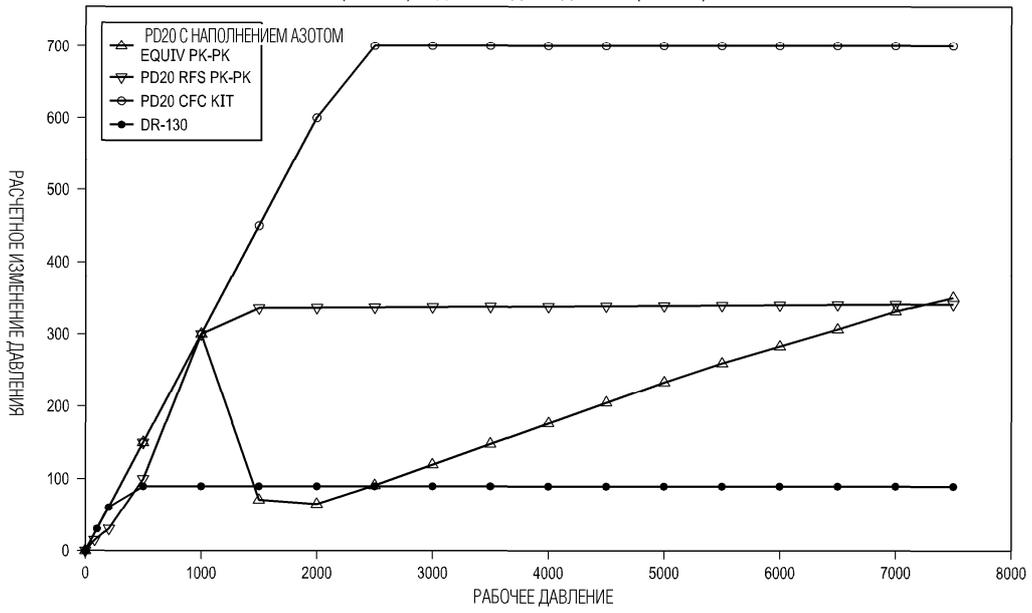
13. Демпфер пульсаций, содержащий:

корпус, имеющий внутреннюю полость и отверстие, обеспечивающее сообщение по текучей среде между внутренней полостью и потоком текучей среды, внешним относительно корпуса;

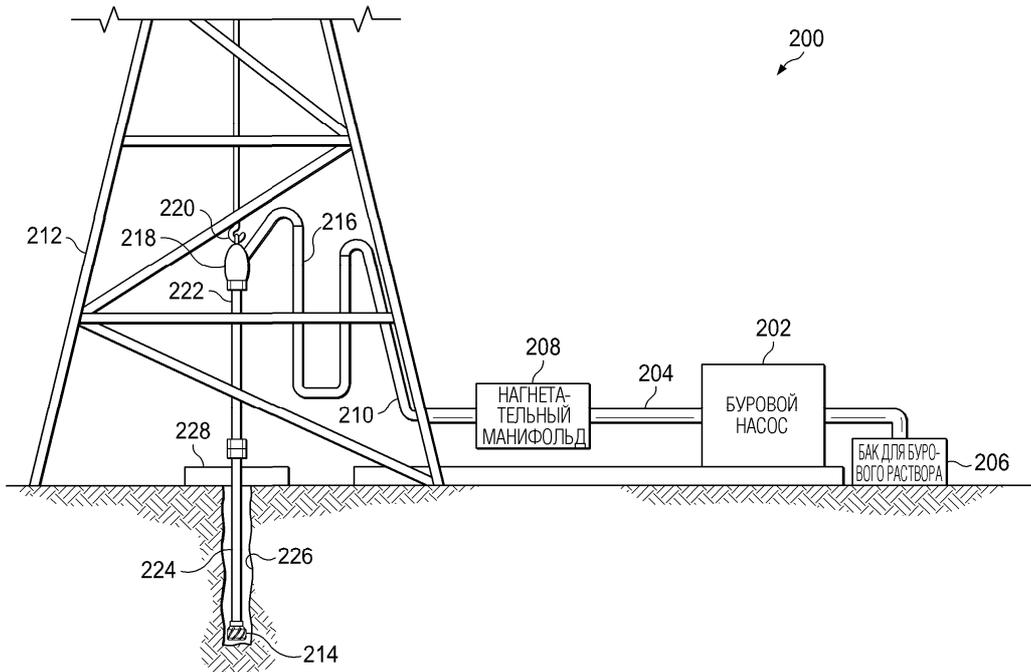
гибкую диафрагму, удерживаемую во внутренней полости и разделяющую внутреннюю полость на первую область и вторую область, при этом гибкая диафрагма контактирует по меньшей мере с некоторым количеством текучей среды из внешнего потока текучей среды, которое поступает во вторую область внутренней полости через отверстие; и

предварительно заданное количество жидкой реактивной текучей среды, находящейся внутри первой области внутренней полости и отделенной гибкой диафрагмой от указанного по меньшей мере некоторого количества текучей среды из внешнего потока текучей среды во внутренней полости, причем предварительно заданное количество жидкой реактивной текучей среды соответствует одной из множества выступающих линий наполнения на внутренней поверхности гибкой диафрагмы.

