



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010129792/06, 13.07.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.07.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.07.2010

(45) Опубликовано: 10.03.2012 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2383785 C1, 10.03.2010. RU 2384759 C1,  
20.03.2010. RU 2007147388 A1, 27.06.2009. US  
5579640 A, 03.12.1996. US 5971027 A,  
26.10.1999.

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Строганов Александр Анатольевич (RU),  
Шешин Леонид Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

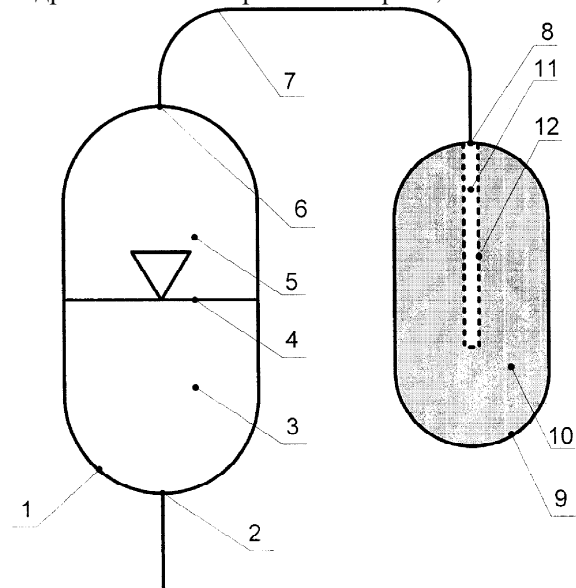
Строганов Александр Анатольевич (RU),  
Шешин Леонид Олегович (RU)

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

(57) Реферат:

Устройство предназначено для рекуперации гидравлической энергии с повышенной эффективностью и безопасностью, в том числе, в мобильных приложениях, таких как дорожно-строительные машины, подъемно-транспортное оборудование, а также гидравлические гибридные грузовые и легковые автомобили. Устройство содержит, по меньшей мере, один гидропневматический аккумулятор, в корпусе которого выполнен жидкостный порт, сообщающийся с жидкостным резервуаром аккумулятора, отделенным подвижным разделителем от газового резервуара аккумулятора, который через газовый порт сообщается с газовым ресивером, в котором размещен регенерирующий теплообменник, выполненный в виде металлической пористой структуры, причем суммарная площадь теплообменных поверхностей регенерирующего теплообменника, приведенная к суммарному внутреннему

объему ресивера, превышает 2000 см<sup>2</sup>/литр, предпочтительно превышает 10000 см<sup>2</sup>/литр. Технический результат - уменьшение тепловых потерь, повышение технологичности, повышение эффективности рекуперации гидравлической энергии. 8 з.п. ф-лы, 1 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F15B 1/02* (2006.01)  
*F15B 21/14* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2010129792/06, 13.07.2010

(24) Effective date for property rights:  
13.07.2010

Priority:

(22) Date of filing: 13.07.2010

(45) Date of publication: 10.03.2012 Bull. 7

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Stroganov Aleksandr Anatol'evich (RU),  
Sheshin Leonid Olegovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Stroganov Aleksandr Anatol'evich (RU),  
Sheshin Leonid Olegovich (RU)**

(54) **HYDRAULIC ENERGY RECOVERY DEVICE**

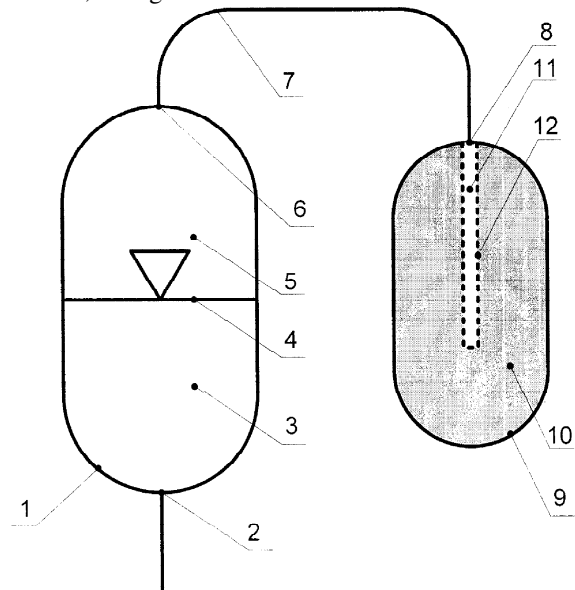
(57) Abstract:

FIELD: power industry.

