



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

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21), (22) Заявка: **2008135885/06, 01.09.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.09.2008(45) Опубликовано: **27.02.2010** Бюл. № 6(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **US 7108016 B2, 19.06.2006. US 5971027 A,
26.10.1999. US 6405760 B1, 18.01.2002. RU
2317473 C1, 20.02.2008. RU 2271478 C2,
10.03.2006.**

Адрес для переписки:

**190000, Санкт-Петербург, ВОХ 1234,
ЛЮМЭКС, А.А. Строганову (для И.С.
Бочаровой)**

(72) Автор(ы):

Строганов Александр Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Строганов Александр Анатольевич (RU)**(54) ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ АККУМУЛЯТОР С ГИБКИМ ПОРИСТЫМ
НАПОЛНИТЕЛЕМ**

(57) Реферат:

Аккумулятор предназначен для рекуперации гидравлической энергии в гидросистемах с высоким уровнем пульсаций. Аккумулятор включает корпус, в котором газовый и жидкостный порты соединяются соответственно с газовым и жидкостным резервуарами переменного объема, отделенными друг от друга подвижным разделителем. Гибкий пористый наполнитель заполняет газовый резервуар так, что перемещение разделителя, уменьшающее объем газового резервуара, сжимает указанный наполнитель. Наполнитель соединен с внутренними стенками газового резервуара с

возможностью растяжения наполнителя при перемещении разделителя, увеличивающем объем газового резервуара. Аккумулятор содержит средства защиты пограничного слоя наполнителя от разрыва, выполненные с возможностью уменьшать локальные деформации пограничного слоя наполнителя при рывках разделителя. Технический результат - предотвращается накопление остаточных деформаций наполнителя при многократных циклах рекуперации и разрушение при неравномерном движении разделителя с сильными рывками. 16 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 382 913 C1

RU 2 382 913 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008135885/06, 01.09.2008**

(24) Effective date for property rights:
01.09.2008

(45) Date of publication: **27.02.2010 Bull. 6**

Mail address:

**190000, Sankt-Peterburg, VOKh 1234,
LJuMEhKS, A.A. Stroganovu (dlja I.S.
Bocharovoj)**

(72) Inventor(s):

Stroganov Aleksandr Anatol'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Stroganov Aleksandr Anatol'evich (RU)

(54) HYDROPNEUMATIC ACCUMULATOR WITH SOFT CELLULAR FILLER

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: accumulator is provided for recovery of hydraulic energy in hydrosystems with high level of pulsing. Accumulator includes casing in which gaseous and liquid ports are connected correspondingly to gaseous and liquid vessels of variable volume, separated from each other by mobile separator. Soft cellular filler fills gaseous vessel so that displacement of separator, reducing capacity of gaseous vessel compresses mentioned filler. Filer is connected to inner walls of gaseous vessel with

ability of expansion of filler by means of separator, increasing capacity of gaseous vessel. Accumulator contains security facilities of interface of filler against disruption, implemented with ability of reduction of local deformation of interface of filler at jerking of separator.

EFFECT: there is prevented collection of permanent deformations of filler at multiple cycles of recover and destruction at irregular motion of separator with sharp jerking.

17 cl, 4 dwg

RU 2 382 913 C1

RU 2 382 913 C1

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для рекуперации гидравлической энергии в гидросистемах с высоким уровнем пульсаций потока и давления жидкости, в том числе, в системах с общей напорной магистралью, в гидравлических гибридных автомобилях, в частности, использующих двигатели со свободным поршнем, а также в системах с высокой скоростью нарастания потока и гидроударами, например, в литевом и кузнечно-прессовом оборудовании.

Уровень техники.

Гидропневматический аккумулятор (далее - аккумулятор) включает корпус, содержащий газовый резервуар переменного объема, заполняемый сжатым газом через газовый порт, а также жидкостный резервуар переменного объема, заполняемый жидкостью через жидкостный порт, причем указанные газовый и жидкостный резервуары отделены друг от друга разделителем, подвижным относительно корпуса. Как правило, аккумулятор заряжают азотом, до начального давления от единиц до десятков МПа.

Для рекуперации гидравлической энергии применяют аккумуляторы как с твердым разделителем в виде поршня, так и с эластичными разделителями, например, в виде эластичных полимерных мембран или баллонов [1], а также в виде металлических сильфонов [2]. Аккумуляторы с легкими полимерными разделителями хорошо сглаживают пульсации в гидросистеме, однако чаще требуют подзарядки газом из-за проницаемости полимерных разделителей. Сильный рывок разделителя при высокой скорости нарастания потока жидкости из аккумулятора (например, при резком падении давления в гидросистеме) может привести к разрушению полимерного разделителя. Поршневые аккумуляторы лучше сохраняют газ и устойчивы к высоким скоростям нарастания потока, однако при интенсивных пульсациях в гидросистеме вибрирующий характер движения поршня ускоряет износ уплотнений поршня. В аккумуляторах PistoFram фирмы HydroTrole [3] поршень содержит полость, которую эластичная мембрана разделяет на газовую и жидкостную части, сообщающиеся соответственно с газовым и жидкостным резервуарами аккумулятора. При высокочастотных пульсациях вибрирует не поршень, а легкая мембрана, сохраняя уплотнения поршня.

Как правило, аккумулятор содержит один газовый и один жидкостный резервуар переменного объема, давления газа и жидкости в которых равны. Аккумулятор [4] содержит один газовый и несколько жидкостных резервуаров переменного объема, коммутацией которых меняют соотношение между давлением газа в газовом резервуаре и давлением жидкости в гидросистеме. Для рекуперации гидравлической энергии аккумулятор, предварительно заполненный рабочим газом через газовый порт, соединяют через жидкостный порт с гидросистемой. При передаче энергии от гидросистемы в аккумулятор жидкость нагнетается из гидросистемы в аккумулятор, перемещая разделитель и сжимая в газовом резервуаре рабочий газ, давление и температура которого повышаются. При возврате энергии от аккумулятора в гидросистему сжатый газ расширяется, перемещая разделитель с уменьшением объема жидкостного резервуара и вытеснением из него жидкости в гидросистему. Давление и температура газа при этом понижаются.

Теплообмен газа со стенками газового резервуара, расстояние между которыми достаточно велико (десятки и сотни миллиметров), за счет теплопроводности газа незначителен. Поэтому процессы сжатия и расширения газа существенно неизотермичны, с большими температурными градиентами в газовом резервуаре. При повышении давления газа в 2-4 раза температура газа повышается на десятки и сотни

градусов, а в газовом резервуаре возникают конвективные потоки, в десятки и сотни раз увеличивающие теплопередачу на стенки газового резервуара. Нагретый при сжатии газ остывает, что приводит к снижению его давления и потерям запасенной энергии, особенно значительным при хранении запасенной энергии в аккумуляторе. При больших перепадах температур теплопередача необратима, т.е. большая часть тепла, отданного от сжатого газа стенкам аккумулятора, не может быть возвращена газу при расширении. Поэтому в гидросистему возвращается существенно меньшее количество гидравлической энергии при расширении газа, чем было получено при его сжатии.