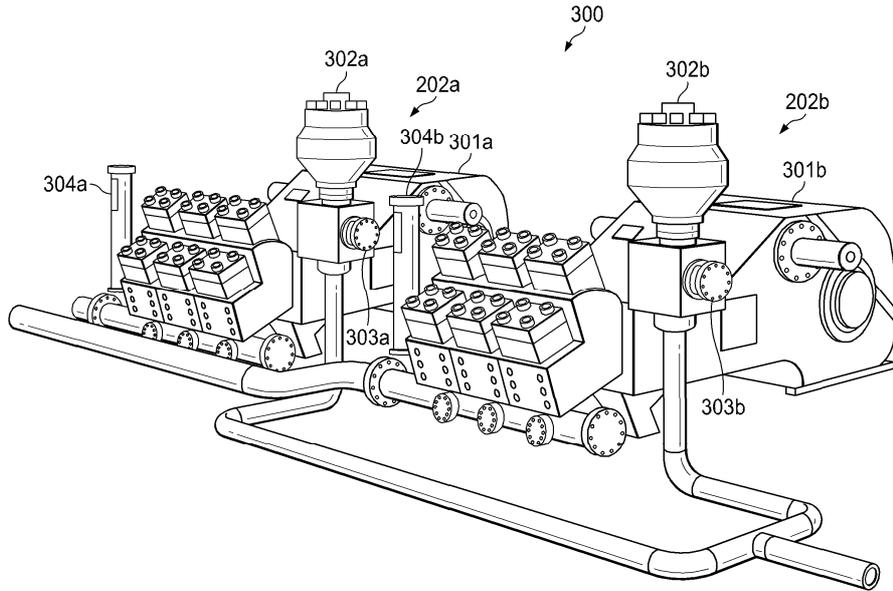
Сравнительные данные для сред/размеров, при диаметре поршня 5,5 (140 мм) × длине хода 12 дюймов (305 мм)