SUBSTANCE: device includes at least one hydropneumatic accumulator in the housing of which there made is liquid port interconnected with liquid reservoir of accumulator, separated by means of movable divider from gas reservoir of accumulator, which is interconnected through gas port with gas port at least of one gas receiver in which there arranged is regenerating heat exchanger made in the form of metal porous structure; at that, total area of heat exchange surfaces of regenerating heat exchanger, which is corrected to total inner volume of receiver, exceeds 2000 cm<sup>2</sup>/litre, preferably exceeds 10000 cm<sup>2</sup>/litre.

EFFECT: reducing heat losses, improving manufacturability and increasing recovery efficiency of hydraulic energy.

9 cl, 1 dwg



RU 2 4 4 4 6 4 9 C 1

RU 2 4 4 4 6 4 9 C 1

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для рекуперации гидравлической энергии с повышенной эффективностью и безопасностью, в том числе, в мобильных приложениях, таких как дорожно-строительные машины, подъемно-транспортное оборудование, а также гидравлические гибридные грузовые и легковые автомобили.

#### Уровень техники

Известны устройства для рекуперации гидравлической энергии в виде гидропневматических аккумуляторов (далее аккумуляторов), корпус которых содержит 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.

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].

Перед эксплуатацией газовый резервуар аккумулятора заряжают через газовый порт сжатым газом, как правило, азотом, до начального давления от единиц до десятков МПа.

При передаче энергии от гидросистемы в аккумулятор (например, при торможении гидравлического гибридного автомобиля) происходит нагнетание рабочей жидкости из гидросистемы в аккумулятор и сжатие в нем рабочего газа, давление и температура которого при этом повышаются. При возврате энергии от аккумулятора в гидросистему (например, при ускорении гидравлического гибридного автомобиля) происходит расширение сжатого рабочего газа и вытеснение рабочей жидкости в гидросистему.

Как правило, аккумулятор содержит один газовый и один жидкостный резервуар, с равными давлениями газа и жидкости в них. Чем больше гидравлическая энергия, передаваемая аккумулятору, тем больше степень сжатия газа в нем. Для поддержания требуемой рекуперированной мощности приходится компенсировать рост давления снижением производительности гидромашины (насоса или мотора), гидравлически связанной с аккумулятором. При снижении производительности эффективность гидромашины падает, а значит, падает и эффективность рекуперации в целом, что является недостатком таких устройств.

Увеличение объема аккумулятора или увеличение количества аккумуляторов для уменьшения степени сжатия газа удорожает систему, а также утяжеляет ее, что критично для мобильных приложений.

Для уменьшения степени сжатия газа и вместе с тем увеличения максимально возможной рекуперированной энергии, применяется широко известное устройство [3]. Устройство включает гидропневматический аккумулятор, в корпусе которого выполнен жидкостный порт, сообщающийся с жидкостным резервуаром аккумулятора, отделенным подвижным разделителем от газового резервуара аккумулятора, который через газовый порт сообщается, по меньшей мере, с одним газовым ресивером.

При нагнетании рабочей жидкости из гидросистемы в жидкостный резервуар аккумулятора разделитель перемещается и вытесняет газ из аккумулятора в ресивер со сжатием газа в ресивере и аккумуляторе. Работа по нагнетанию жидкости в аккумулятор преобразуется во внутреннюю энергию сжатого газа, давление и

температура которого при этом повышаются. При возврате энергии от устройства в гидросистему происходит расширение сжатого рабочего газа с частичным вытеснением его из ресивера в газовый резервуар аккумулятора, перемещение разделителя с уменьшением объема жидкостного резервуара аккумулятора и вытеснением рабочей жидкости из него через жидкостный порт в гидросистему. Внутренняя энергия сжатого газа преобразуется в работу по вытеснению жидкости, т.е. устройство возвращает в гидросистему полученную от нее гидравлическую энергию, давление и температура газа при этом понижаются.