Для уменьшения тепловых потерь в [4], [5], [6], [7] предложено помещать в газовый резервуар гибкий пористый наполнитель (вспененный эластомер), выполняющий функции теплового регенератора и изолятора. В аккумуляторе по [7], принятом нами за ближайший аналог, аккумулятор включает корпус, в котором жидкостный и газовый порты соединяются соответственно с жидкостным и газовым резервуарами переменного объема, отделенными друг от друга разделителем, подвижным относительно корпуса. Газовый резервуар переменного объема содержит гибкий пористый наполнитель в виде полимерной пены с открытыми порами, который заполняет газовый резервуар так, что при нагнетании жидкости в аккумулятор перемещение разделителя, уменьшающее объем газового резервуара, сжимает наполнитель, а при вытеснении жидкости из аккумулятора наполнитель расширяется вследствие собственной упругости. При сжатии наполнитель отбирает часть тепла от газа и уменьшает степень его нагрева, а при расширении отдает тепло газу и уменьшает степень его охлаждения. Малые (порядка 1 мм) размеры пор наполнителя в сотни раз снижают температурные градиенты при теплообмене между газом и наполнителем и значительно повышают обратимость теплообмена при сжатии и расширении газа. Пористая структура наполнителя предотвращает конвективный теплообмен газа со стенками газового резервуара, многократно снижая теплопередачу на стенки газового резервуара и соответствующие потери энергии. Поэтому практически все тепло, отданное газом наполнителю при сжатии, возвращается газу при расширении, а эффективность рекуперации значительно повышается [5], [6]. Теплоемкость пены может быть увеличена [5] за счет удельной теплоты плавления воска ($T_{\text{плав}} = 30-40^{\circ}\text{C}$), которым пропитывают пену.

Недостатком описанного решения является усталостная деградация вспененного эластомера при длительной эксплуатации, приводящая к ухудшению его упругих свойств и накоплению остаточных деформаций. В результате наполнитель теряет способность восстанавливать форму и заполнять весь объем газового резервуара, а эффективность рекуперации падает. В экспериментах [8] накопленная остаточная деформация достигает четверти исходного объема наполнителя и наблюдается рост потерь гидравлической энергии в поршневом аккумуляторе уже через 36000 циклов (400 часов) плавного (0,025 Гц) сжатия и расширения. Деградация пены существенно усиливается в реальных гидросистемах, где из-за высокочастотных пульсаций разделитель двигается неравномерно, с частыми рывками, особенно сильными в гидравлических гибридных автомобилях [9], использующих сильно пульсирующие двигатели со свободным поршнем [10] и фазово-регулируемые гидравлические преобразователи [11], а также в гидросистемах с общей напорной магистралью. При таком вибрирующем воздействии движущегося рывками разделителя наибольшей нагрузке и разрушению подвергается прилегающий к разделителю пограничный слой наполнителя. Его упругости недостаточно, чтобы

передать ускорение от разделителя на всю массу наполнителя. Если амплитуда вибрации разделителя соизмерима с размером пор, пограничный слой сминается и разрушается, после чего также разрушается следующий слой. Аналогичное разрушительное воздействие на пограничные слои пены оказывают гидроудары.

5 Эксплуатация при повышенных температурах, типичная в мобильных приложениях, также ускоряет процессы деградации пены. Кроме того, в описанном аккумуляторе не обеспечивается надежность при напуске газа в аккумулятор и выпуске газа из него. Напряжение разрыва существующих пен невелико, порядка 0,1-1 МПа. При быстрых
10 процессах напуска и выпуска газа в пене могут возникать значительно большие локальные перепады давления, особенно вблизи газового порта, где плотности потока газа максимальны, что вызовет разрушение пены. При напуске газа пена может быть повреждена с образованием полостей вблизи газового порта. При
15 выпуске газа пена может быть увлечена газовым потоком в газовый порт, что приведет как к потерям пены и образованию полостей, так и к выходу из строя запорных и предохранительных клапанов газового порта.

В силу вышеописанных недостатков, предлагавшееся еще в 1973 г. [5] улучшение эффективности рекуперации за счет наполнения газового резервуара пеной до сих пор
20 не воплотилось в промышленном производстве надежных и долговечных аккумуляторов.

Сущность изобретения.

Задачей настоящего изобретения является предотвращение накопления остаточных деформаций гибкого пористого наполнителя при многократных циклах рекуперации
25 гидравлической энергии и устранение влияния деградации материала наполнителя на эффективность рекуперации, предотвращение разрушения наполнителя при неравномерном движении разделителя с сильными рывками, предотвращение разрушения и потерь материала наполнителя и повреждений газового порта
30 аккумулятора при напуске и выпуске рабочего газа, а также повышение долговечности при повышенных температурах окружающей среды и создание тем самым долговечного и надежного гидропневматического аккумулятора для рекуперации гидравлической энергии с высокой эффективностью.

Для решения поставленной задачи предлагается гидропневматический аккумулятор
35 с гибким пористым наполнителем, включающий корпус, в котором выполнены жидкостный резервуар переменного объема, соединяющийся с жидкостным портом, и газовый резервуар переменного объема, соединяющийся с газовым портом. Указанные газовый и жидкостный резервуары отделены друг от друга разделителем,
40 подвижным относительно корпуса, а газовый резервуар содержит гибкий пористый наполнитель (далее -наполнитель), который заполняет газовый резервуар так, что перемещение разделителя, уменьшающее объем газового резервуара, сжимает наполнитель, причем наполнитель соединен с внутренними стенками газового резервуара с возможностью растяжения наполнителя при перемещении разделителя,
45 увеличивающем объем газового резервуара. Тем самым восстановление формы наполнителя после сжатия осуществляется принудительно, за счет использования упругости сжатого газа, перемещающего при своем расширении разделитель, который тянет прикрепленный к нему наполнитель и растягивает его.

50 Для предотвращения избыточных деформаций, способствующих усталостному разрушению и разрывам в примыкающем к разделителю пограничном слое наполнителя, и решения, таким образом, задачи предотвращения разрушения наполнителя при неравномерном движении разделителя с сильными рывками,

наполнитель содержит средства защиты пограничного слоя наполнителя от разрыва (далее - средства защиты), выполненные с возможностью уменьшать локальные деформации пограничного слоя наполнителя при рывках разделителя.

5 Предпочтительно выполнять указанные средства защиты с возможностью уменьшать локальные деформации растяжения наполнителя до величин, не превосходящих заданных пределов обратимых деформаций, при максимально сильных рывках разделителя.

10 Заданный предел обратимых деформаций зависит от выбора пористого материала наполнителя и от предварительной деформации этого материала, соответствующей максимальному объему газового резервуара. Наполнитель предпочтительно выполнен из вспененного эластомера с открытыми порами, например, пенополиуретана или вспененного латекса.

15 В предпочтительном по долговечности исполнении наполнитель выполняют так, чтобы при максимальном объеме газового резервуара пористый материал наполнителя был сжат вдоль направления перемещения разделителя с заданной степенью предварительного сжатия, не превосходящей 5. При этом предел обратимых деформаций растяжения задают как такое относительное удлинение, при котором
20 восстанавливается исходный размер пор недеформированного пористого материала.

Сила рывка разделителя характеризует динамику ускоренного движения разделителя и определяет степень нагрузки на примыкающий к разделителю пограничный слой наполнителя при увлечении его разделителем в ускоренное движение. Сила рывка тем больше, чем больше ускорение разделителя и амплитуда
25 его перемещения с ускорением.

Максимальная сила рывков разделителя может быть ограничена условиями эксплуатации, например, частотой и амплитудой пульсаций в гидросистеме. Для исполнений аккумулятора, предпочтительных для широкого применения,
30 максимальная сила рывков разделителя соответствует максимально возможной скорости нарастания потока жидкости из аккумулятора при мгновенном падении давления в гидросистеме от максимального до атмосферного.

Изобретение предусматривает пневматические или упругие исполнения средств защиты, а также их комбинации.