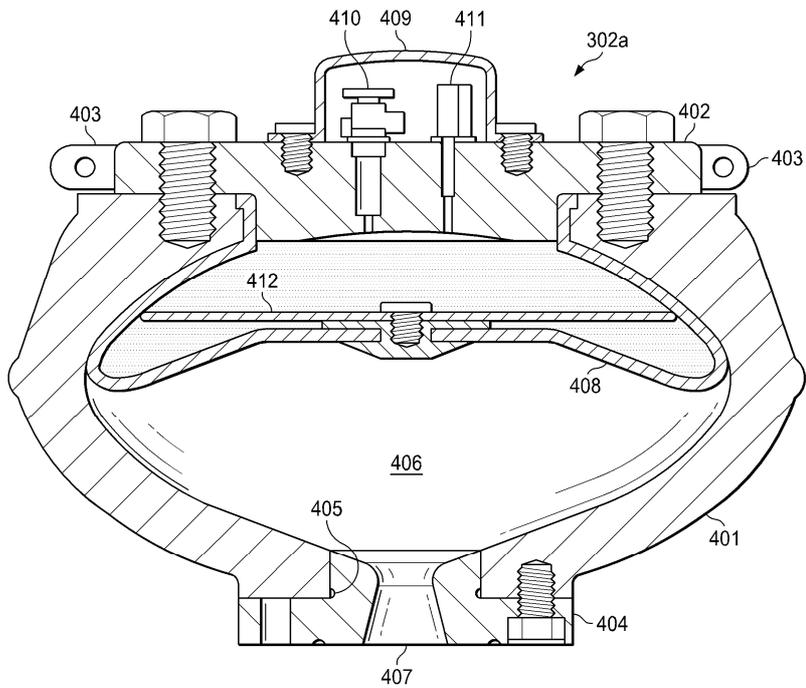
Фиг. 1



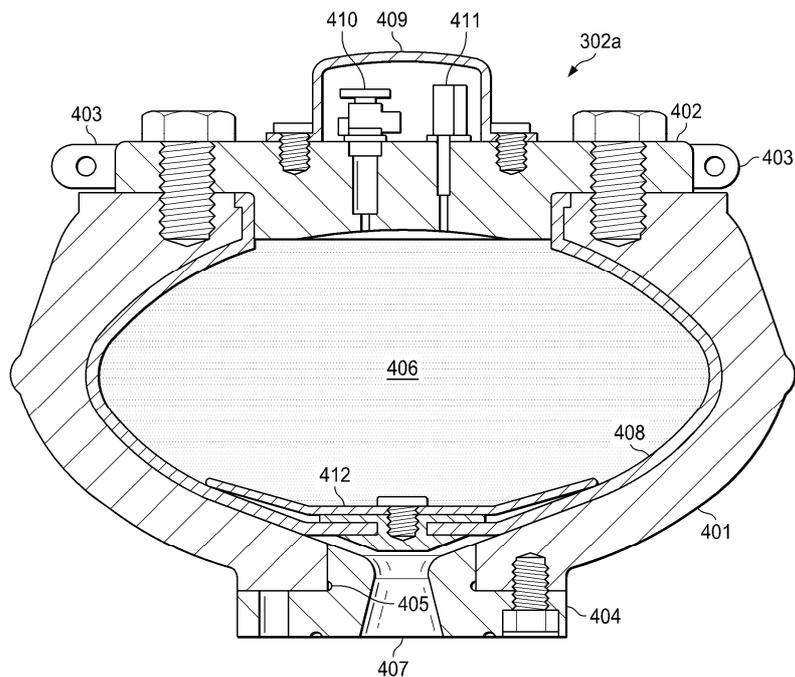
Фиг. 2



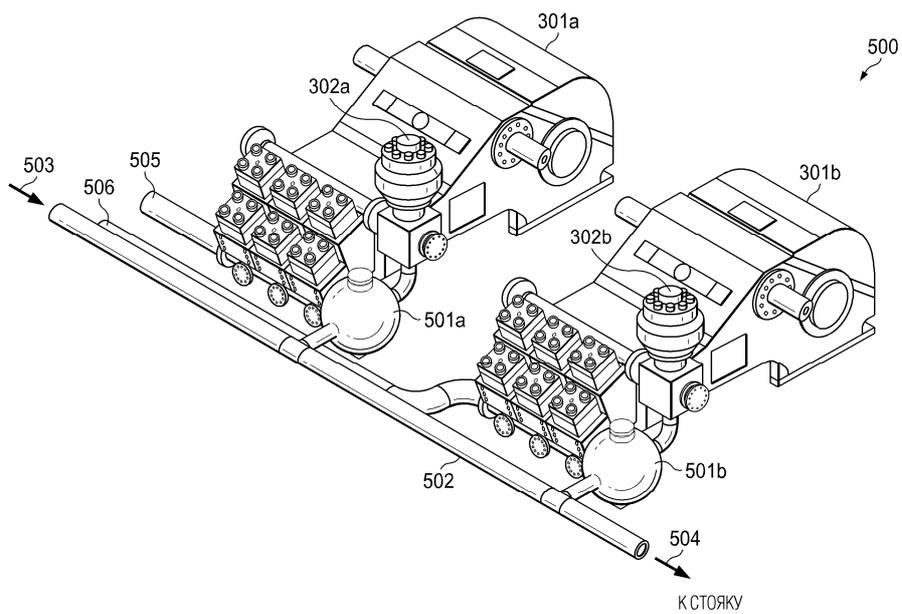
Фиг. 3



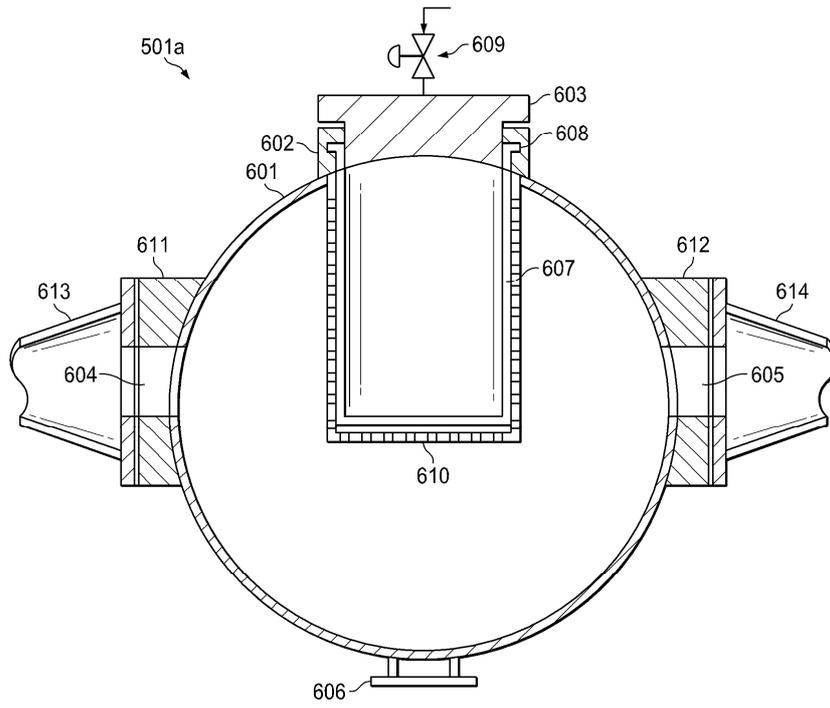