Добавление в систему ресивера, более легкого и дешевого, чем аккумулятор, позволяет увеличить количество рекуперлируемой энергии за счет более полного использования объема аккумулятора и уменьшить степень сжатия газа и, соответственно, диапазон изменения производительности работающих в составе системы гидромашин, что повышает эффективность рекуперации.

Недостатком таких устройств, применяемых для рекуперации гидравлической энергии, является высокий уровень тепловых потерь, обусловленный тем, что при сжатии и расширении газ в ресивере обменивается теплом только с внутренними стенками ресивера, расстояние между которыми для типичных объемов ресиверов (единицы и десятки литров) слишком велико (десятки и сотни мм), а теплопроводность газа мала.

При таких расстояниях теплообмен газа со стенками ресивера за счет теплопроводности газа незначителен. Поэтому процессы сжатия и расширения газа существенно неизотермичны и в ресивере возникают значительные температурные градиенты, достигающие десятков и даже сотен градусов. Большие перепады температуры в большом объеме ресивера порождают конвективные потоки, многократно (в десятки и сотни раз) увеличивающие теплопередачу на его стенки. Поэтому нагретый при сжатии газ в ресивере и, частично, в аккумуляторе остывает, что приводит к снижению его давления и потерям запасенной энергии, увеличивающимся при хранении запасенной энергии (например, при остановке гидравлического гибридного автомобиля). Неравновесные процессы теплопередачи при больших перепадах температур необратимы, т.е. большая часть тепла, отданного от сжатого газа стенкам ресивера, не может быть возвращена газу при расширении. Поэтому при расширении газа в гидросистему возвращается существенно меньшее количество гидравлической энергии, чем было получено при его сжатии.

Таким образом, вышеописанное устройство обладает низкой эффективностью рекуперлируемой гидравлической энергии из-за высоких тепловых потерь.

Предложенное в [4] устройство рекуперации гидравлической энергии, выбранное в качестве ближайшего аналога, включает, по меньшей мере, один гидропневматический аккумулятор, который через свой газовый порт сообщается, по меньшей мере, с одним газовым ресивером (газовым баллоном). Газовый ресивер выполнен в виде совокупности ячеек, сообщающихся с газовым портом аккумулятора. Для повышения безопасности стенки ячеек выполнены прочными и обладают значительной теплоемкостью, которая превосходит теплоемкость газа в ресивере. Ячейки ресивера выполнены в виде тонких каналов (трубок), так что отношение объема ресивера к площади внутренних поверхностей ячеек не превышает 10 мм, что не только снижает кинетическую энергию струи газа при разрушении оболочки ячейки, но и существенно улучшает теплообмен между газом и стенками ячеек. Таким образом, стенки ячеек выполняют в указанном ресивере функцию регенерирующего теплообменника, отбирающего тепло у газа при сжатии и

возвращающего тепло газу при расширении, за счет чего данное устройство обладает пониженными тепловыми потерями. Чем ближе друг к другу стенки ячеек, т.е. чем меньше поперечные размеры ячеек, тем эффективнее теплообмен между ними и газом и тем выше эффективность рекуперации. Однако недостатком предложенного

5 устройства является трудность изготовления ресивера в виде прочной ячеистой структуры, особенно с ячейками малых размеров, необходимых для повышения мощности теплообмена с ростом скоростей рекуперации. Кроме того, предложенные ячеистые структуры плохо совместимы с серийными газовыми ресиверами наиболее

10 распространенного типа, т.е. выполненными со сплошными цилиндрическими оболочками с закругленными торцами, отверстия в которых значительно меньше, чем диаметры внутренних полостей ресиверов.