35 В пневматических исполнениях средства защиты включают по меньшей мере один газодинамический барьер, выполненный вблизи разделителя поперечно направлению рывков разделителя на выбранном от него расстоянии, превышающем средний размер пор пограничного слоя наполнителя, с выбранной газопроницаемостью вдоль
40 движения разделителя, меньшей, чем средняя газопроницаемость пористого материала наполнителя. Газодинамический барьер препятствует выравниванию давлений между разделенными им слоями тем сильнее, чем ниже его газопроницаемость и чем выше разница скоростей растяжения или сжатия этих слоев. С ростом интенсивности рывков разделителя растущий перепад давлений на газодинамическом барьере сильнее
45 ускоряет барьер и примыкающие к нему слои наполнителя, снижая тем самым нагрузку на примыкающий к разделителю пограничный слой наполнителя и уменьшая его локальные деформации.

Предлагаются газодинамические барьеры раздельного исполнения в виде мембран с отверстиями.
50

Предлагаются также газодинамические барьеры распределенного исполнения, выполненные как совокупность соединяющих поры каналов пониженной проницаемости. Предпочтительно выполнять наполнитель с неравномерной по

объему наполнителя проницаемостью каналов, а именно, пониженной вблизи разделителя и повышенной вблизи газового порта.

В упругих исполнениях средства защиты включают по меньшей мере один упругий элемент, соединяющий с разделителем внутренние слои наполнителя, отстоящие от разделителя на выбранную глубину, превышающую средний размер пор пограничного слоя наполнителя.

Предлагаются упругие элементы отдельного исполнения в виде упруго растяжимых полимерных полос или металлических пружин. В поршневых аккумуляторах такие упругие элементы закрепляются как на разделителе, так и на корпусе.

Предлагается также распределенное исполнение упругих элементов в виде усиленных стенок между порами в пограничном слое наполнителя, выполненных с повышением упругости по мере приближения к разделителю. Усиление стенок выполнено, например, понижением пористости и повышением плотности пористого материала в пограничном слое, либо введением в поры пограничного слоя более упругих полимерных материалов.

Решение задачи предотвращения потерь материала наполнителя при выпуске рабочего газа, а также повышения надежности работы газового порта аккумулятора, достигается тем, что газовый порт отделен от наполнителя фильтром, выполненным с возможностью пропускать газ и не пропускать материал наполнителя в газовый порт из газового резервуара аккумулятора, например, в виде мембраны, средний размер пор которой не превосходит средней толщины стенок между порами наполнителя, а среднее расстояние между порами которой меньше, чем средний поперечный размер каналов между порами наполнителя.

Решение задачи предотвращения повреждений и потерь материала наполнителя при напуске и выпуске газа достигается тем, что газовый порт содержит ограничитель потока, выполненный с возможностью ограничивать газовый поток через газовый порт так, что падение давления на нем при открытом газовом порту превосходит, предпочтительно в 10 и более раз, максимальную разницу давлений между разными областями наполнителя. Предлагается как отдельное исполнение с отдельным ограничителем потока в виде дросселя, отделенного от наполнителя фильтром, так и интегральное исполнение, в котором фильтр выполнен с вышеописанной возможностью ограничивать газовый поток, например, в виде объемной твердой пористой структуры с повышенным газодинамическим сопротивлением.

В исполнении аккумулятора, предпочтительном по скорости напуска и выпуска газа, вблизи газового порта наполнитель выполнен с повышенной газопроницаемостью, превосходящей среднюю проницаемость пористого материала наполнителя, что компенсирует повышенную плотность потока газа вблизи газового порта при напуске и выпуске газа и снижает перепады давления в наполнителе. Предлагаются как исполнения наполнителя с отдельными дренажными каналами в наполнителе, так и распределенные исполнения с выполнением наполнителя вблизи газового порта из пористого материала с повышенными сечениями каналов между порами. Также предлагаются исполнения наполнителя с повышенной упругостью вблизи газового порта, например, наполнитель, выполненный в этой области из более плотного пористого материала, но с увеличенными размерами пор и сечений каналов между ними.

Для повышения долговечности при повышенной температуре окружающей среды наполнителя, выполненного из вспененного эластомера, предусмотрено исполнение, в

котором наполнитель содержит материал, имеющий фазовый переход в диапазоне температур между максимальной температурой окружающей среды и максимально допустимой температурой использования наполнителя, например, пропитан углеводородами с температурой плавления в диапазоне 80-120°C.

5 Более подробно детали изобретения описываются в нижеприведенных примерах, иллюстрируемых чертежами, на которых представлены:

Фиг.1 - Аккумулятор с разделителем в виде поршня и пневматическими средствами защиты; ступенчатый вырез сектора.

10 Фиг.2 - Аккумулятор с эластичным разделителем в виде баллона и комбинированными пневматическими и упругими средствами защиты; осевой разрез.

Фиг.3 - Аккумулятор с эластичным разделителем в виде мембраны и упругими средствами защиты; осевой разрез и разрез в плоскости, перпендикулярной оси вращения.

15 Фиг.4 - Аккумулятор с разделителем в виде поршня и комбинированными пневматическими и упругими средствами защиты; ступенчатый вырез сектора.

Гидропневматические аккумуляторы по Фиг.1-4 включают корпус 1, в котором выполнены жидкостный резервуар 2 переменного объема, соединяющийся с жидкостным портом 3, и газовый резервуар 4 переменного объема, соединяющийся с газовым портом 5. Указанные газовый и жидкостный резервуары переменного объема отделены друг от друга разделителем 6. Газовый резервуар 4 содержит наполнитель 7, который заполняет газовый резервуар 4 так, что перемещение разделителя 6, уменьшающее объем газового резервуара 4, сжимает наполнитель 7. Наполнитель 7 соединен с внутренними стенками газового резервуара 4, а именно с корпусом 1 и разделителем 6, с возможностью растяжения наполнителя 7 при перемещении разделителя 6, увеличивающем объем газового резервуара 4. В поршневых аккумуляторах по Фиг.1 и Фиг.4 наполнитель приклеен к буферной вставке 8, установленной на разделителе 6. В баллонном аккумуляторе по Фиг.2 и в мембранном аккумуляторе по Фиг.3 наполнитель приклеен непосредственно к эластичному разделителю 6 и соединенным с ним упругим элементом 9. Во всех упомянутых аккумуляторах наполнитель 7 приклеен к корпусной вставке 10, установленной на корпусе 1.

35 Для рекуперации гидравлической энергии аккумулятор (Фиг.1-4), предварительно заполненный газом через газовый порт 5, соединяют через жидкостный порт 3 с гидросистемой. При передаче энергии в аккумулятор из гидросистемы жидкость через жидкостный порт 3 аккумулятора нагнетается в его жидкостный резервуар 2, разделитель 6 перемещается, уменьшая объем газового резервуара 4 и повышая давление и температуру газа в нем. Газ отдает часть тепла наполнителю 7, что снижает степень нагрева газа при сжатии, причем благодаря малым размерам пор теплообмен газа со стенками происходит обратимо, при малых разнице температур между стенками пор и газом в них. При хранении запасенной в аккумуляторе гидравлической энергии тепловые потери малы, т.к. уменьшение степени нагрева газа уменьшает теплопередачу на стенки корпуса за счет теплопроводности, а благодаря пористой структуре в наполнителе не возникает конвекционной передачи тепла к стенкам корпуса. При возврате энергии от аккумулятора в гидросистему сжатый газ расширяется, и разделитель 6 перемещается, уменьшая объем жидкостного резервуара 2 и вытесняя жидкость из него через жидкостный порт 3 в гидросистему. При этом разделитель 6 тянет прикрепленный к нему наполнитель 7, обеспечивая восстановление формы наполнителя и полноту заполнения расширяющегося газового

резервуара пористым материалом наполнителя. Благодаря сохранению малых расстояний между газом и стенками пор наполнителя 7, наполнитель эффективно возвращает газу полученную часть тепла. Таким образом, аккумулятор практически без потерь возвращает в гидросистему полученную от нее гидравлическую энергию, а восстановление формы наполнителя 7 в каждом цикле рекуперации, независимо от упругих свойств материала и его деградации, осуществляется принудительно, за счет использования упругости сжатого газа, перемещающего при своем расширении разделитель 6, который тянет прикрепленный к нему наполнитель 7 и растягивает его, не допуская накопления остаточных деформаций.