Фиг. 4А



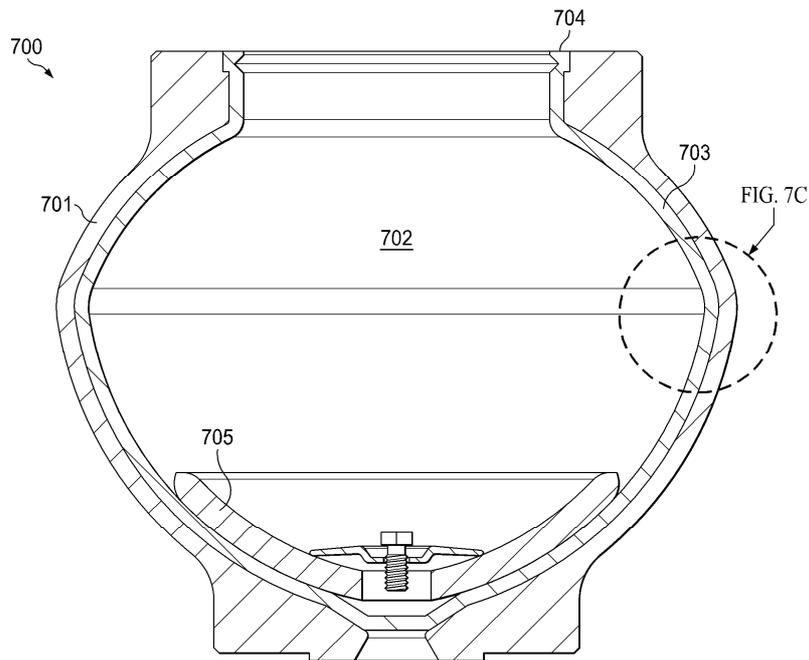
Фиг. 4В



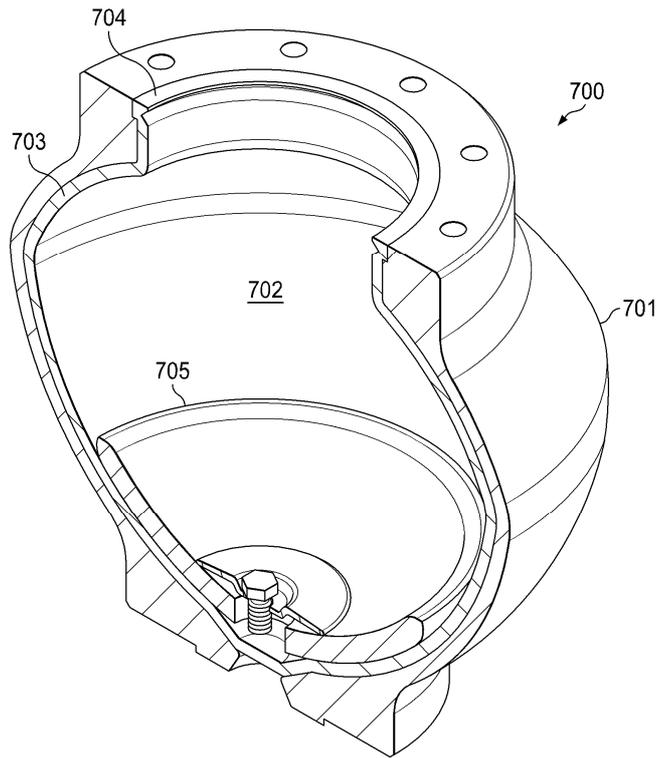
Фиг. 5



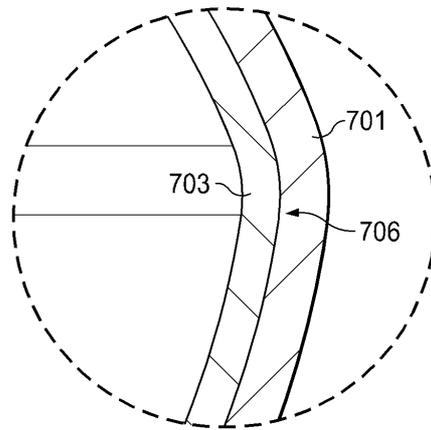
Фиг. 6