#### Сущность изобретения

15 Задачей настоящего изобретения является создание устройства для рекуперации гидравлической энергии, в котором уменьшенные тепловые потери и повышенная эффективность рекуперации гидравлической энергии сочетаются с повышенной технологичностью и возможностью использования в устройстве готовых газовых ресиверов (баллонов) различных типов.

20 Решение поставленной задачи достигается тем, что предложено устройство для рекуперации гидравлической энергии, включающее, по меньшей мере, один гидропневматический аккумулятор, в корпусе которого выполнен жидкостный порт, сообщающийся с жидкостным резервуаром аккумулятора, отделенным подвижным

25 разделителем от газового резервуара аккумулятора, который через газовый порт сообщается с газовым портом, по меньшей мере, одного газового ресивера, в котором размещен регенерирующий теплообменник, выполненный в виде металлической пористой структуры, причем суммарная площадь теплообменных поверхностей регенерирующего теплообменника, приведенная к суммарному внутреннему объему

30 ресивера, превышает  $2000 \text{ см}^2/\text{литр}$ , предпочтительно превышает  $10000 \text{ см}^2/\text{литр}$ .

Таким образом, при сжатии или расширении газа в ресивере теплообмен между газом и регенерирующим теплообменником происходит на малых средних расстояниях между газом и теплообменными поверхностями и большой площади

35 теплообмена, а значит, и с меньшими перепадами температур, что повышает обратимость процессов теплообмена и эффективность рекуперации. Для достижения малости среднего расстояния между газом и теплообменными поверхностями, необходимой для эффективного теплообмена, регенерирующий теплообменник предпочтительно выполнен со средним размером пор, не превышающим 5 мм (здесь и

40 далее размер поры в каждом конкретном месте поры понимается как диаметр сферы, которая может быть помещена в этом месте поры, а средний размер пор - это указанная величина, усредненная по всему объему пористой структуры). Для уменьшения газодинамического сопротивления металлической пористой структуры регенерирующий теплообменник предпочтительно выполнен со средним размером

45 пор не менее 0,05 мм. Предпочтительно, чтобы суммарный объем материала регенерирующего теплообменника находился в диапазоне от 10 до 50% от внутреннего объема ресивера. При указанной доле объема ресивера, занимаемой металлом регенерирующего теплообменника, теплоемкость последнего превосходит

50 теплоемкость газа в ресивере. Так, например, удельная теплоемкость регенерирующего теплообменника, выполненного из стали, будет составлять от 400 до  $2000 \text{ кДж/К/м}^3$ , а теплоемкость газа (азота) при рабочих давлениях 100-300 бар (и температуре порядка 300 К) составляет от 120 до  $360 \text{ кДж/К/м}^3$ . Чем больше рабочие

давления газа, тем с большей теплоемкостью выполняется регенерирующий теплообменник, т.е. тем большую долю объема ресивера занимает материал его пористой структуры, равномерно распределенной по объему ресивера. Таким образом обеспечивается малость среднего изменения температуры и малые потери при  
5 длительном хранении.

Металлическая (например, стальная или алюминиевая) пористая структура может быть выполнена из готовых металлических изделий, например, подлежащих утилизации, или из отходов металлообрабатывающего производства.

10 В предпочтительном по себестоимости варианте исполнения устройства металлическая пористая структура сформирована из металлической токарной стружки или металлической стружки, полученной в результате иного процесса машинной обработки металла (сверления, фрезерования и пр.). Для повышения теплоемкости и вибростойкости указанная металлическая токарная или иная стружка внутри ресивера  
15 может быть дополнительно спрессована.

В других исполнениях металлическая пористая структура может быть сформирована из металлических волокон или пенометалла.

Для предотвращения возможного проникновения частиц или иных фрагментов  
20 металлической пористой структуры регенерирующего теплообменника из газового ресивера через его газовый порт последний снабжен запирающим элементом. Для снижения газодинамического сопротивления осевая длина запирающего элемента превышает 20% от осевой длины ресивера.