Для предотвращения избыточных деформаций, способствующих усталостному разрушению и разрывам в примыкающем к разделителю пограничном слое наполнителя, и решения, таким образом, задачи предотвращения разрушения наполнителя при неравномерном движении разделителя с сильными рывками, аккумулятор содержит средства защиты, выполненные с возможностью уменьшать локальные деформации пограничного слоя наполнителя при рывках разделителя. Изобретение предусматривает пневматические или упругие исполнения средств защиты, а также их комбинации. В аккумуляторе по Фиг.1 выполнены пневматические средства защиты, в аккумуляторах по Фиг.3 - упругие средства защиты, а в аккумуляторах по Фиг.2 и Фиг.4 сочетаются пневматические и упругие средства защиты.

В поршневом аккумуляторе на Фиг.1 средства защиты включают газодинамические барьеры в виде мембран 11 с отверстиями 12, расположенных поперечно направлению движения разделителя 6.

Баллонный аккумулятор по Фиг.2 содержит комбинированные пневматические и упругие средства защиты. В зоне малых амплитуд перемещения разделителя (т.е. вблизи газового порта 5), указанные средства защиты выполнены упругими элементами 9, толщина которых уменьшается по мере углубления в материал наполнителя. Упругие элементы 9 сформированы на разделителе 6 из того же эластичного полимерного материала, что и сам разделитель 6. В других исполнениях упругий элемент может быть выполнен в виде совокупности стенок между порами с повышенной упругостью вблизи разделителя, превышающей среднюю упругость стенок между порами наполнителя. В таком случае повышение упругости стенок в пограничном слое производится путем снижения пористости и повышения плотности материала пористого наполнителя или же путем пропитки его упругим клеем.

В зоне же больших амплитуд перемещения разделителя 6 наполнитель 7 снабжен также пневматическими средствами защиты в виде газодинамических барьеров, выполненных как совокупность мембран 11 с отверстиями 12, расположенных поперечно направлению движения разделителя 6.

Мембраны 11 на Фиг.1 и Фиг.2 выполнены с увеличением проницаемости и увеличением расстояния между ними по мере удаления от разделителя 6. На Фиг.1 к мембранам 11, выполненным из полимерной пленки, приклеены прилегающие слои пористого материала наполнителя 7. На Фиг.2 слои пористого материала наполнителя 7 склеены друг с другом эластичным клеем, формирующим эластичные мембраны 11 между ними.

В аккумуляторах по Фиг.1 и Фиг.2 газодинамические барьеры могут быть выполнены распределенными, а именно как совокупность каналов пониженной проницаемости, соединяющих поры наполнителя 7. В таком случае предпочтительно выполнять наполнитель 7 с неравномерной по его объему проницаемостью каналов, а

именно, пониженной вблизи разделителя 6 и повышенной вблизи газового порта 5.

В мембранном аккумуляторе по Фиг.3 средства защиты содержат упругие элементы 9 в виде концентрических гофрированных трубок из эластичного полимерного материала, так что по мере удаления от разделителя толщина стенок трубок уменьшается, а кривизна гофры увеличивается, что обеспечивает плавное понижение упругости. Наполнитель 7 приклеен к разделителю 6, к упругим элементам 9 и к корпусной вставке 10, установленной на корпусе 1 с коллекторным зазором 13 между ними.

В поршневом аккумуляторе по Фиг.4 средства защиты включают совокупность расположенных поперечно направлению движения разделителя 6 упругих мембран 14 с отверстиями 15, объединенных в многослойную листовую пружину 16, с одной стороны прикрепленную к разделителю 6, а с другой через корпусную вставку 10 прикрепленную к корпусу 1. К упругим мембранам 14 приклеены прилегающие слои пористого материала наполнителя 7. Упругие мембраны 14 предпочтительно выполнены из металла и являются одновременно газодинамическими барьерами и упругими элементами. Их газопроницаемость повышена вблизи газового порта 5 за счет увеличения диаметра отверстий 15 и их количества.

При работе аккумулятора в составе гидросистемы с высокочастотными пульсациями или с высокими скоростями нарастания потока и гидроударами разделитель 6 движется неравномерно, с сильными рывками, вызывающими локальные деформации растяжения или сжатия наполнителя 7 в примыкающем к разделителю 6 пограничном слое. Так, при высокой скорости нарастания потока жидкости из аккумулятора, например, вследствие резкого падения давления в гидросистеме, разделитель 6 с большим ускорением движется рывком в сторону жидкостного порта (вверх на Фиг.1 и Фиг.4, вверх и в стороны на Фиг.2 и Фиг.3), увлекая за собой прикрепленный к нему наполнитель 7.

Пневматические средства защиты по Фиг.1, Фиг.2, Фиг.4 работают следующим образом. Из-за высокого газодинамического сопротивления мембран 11 или 14 на каждой из них со стороны, обращенной к разделителю 6, возникает разрежение, а с противоположной стороны - избыточное давление. Возникающие перепады давлений толкают каждую мембрану 11 или 14 к разделителю 6 и мембраны увлекают за собой прилегающие к ним слои наполнителя 7, уменьшая нагрузку на пограничный слой наполнителя и его локальные деформации растяжения, распределяя растяжение в глубину наполнителя. Увеличение проницаемости и расстояния между мембранами по мере удаления от разделителя обеспечивает плавное понижение ускорений мембран и связанных с ними слоев пористого материала наполнителя, что обеспечивает равномерность распределения деформаций и предотвращает избыточные деформации не только в пограничном слое, но и в объеме наполнителя. Аналогичным образом, при рывках разделителя в обратную сторону, перепады давления толкают мембраны 11 или 14 от разделителя 6, что уменьшает локальные деформации сжатия в пограничном слое.

Упругие средства защиты по Фиг.2-4 работают следующим образом. При движении разделителя неравномерно, с сильными рывками, упругие элементы аккумуляторов вовлекают в ускоренное движение примыкающие к ним слои пористого материала наполнителя, распределяя ускорения и соответствующие инерциальные нагрузки и деформации на большую глубину наполнителя, уменьшая тем самым локальные деформации его пограничного слоя. Уменьшение упругости упругих элементов 9 по мере удаления от разделителя, как на Фиг.2, Фиг.3, или соединение с корпусом

упругого элемента в виде многослойной листовой пружины 16, как на Фиг.4, обеспечивает плавное понижение ускорений связанных с ними слоев пористого материала наполнителя, что обеспечивает равномерность распределения деформаций и предотвращает избыточные деформации не только в пограничном слое, но и в объеме наполнителя.

Во всех вышеприведенных исполнениях предпочтительно выполнять указанные средства защиты с возможностью уменьшать локальные деформации растяжения наполнителя до величин, не превосходящих заданных пределов обратимых деформаций, при максимально сильных рывках разделителя.

Максимальная сила рывков разделителя 6 может быть ограничена условиями эксплуатации. Например, если аккумулятор предназначен для использования в гидравлическом гибридном автомобиле с двигателем со свободным поршнем, рабочий объем и максимальная частота тактов вытеснения двигателя определяют максимальное ускорение и амплитуду перемещений разделителя и максимальную силу его рывков. При работе аккумулятора с несколькими пульсирующими источниками и нагрузками, например, в общей напорной магистрали, максимальная сила рывка определяется как суммарная по всем источникам и нагрузкам.