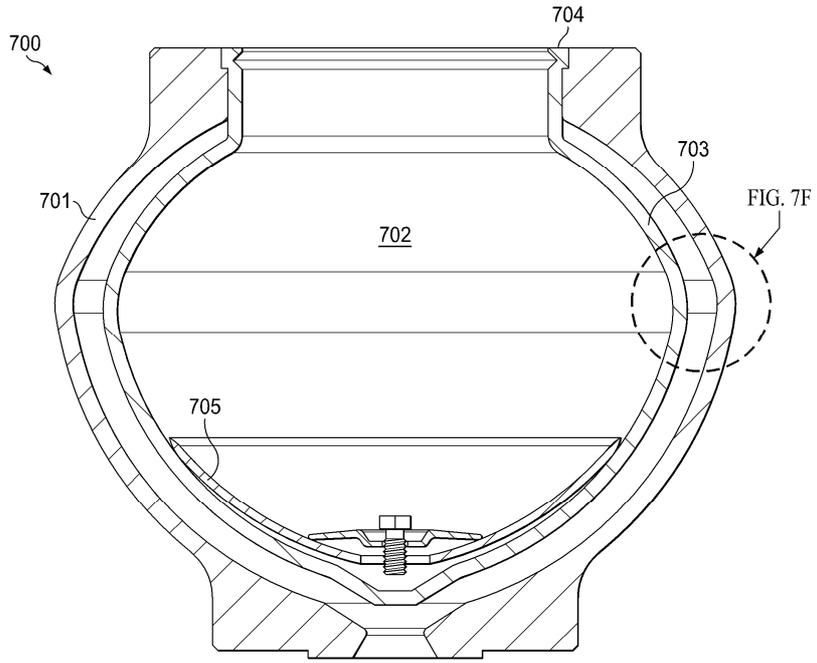
Фиг. 7А



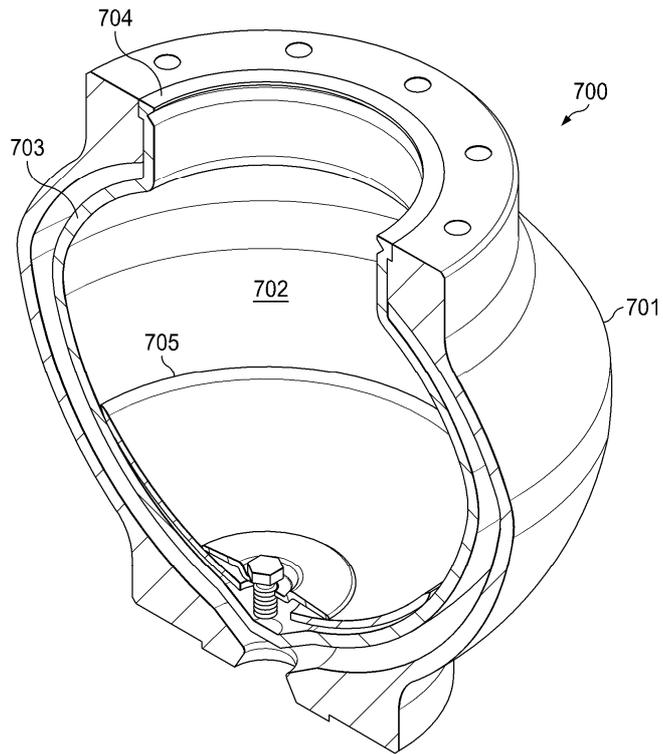
Фиг. 7В



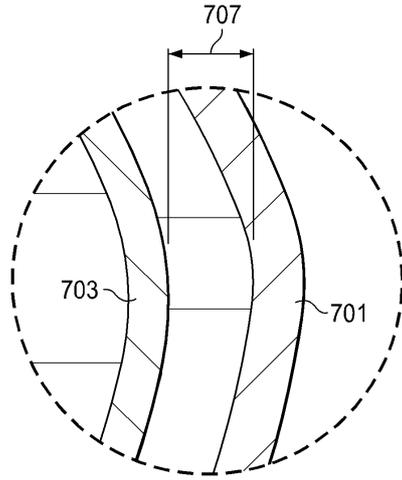
Фиг. 7С