Задача повышения технологичности производства устройства с использованием  
25 различных типов готовых газовых ресиверов решается тем, что металлическая пористая структура регенерирующего теплообменника сформирована внутри готовой оболочки ресивера путем загрузки образующих указанную структуру компонентов (стружки, волокон, кусков пенометалла и пр.) через отверстие в оболочке ресивера.  
30 При этом возможно также использование ресиверов, выполненных, как в ближайшем аналоге, в виде совокупности ячеек (трубок) с прочными стенками, в которых дополнительно помещены регенерирующие теплообменники в виде вышеописанных металлических пористых структур.

35 Более подробно детали изобретения описываются в нижеприведенном примере, иллюстрируемом чертежом, на котором представлено схематическое изображение устройства для рекуперации гидравлической энергии с одним аккумулятором и одним ресивером, содержащим регенерирующий теплообменник, - осевой разрез ресивера.

Устройство для рекуперации гидравлической энергии включает  
40 гидропневматический аккумулятор 1, в корпусе которого выполнен жидкостный порт 2, сообщающийся с жидкостным резервуаром 3 аккумулятора. Жидкостный резервуар 3 отделен подвижным разделителем 4 от газового резервуара 5 аккумулятора, который через газовый порт 6 и газовую магистраль 7 сообщается с газовым портом 8 ресивера 9. В ресивере 9 выполнен регенерирующий  
45 теплообменник 10. Для обеспечения хорошего теплообмена между газом и регенерирующим теплообменником суммарная площадь теплообменных поверхностей регенерирующего теплообменника, приведенная к суммарному внутреннему объему ресивера, превышает  $2000 \text{ см}^2/\text{литр}$ , предпочтительно  
50 превышает  $10000 \text{ см}^2/\text{литр}$ .

Для обеспечения высокой эффективности теплообмена между газом и регенерирующим теплообменником последний предпочтительно выполнен так, чтобы средние расстояния между газом и его теплообменными поверхностями были малы, а

именно так, чтобы средний размер его пор не превышал 5 мм. Для снижения газодинамических потерь при протекании газа через металлическую пористую структуру регенерирующего теплообменника последний предпочтительно выполнен с малым газодинамическим сопротивлением, а именно так, что средний размер его пор составляет не менее 0,05 мм.

Газовый порт 8 ресивера 9 снабжен запирающим элементом 11 для предотвращения возможного проникновения частиц или иных фрагментов металлической пористой структуры регенерирующего теплообменника из газового ресивера через его газовый порт. Запирающий элемент 11 выполнен в виде металлического стакана с перфорированным дном и стенками, в котором установлен фильтрующий элемент 12, проницаемый для газа и не пропускающий частицы размером более заданного. Для исполнений с поршневым аккумулятором фильтрующий элемент 12 выполнен так, чтобы не пропускать мелкие абразивные частицы, ускоряющие износ уплотнений поршня аккумулятора, предпочтительно не пропускающий частицы размером более 5 мкм. В исполнении по чертежу фильтрующий элемент 12 выполнен из ткани. В других исполнениях он может включать фильтрующие элементы из пенокерамики или пенометалла с малыми порами, предпочтительно меньше 5 мкм. Для исполнений с эластичными разделителями аккумуляторов требования к размерам частиц, задерживаемых запирающим элементом 11, могут быть менее жесткими. Для снижения газодинамических потерь при протекании газа через металлическую пористую структуру регенерирующего теплообменника запирающий элемент выполнен глубоко проникающим в указанную структуру, а именно так, что осевая длина запирающего элемента превышает 20% от осевой длины ресивера.

В исполнении, предпочтительном по простоте внедрения, металлическая пористая структура регенерирующего теплообменника сформирована внутри готовой оболочки ресивера путем загрузки образующих указанную структуру компонентов через отверстие в оболочке ресивера. Данное исполнение позволяет компоновать устройства рекуперации с использованием готовых стандартных ресиверов (газовых бутылей), загружая в них необходимое количество компонентов металлической пористой структуры. Дополнительным преимуществом данного исполнения является возможность повысить эффективность уже функционирующего устройства рекуперации, имеющего в своем составе ресивер.