Для аккумулятора широкого применения предпочтительно определять ускорение и амплитуду ускоренного перемещения разделителя и максимальную силу его рывка по максимально возможной скорости нарастания потока жидкости из аккумулятора при мгновенном падении давления в гидросистеме от максимального до атмосферного.

Максимальная скорость нарастания потока жидкости из аккумулятора определяется в первую очередь гидродинамическими характеристиками его жидкостного порта 3. В аккумуляторах по Фиг.2 и Фиг.3 жидкостный порт 3 содержит тарельчатый клапан 17, ограничивающий поток жидкости и скорость его нарастания, что уменьшает максимальную силу рывка разделителя. В мембранном аккумуляторе по Фиг.3 жидкостный порт 3 с тарельчатым клапаном 17 выполнен с таким уровнем ограничения потока жидкости, который позволяет ограничиться только упругими средствами защиты.

Заданный предел обратимых деформаций зависит от выбора пористого материала наполнителя и от предварительной деформации этого материала, соответствующей максимальному объему газового резервуара.

Наполнитель предпочтительно выполнен из вспененного эластомера с открытыми порами, например, пенополиуретана или вспененного латекса, с размерами пор от десятых долей до единиц миллиметров. Предпочтительно по долговечности выполнять наполнитель так, чтобы при максимальном объеме газового резервуара пористый материал наполнителя был сжат вдоль направления перемещения разделителя с заданной степенью предварительного сжатия, не превосходящей 5, а предел обратимых деформаций задавать при этом как такое относительное удлинение, при котором восстанавливается исходный размер пор недеформированного пористого материала. Так, например, если для наполнителя с размером пор 1 мм степень предварительного сжатия выбрана равной 1.8, давление зарядки газа равно 9 МПа, то при минимальном давлении в гидросистеме 10 МПа поры можно растянуть до 2 раз (от 0,5 до 1 мм), а при давлении 25 МПа - до 5 раз (от 0,2 до 1 мм). Растяжение сжатых пор до размера, не превосходящего исходный размер, предохраняет стенки пор от необратимого циклического растяжения, истончения и разрыва.

Исходя из заданных пределов обратимых деформаций и максимальной силы рывков разделителя, при известной плотности и упругости пористого материала

наполнителя, выбирают количество, формы и расположение газодинамических барьеров, или упругих элементов, а также их проницаемость или упругость соответственно. Более сильные рывки разделителя и меньшие пределы обратимых деформаций требуют выполнять газодинамические барьеры или упругие элементы чаще, с меньшей толщиной слоев между ними, причем газодинамические барьеры выполняются с меньшей газопроницаемостью, а упругие элементы с большей упругостью упругих элементов вблизи разделителя и с большей глубиной проникновения упругих элементов в наполнитель.

Таким образом, при любых рывках разделителя не возникает необратимых локальных растяжений пористого материала наполнителя, что предотвращает его разрушение.

Для предотвращения повреждений и потерь материала наполнителя при напуске и выпуске газа, а также для повышения надежности работы газового порта в аккумуляторах по Фиг.1-4 между корпусной вставкой 10 и газовым портом 5 установлен фильтр 18, выполненный из пористого металла с возможностью пропускать газ и не пропускать материал наполнителя и ограничивать поток газа при его напуске и выпуске так, что падение давления на нем при открытом газовом порту превосходит, предпочтительно в 10 и более раз, максимальную разницу давлений между разными областями наполнителя. Возможны также исполнения с отдельным ограничителем газового потока в виде дросселя, отделенного от наполнителя фильтром, выполненным с возможностью пропускать газ и не пропускать материал наполнителя в газовый порт из газового резервуара аккумулятора, например, в виде мембраны, средний размер пор которой не превосходит средней толщины стенок между порами наполнителя, а среднее расстояние между порами которой меньше, чем средний поперечный размер каналов между порами наполнителя.

Для повышения газопроницаемости вблизи газового порта 5 в наполнителе 7 выполнены дренажные каналы 19, сечение которых уменьшается по мере углубления в материал наполнителя. Дренажные каналы 19 через отверстия 20 в корпусной вставке 10 сообщаются с фильтром 18, либо непосредственно, либо через коллекторный зазор 13.

Во всех упомянутых аккумуляторах предлагается также распределенное исполнение дренажных каналов 19, в котором вблизи газового порта 5 наполнитель 7 выполняется из пористого материала с повышенными сечениями каналов между порами.

Во всех упомянутых аккумуляторах предпочтительно выполнять наполнитель с повышенной упругостью вблизи газового порта 5, а именно из более плотного пористого материала, но с увеличенными размерами пор и сечений каналов между ними.

Ограничение потока газа при напуске и выпуске уменьшает суммарный перепад давления между разными частями наполнителя, а дренажные каналы 19 вместе с отверстиями 20 в корпусной вставке 10 и коллекторным зазором 13 между ней и корпусом 1 равномерно распределяют внутренние газовые потоки и соответствующие градиенты давления, предотвращая разрушение пористого материала наполнителя вблизи газового порта. Повышенная упругость материала наполнителя вблизи газового порта позволяет производить выпуск и напуск с повышенной скоростью. При выпуске газа фильтр 18 задерживает пористый материал наполнителя, предотвращая его увлечение в газовый порт и обеспечивая долговечность наполнителя и надежность газового порта.

Аккумулятор может иметь дополнительный газовый порт аварийного сброса. В таком случае дополнительный газовый порт снабжен такими же средствами предотвращения повреждений и потерь материала наполнителя, как и основной газовый порт.

5 В поршневых аккумуляторах (по Фиг.1, 4) средства защиты предусматривают также предотвращение скручивания наполнителя 7, как при сборке аккумулятора, так и при поворотах разделителя 6, возможных при его перемещении. Скручивание предотвращается, например, за счет возможности вращения буферной 8 или
10 корпусной 10 вставок относительно разделителя 6 или корпуса 1 соответственно.

Поршневые аккумуляторы могут иметь поршень с полостью и мембраной в ней, разделяющей полость на жидкостную и газовую части, сообщающиеся через окна в поршне с жидкостным и газовым резервуарами соответственно. В таких исполнениях наполнитель выполнен с повышенной упругостью и повышенной проницаемостью
15 вблизи окон в поршне, что обеспечивает сохранность материала наполнителя и хороший газообмен между полостью и газовым резервуаром при колебаниях мембраны.

Любой из упомянутых аккумуляторов для повышения долговечности при
20 повышенной температуре окружающей среды предпочтительно выполнять с наполнителем, содержащим материал, имеющий фазовый переход в диапазоне температур между максимальной температурой окружающей среды и максимально допустимой температурой использования наполнителя, например, пропитанный углеводородами с температурой плавления в диапазоне 80-120°C. При высоких
25 температурах окружающей среды, например, при 40-60°C, температура газа и наполнителя при сжатии растет до достижения температуры фазового перехода, после чего плавление углеводородов поглощает большое количество теплоты, снижая степень нагрева и предотвращая достижение температур, опасных для материала
30 наполнителя. Таким образом, предложенные решения:

- предотвращают разрушение и деградацию пористого материала теплоизолирующего наполнителя при работе гидропневматического аккумулятора в составе гидросистемы с высокими скоростями нарастания потока и гидроударами, вызывающими сильные рывки разделителя;
- 35 - обеспечивают защиту материала наполнителя от разрушений и потерь, а газового порта аккумулятора от повреждений, при напуске и выпуске рабочего газа, в результате чего предложенный аккумулятор обладает высокой эффективностью, надежностью и долговечностью, в том числе, при повышенных температурах.