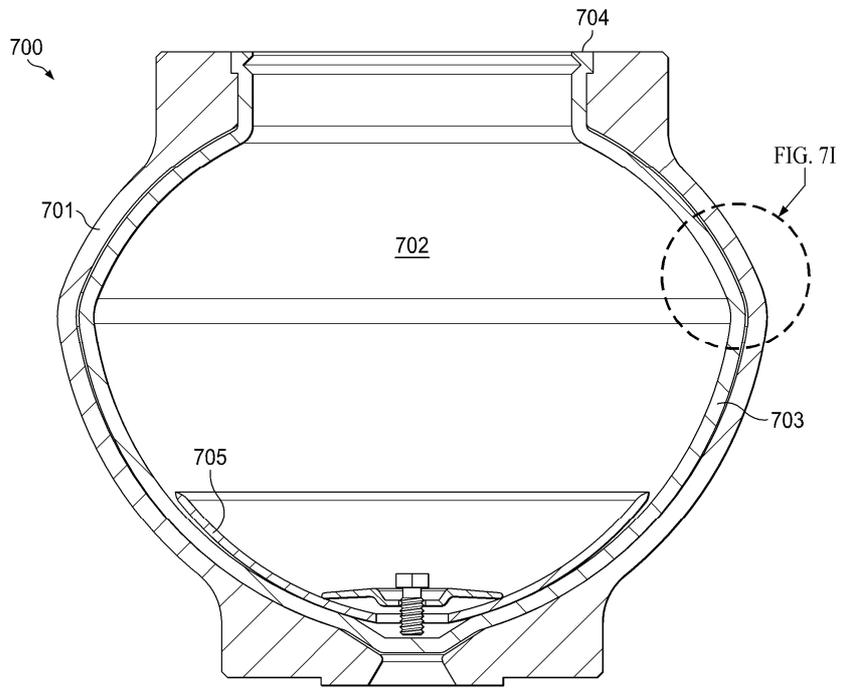
Фиг. 7D



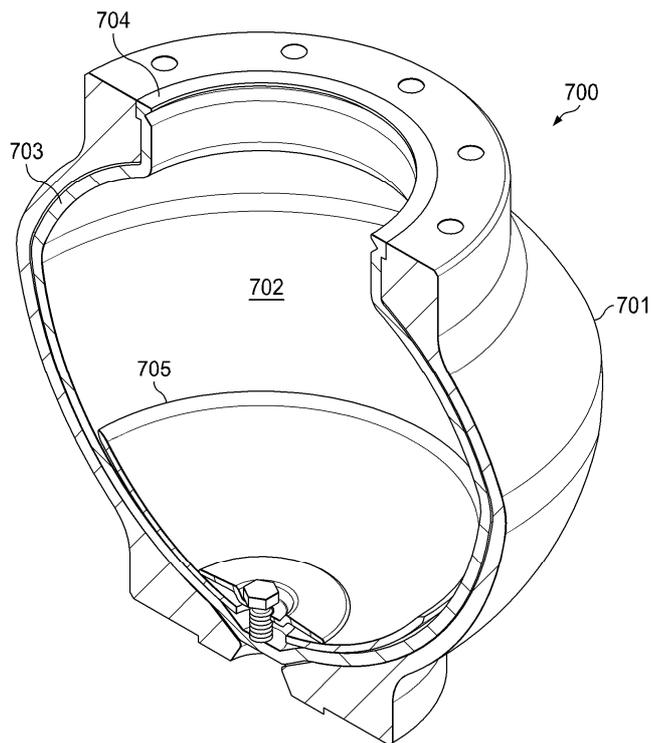
Фиг. 7E



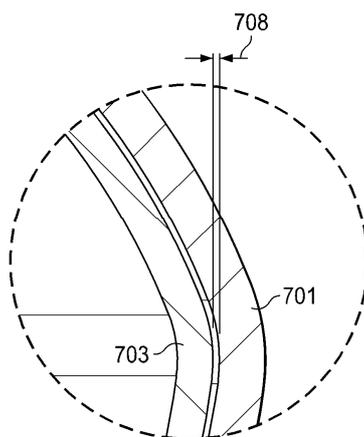
Фиг. 7F



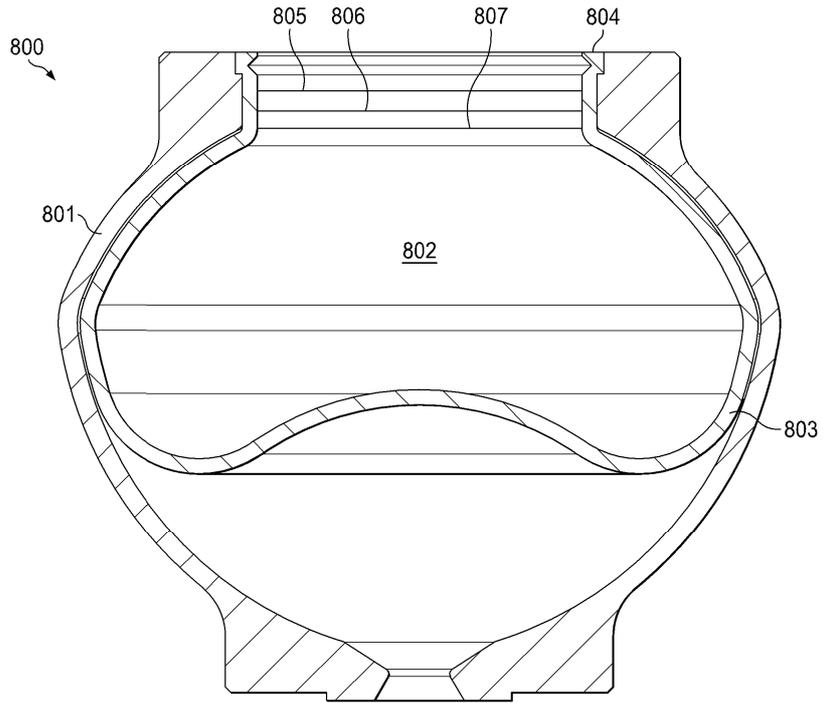