Кроме того, возможно использование ячеистых ресиверов (например, выполненных в виде совокупности ячеек с прочными стенками методом экструзии или с ячейками в виде отдельных трубок), в которых дополнительно помещены регенерирующие теплообменники в виде вышеописанных металлических пористых структур, улучшающих теплообмен и обеспечивающих дополнительное повышение эффективности рекуперации гидравлической энергии. В таком варианте технология изготовления ячеистого ресивера, обеспечивающего повышенную безопасность, может быть также упрощена за счет уменьшения количества ячеек и увеличения их внутренних размеров.

В предпочтительном по себестоимости варианте исполнения устройства металлическая пористая структура сформирована из металлической токарной стружки. Вид стружки зависит от способа токарной обработки детали (точения металлического элемента по внешней или внутренней цилиндрической образующей, по плоскому или коническому торцу). Предпочтительно по эффективности теплообмена использовать токарную стружку, полученную в результате торцевого или конического точения.

Кроме того, при изготовлении пористой структуры регенерирующего теплообменника может использоваться металлическая стружка, полученная в результате иного процесса машинной обработки металла, например фрезерования, отходы штамповочного производства, а также металлические волокна, проволока, отдельные металлические элементы или металлическая пена (загружаемая в ресивер отдельными кусками либо создаваемая внутри ресивера химическим или иным способом). Кроме того, могут использоваться любые металлические изделия требуемых размеров, подлежащие утилизации после использования (например, колпачки, гильзы, шайбы, пружинки и др).

Металлическая стружка или другие компоненты металлической пористой структуры внутри ресивера (например, металлические элементы, волокна или куски металлической пены) могут быть дополнительно спрессованы по мере их загрузки в ресивер. В результате образуется единый пористый регенерирующий элемент, обладающий большей теплоемкостью, а также устойчивостью к вибрациям ресивера и к циркуляции газа как при эксплуатации устройства, так и при его предварительной зарядке газом или выпуске газа.

Для рекуперации гидравлической энергии в устройстве аккумулятор 1 соединяют через его жидкостный порт 2 с гидросистемой.

При передаче энергии из гидросистемы в устройство жидкость из гидросистемы через жидкостный порт 2 аккумулятора 1 нагнетается в его жидкостный резервуар 3, разделитель 4 перемещается, уменьшая объем газового резервуара 5 и вытесняя часть газа в ресивер 9, повышая тем самым давление и температуру газа в газовом резервуаре 5 аккумулятора 1 и в ресивере 9. Благодаря малым средним расстояниям между газом и теплообменными поверхностями находящегося в ресивере 9 регенерирующего теплообменника 10 и большой его теплоемкости газ, перетекающий в ресивер из газового резервуара аккумулятора, эффективно отдает часть тепла регенерирующему теплообменнику 10, что снижает степень нагрева газа при сжатии, причем теплообмен газа с регенерирующим теплообменником 10 происходит обратимо, при малых разностях температур между ним и газом.

При хранении запасенной в устройстве гидравлической энергии тепловые потери малы, т.к. уменьшение степени нагрева газа уменьшает теплопередачу на стенки корпуса ресивера 9 за счет теплопроводности газа.

При возврате энергии от устройства в гидросистему сжатый газ, находящийся в ресивере 9 и газовом резервуаре 5 аккумулятора 1, расширяется, разделитель 4 аккумулятора 1 перемещается, уменьшая объем его жидкостного резервуара 3 и вытесняя жидкость из него через жидкостный порт 2 в гидросистему. Благодаря сохранению малых средних расстояний между газом и теплообменными поверхностями регенерирующего теплообменника 10 последний эффективно возвращает газу полученную часть тепла. Таким образом, устройство с уменьшенными потерями возвращает в гидросистему полученную от нее гидравлическую энергию.