40 Вышеописанные исполнения являются примерами воплощения основного замысла настоящего изобретения, которое предполагает также множество других вариантов исполнения, не описанных здесь подробно, например, исполнения аккумуляторов, содержащие в одном корпусе один газовый и несколько жидкостных резервуаров переменного объема.

45 Источники информации

1. Л.С.Столбов, А.Д.Петрова, О.В.Ложкин «Основы гидравлики и гидропривод станков», Москва, «Машиностроение», 1988, стр.172
2. Патент US 6405760
3. <http://www.hydrotrolle.co.uk/>
- 50 4. Патент US 5971027
5. Otis D.R., "Thermal Losses in Gas-Charged Hydraulic Accumulators", Proceedings of the Eighth Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Aug. 1973, pp.198-201

6. Pourmovahed A., S.A Baum, F.J.Fronczak, N.H.Beachley "Experimental Evaluation of Hydraulic Accumulator Efficiency With and Without Elastomeric Foam", Proceedings of the Twenty-second Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Philadelphia, PA, Aug. 10-14, 1987, paper 87-9090

5 7. Патент US 7108016

8. Pourmovahed A., "Durability Testing of an Elastomeric Foam for Use in Hydraulic Accumulators", Proceedings of the Twenty-third Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Denver, CO, July 31-Aug. 5, 1988. Volume 2 (A89-15176 04-44)

10 9. Peter A.J. Achten, "Changing the Paradigm", Proceedings of the Tenth Scandinavian International Conference on Fluid Power, May 21-23, 2007, Tampere, Finland, Vol.3, pp.233-248

10. Peter A.J.Achten, Joop H.E.Somhorst, Robert F. van Kuilenburg, Johan P.J. van den Oever, Jeroen Potma "CPR for the hydraulic industry: The new design of the Innas Free Piston Engine", Hydraulikdagarna'99, May 18-19, Linkoping University, Sweden

15 11. Peter A.J.Achten, "Dedicated Design of the Hydraulic Transformer", Proceedings of the IFK 3, Vol.2, IFAS Aachen, pp.233-248

Формула изобретения

20 1. Гидропневматический аккумулятор с гибким пористым наполнителем, включающий корпус, в котором выполнены жидкостный резервуар переменного объема, соединяющийся с жидкостным портом, и газовый резервуар переменного объема, соединяющийся с газовым портом, причем газовый и жидкостный резервуары переменного объема отделены друг от друга разделителем, подвижным относительно
25 корпуса, а газовый резервуар содержит гибкий пористый наполнитель, который заполняет газовый резервуар так, что перемещение разделителя, уменьшающее объем газового резервуара, сжимает указанный наполнитель, отличающийся тем, что наполнитель соединен с внутренними стенками газового резервуара с возможностью
30 растяжения наполнителя при перемещении разделителя, увеличивающем объем газового резервуара.

2. Аккумулятор по п.1, отличающийся тем, что наполнитель содержит средства защиты пограничного слоя наполнителя от разрыва, выполненные с возможностью
35 уменьшать локальные деформации примыкающего к разделителю пограничного слоя наполнителя, при рывках разделителя.

3. Аккумулятор по п.2, отличающийся тем, что средства защиты пограничного слоя наполнителя от разрыва выполнены с возможностью уменьшать локальные деформации растяжения наполнителя до величин, не превосходящих заданных
40 пределов обратимых деформаций, при максимально сильных рывках разделителя.

4. Аккумулятор по п.3, отличающийся тем, что наполнитель выполнен так, чтобы при максимальном объеме газового резервуара пористый материал наполнителя был сжат вдоль направления перемещения разделителя с заданной степенью предварительного сжатия, предпочтительно не превосходящей 5, а предел обратимых
45 деформаций растяжения при этом задают как такое относительное удлинение, при котором восстанавливается исходный размер пор недеформированного пористого материала.

5. Аккумулятор по п.3, отличающийся тем, что указанная максимальная сила рывков разделителя определяется максимально возможной скоростью нарастания
50 потока жидкости из жидкостного резервуара, которая может возникнуть при мгновенном падении давления в присоединенной к аккумулятору гидросистеме от максимального до атмосферного.

5 6. Аккумулятор по п.2, отличающийся тем, что средства защиты пограничного слоя наполнителя от разрыва включают, по меньшей мере, один газодинамический барьер, выполненный вблизи разделителя поперечно направлению рывков разделителя на выбранном от него расстоянии, превышающем средний размер пор пограничного слоя, с выбранной газопроницаемостью вдоль движения разделителя, меньшей, чем средняя газопроницаемость пористого материала наполнителя.

7. Аккумулятор по п.6, отличающийся тем, что указанный газодинамический барьер выполнен в виде мембраны с отверстиями.

10 8. Аккумулятор по п.6, отличающийся тем, что указанный газодинамический барьер выполнен как совокупность соединяющих поры наполнителя каналов пониженной проницаемости вблизи разделителя.

15 9. Аккумулятор по п.2, отличающийся тем, что средства защиты пограничного слоя наполнителя от разрыва включают, по меньшей мере, один упругий элемент, соединяющий с разделителем внутренние слои наполнителя, отстоящие от разделителя на выбранную глубину, превышающую средний размер пор пограничного слоя наполнителя.

20 10. Аккумулятор по п.9, отличающийся тем, что разделитель и упругий элемент выполнены из одного и того же эластичного материала.

11. Аккумулятор по п.9, отличающийся тем, что разделитель выполнен в виде поршня, а упругий элемент выполнен в виде металлической пружины, соединенной с разделителем и корпусом аккумулятора.

25 12. Аккумулятор по п.9, отличающийся тем, что указанный упругий элемент выполнен в виде совокупности стенок между порами с повышенной упругостью вблизи разделителя, превышающей среднюю упругость стенок между порами наполнителя.