Фиг. 7G



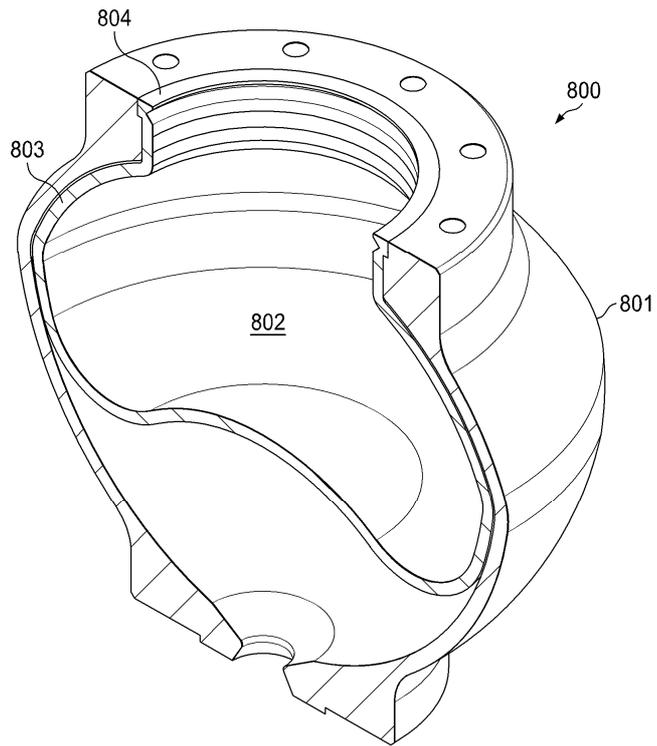
Фиг. 7H



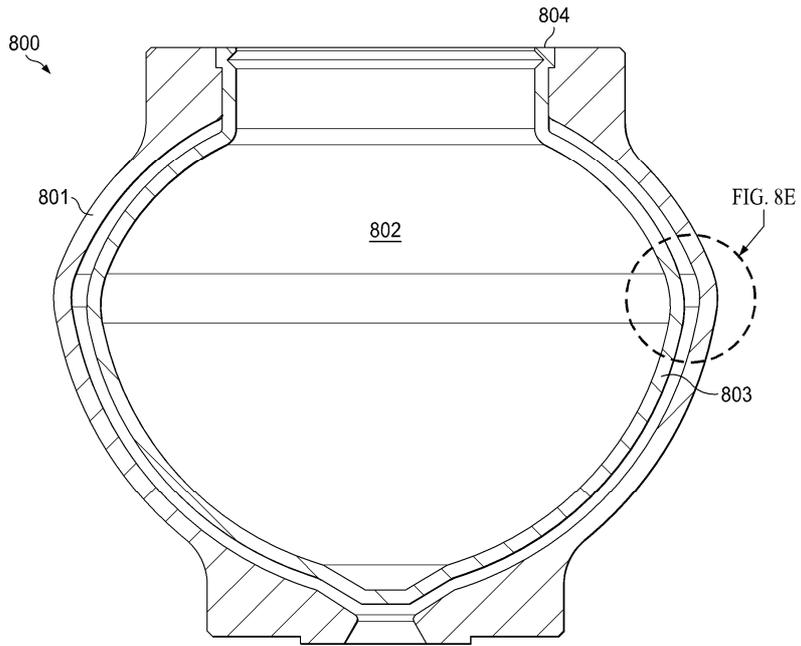
Фиг. 7I



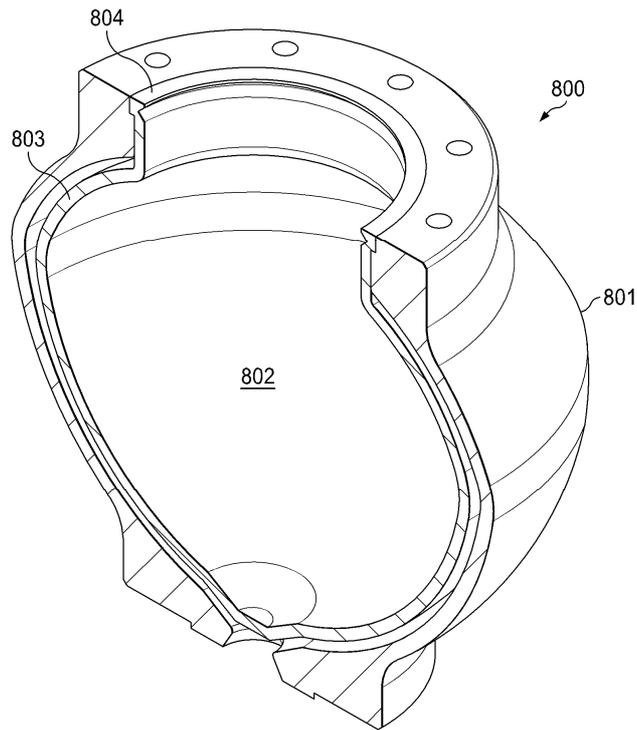
Фиг. 8А