Благодаря тому что средний размер пор металлической пористой структуры не менее 0,05 мм, а также тому, что запирающий элемент 11 глубоко (предпочтительно на глубину не менее 20% от осевой длины ресивера 9) проникает в регенерирующий теплообменник 10, газодинамические потери при протекании газа между аккумулятором и ресивером, а также через металлическую пористую структуру регенерирующего теплообменника 10 малы.

Запирающий элемент 11, снабженный фильтрующим элементом 12, препятствует



проникновению частиц материала регенерирующего теплообменника 10 в газовую линию 7 и газовый резервуар 5 аккумулятора 1. Таким образом, скользящие уплотнения поршневого разделителя 4 защищены от абразивного воздействия, а газовая линия 7 - от оседания частиц, что повышает надежность устройства.

5 Вышеописанные исполнения являются примерами воплощения основного замысла настоящего изобретения, которое предполагает также множество других вариантов исполнения, не описанных здесь подробно, например, включающих несколько аккумуляторов и ресиверов, а также различные варианты выполнения регенерирующего теплообменника в ресивере.

10 Таким образом, предложенные решения позволяют создать устройство для рекуперации гидравлической энергии со следующими качествами:

- уменьшенными тепловыми потерями и повышенной эффективностью рекуперации гидравлической энергии,
- 15 - повышенной технологичностью изготовления,
- возможностью использования в устройстве готовых газовых ресиверов любого типа.

Источники информации

20 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. Х.Экснер, Р.Фрейтаг, Д-р Х.Гайс, Р.Ланг, И.Оппольцер, П.Шваб, Е.Зумпф, У.Остендорфф, М.Райк «Гидропривод. Основы и компоненты», Издание 2-е на русском яз., Бош Рексрот АГ Сервис Автоматизация Дидактика Эрбах Германия, 2003, стр.156.

4. A.Stroganov, L.Sheshin., Honeycomb receiver as an accumulator shell: significant reduction of danger and thermal losses, Proceedings of the 11th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'09, June 2-4, 2009, Linköping, Sweden.

5. A.Stroganov, L.Sheshin., Efficient, Safe and Reliable Recuperation: Regenerative Accumulator in Honeycomb Receiver, Proceedings of the 7th International Fluid Power Conference, March 22-24, 2010, Aachen, Germany.

#### 35 Формула изобретения

1. Устройство для рекуперации гидравлической энергии, включающее, по меньшей мере, один гидропневматический аккумулятор, в корпусе которого выполнен жидкостный порт, сообщающийся с жидкостным резервуаром аккумулятора, отделенным подвижным разделителем от газового резервуара аккумулятора, который

40 через газовый порт сообщается с газовым портом, по меньшей мере, одного газового ресивера, в котором размещен регенерирующий теплообменник, отличающееся тем, что регенерирующий теплообменник выполнен в виде металлической пористой структуры, причем суммарная площадь теплообменных поверхностей

45 регенерирующего теплообменника, приведенная к суммарному внутреннему объему газового ресивера, превышает 2000 см<sup>2</sup>/л, предпочтительно превышает 10000 см<sup>2</sup>/л.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что суммарный объем материала регенерирующего теплообменника находится в диапазоне от 10 до 50% от внутреннего объема газового ресивера.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что металлическая пористая структура сформирована из металлической стружки.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что металлическая пористая структура

сформирована из металлических волокон.

5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что металлическая пористая структура сформирована из пенометалла.

5 6. Устройство по п.1, отличающееся тем, что средний размер пор не превышает 5 мм.

7. Устройство по п.1, отличающееся тем, что средний размер пор не менее 0,05 мм.

10 8. Устройство по п.1, отличающееся тем, что газовый порт газового ресивера снабжен запирающим элементом, проницаемым для газа, но препятствующим проникновению частиц материала регенерирующего теплообменника из газового ресивера через его газовый порт.

9. Устройство по п.8, отличающееся тем, что осевая длина запирающего элемента превышает 20% от осевой длины газового ресивера.

15

20

25

30

35

40

45

50