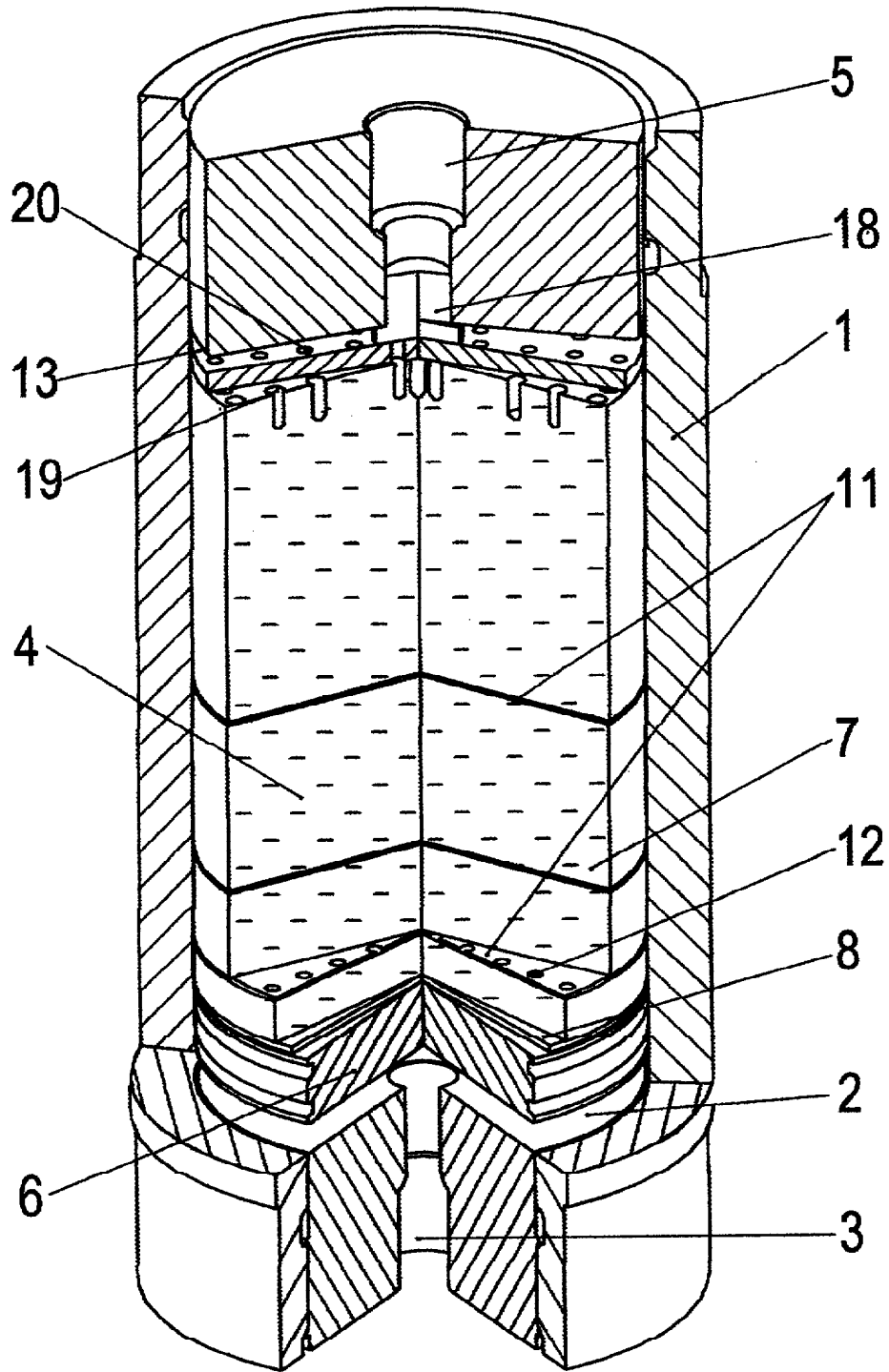
30 13. Аккумулятор по п.1, отличающийся тем, что газовый порт отделен от наполнителя фильтром, выполненным с возможностью пропускать газ и не пропускать материал наполнителя из газового резервуара в газовый порт.

35 14. Аккумулятор по п.1, отличающийся тем, что газовый порт содержит ограничитель потока, выполненный с возможностью ограничивать газовый поток через газовый порт так, что падение давления на нем при открытом газовом порту превосходит предпочтительно в 10 и более раз максимальную разницу давлений между разными областями наполнителя.

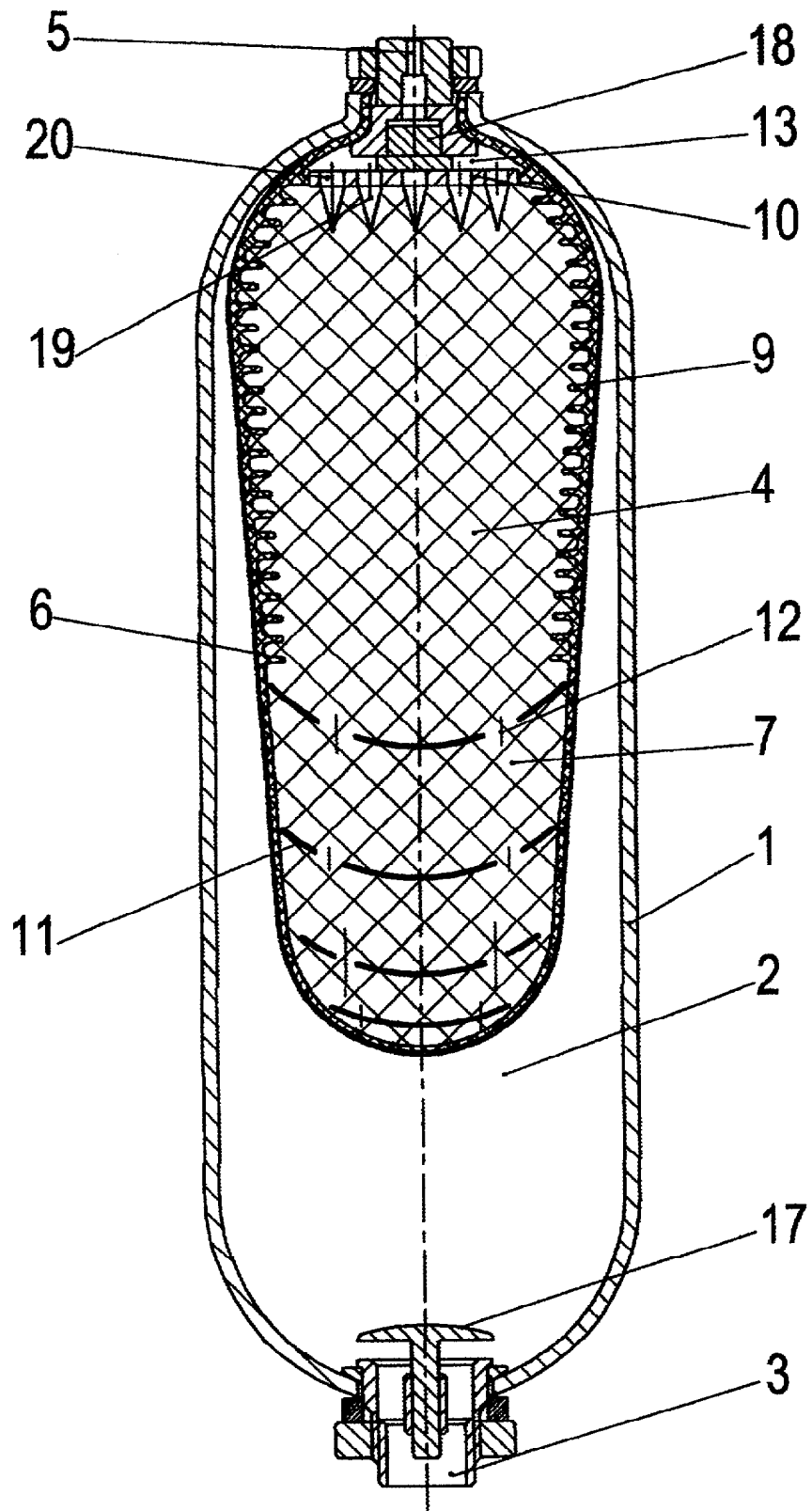
40 15. Аккумулятор по п.1, отличающийся тем, что наполнитель выполнен с повышенной газопроницаемостью вблизи газового порта, превосходящей среднюю проницаемость пористого материала наполнителя.

16. Аккумулятор по п.1, отличающийся тем, что наполнитель выполнен с повышенной упругостью вблизи газового порта.