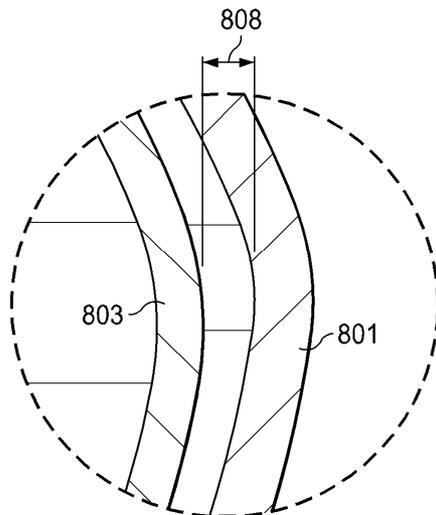
Фиг. 8В



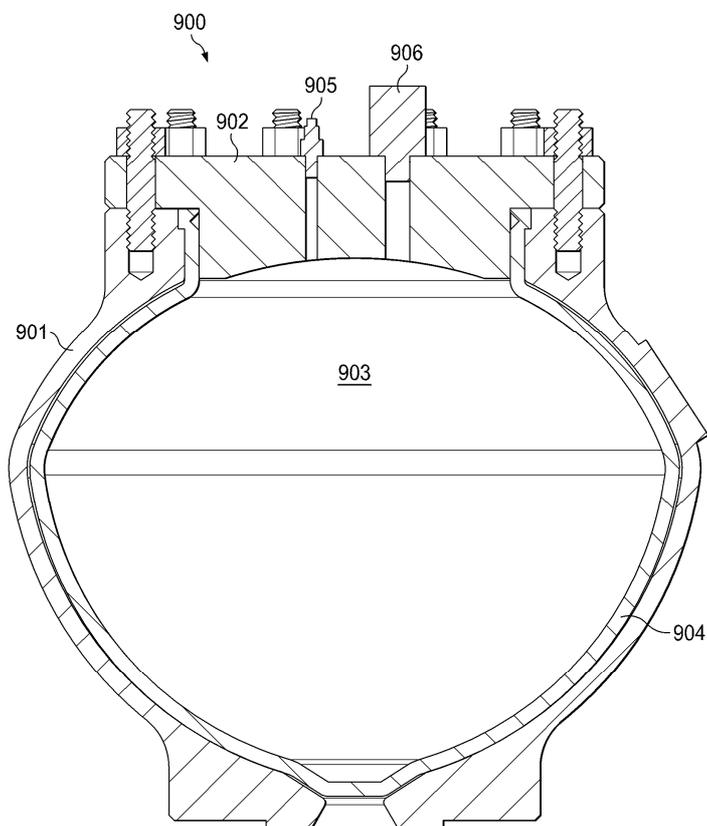
Фиг. 8С



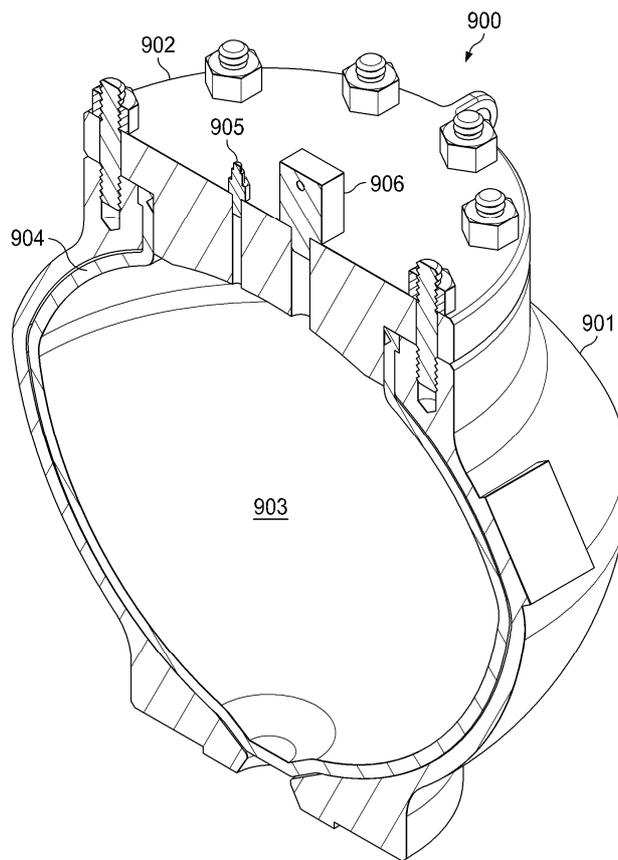
Фиг. 8D



Фиг. 8Е



Фиг. 9А



Фиг. 9В