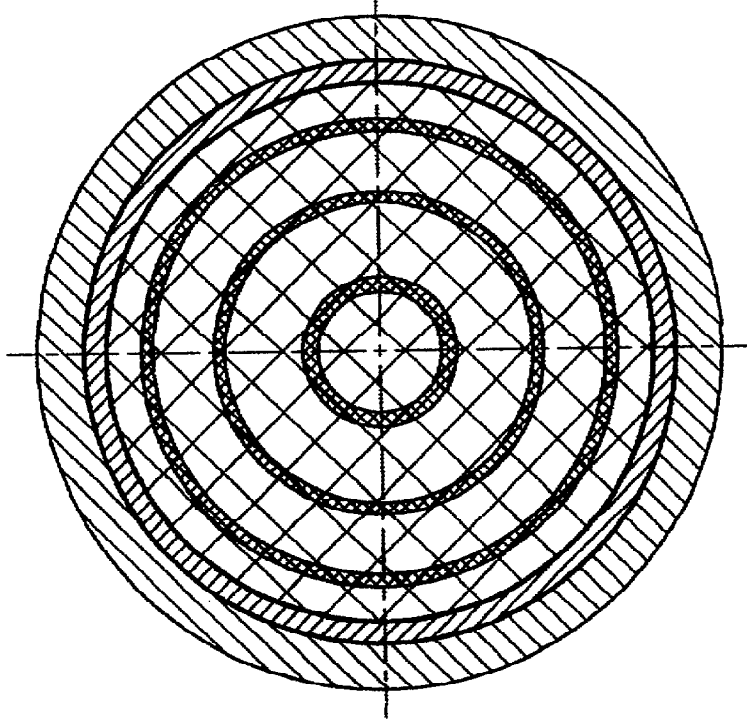
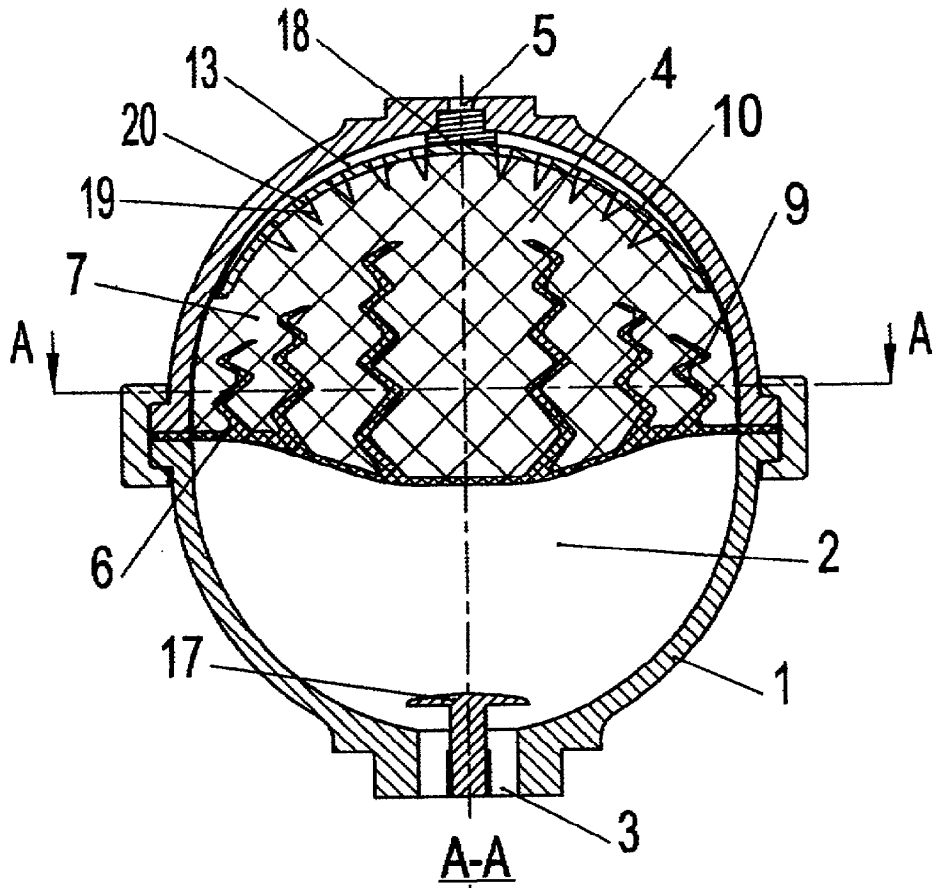
45 17. Аккумулятор по п.1, отличающийся тем, что наполнитель содержит материал, имеющий фазовый переход в диапазоне температур между максимальной температурой окружающей среды и максимально допустимой температурой использования наполнителя.



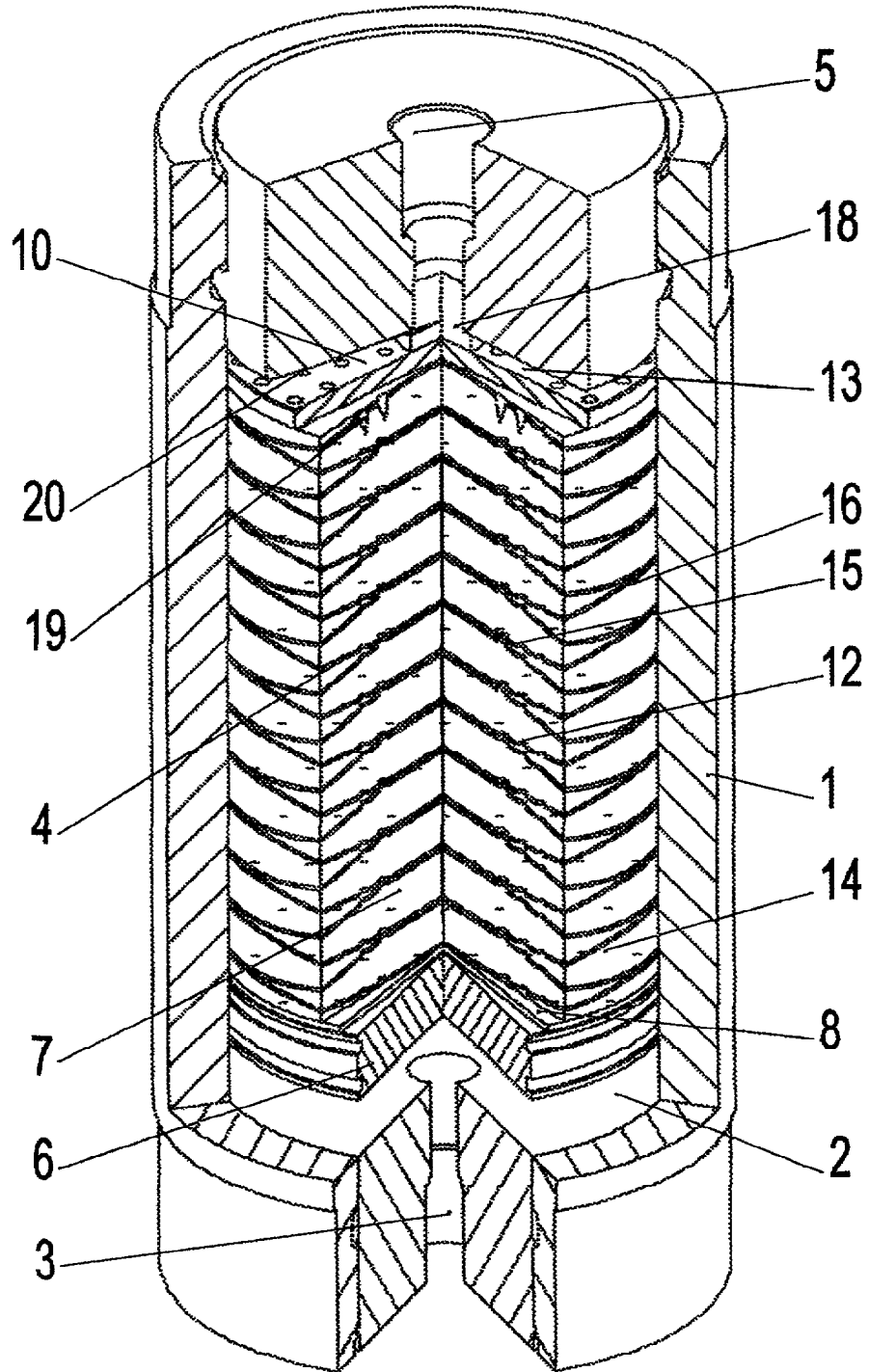
ФИГ.1



ФИГ.2



Фиг.3



ФИГ.4