

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



(10) Номер международной публикации
WO 2011/115523 A1

(43) Дата международной публикации
22 сентября 2011 (22.09.2011)

РСТ

(51) Международная патентная классификация:
F02G 1/043 (2006.01) **F15B 1/00** (2006.01)
F03G 7/06 (2006.01)

(21) Номер международной заявки: РСТ/RU2010/000823

(22) Дата международной подачи:
30 декабря 2010 (30.12.2010)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:
2010111398 17 марта 2010 (17.03.2010) RU

(72) Изобретатель; и

(71) Заявитель : **СТРОГАНОВ, Александр**
Анатольевич (STROGANOV, Alexander Anatolye-
vich) [RU/RU]; проспект Юрия Гагарина, д. 39, кв. 38,
Санкт-Петербург, 196135, St.Petersburg (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

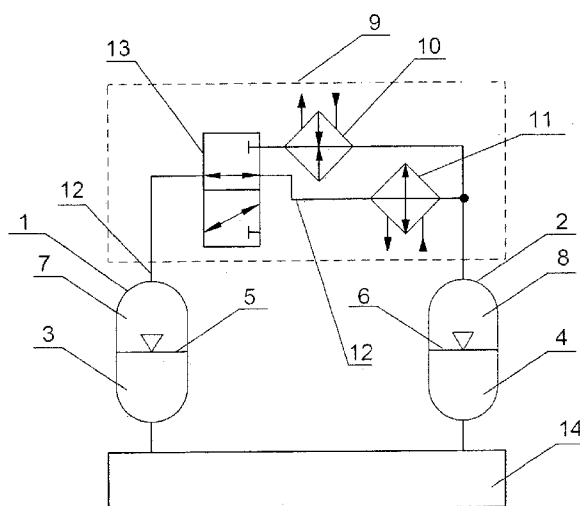
(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL,
PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

(54) Title: METHOD FOR CONVERTING HEAT INTO HYDRAULIC ENERGY AND APPARATUS FOR CARRYING OUT
SAID METHOD

(54) Название изобретения : СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛА В ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ И
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ



Фиг. 1

(57) Abstract: A method for converting heat into hydraulic energy comprises injecting a working fluid into a pneumohydraulic accumulator with contraction of the gas, subsequently expanding the gas with ejection of working fluid from another accumulator, and also supplying heat to the gas and removing heat from the gas, which operations can be carried out such that the average temperature of the gas is higher upon expansion than upon contraction. The gas is supplied with heat, causing the gas to be transferred via a hotter heat exchanger, and the heat is removed from the gas, causing the gas to be transferred via another, colder heat exchanger, wherein the gas is transferred between various accumulators via the above-mentioned heat exchangers. The apparatus for converting heat into hydraulic energy comprises at least two accumulators, means for supplying and receiving fluid, and also heating and cooling means, which comprise at least two continuous-flow gas heat exchangers which are mounted so as to be able to be used to transfer gas between gas reservoirs of various accumulators. The efficiency and rate of conversion of the heat into hydraulic energy are increased. Reliability and high power density are ensured.

(57) Реферат:

[продолжение на следующей странице]

WO 2011/115523 A1



Способ преобразования тепла в гидравлическую энергию включает нагнетание рабочей жидкости в пневмогидравлический аккумулятор со сжатием газа, последующее расширение газа с вытеснением рабочей жидкости из другого аккумулятора, а также подвод тепла к газу и отвод тепла от газа, производимые так, что средняя температура газа при расширении выше, чем при сжатии. Тепло к газу подводят, перенося газ через более горячий теплообменник, а отводят тепло от газа, перенося газ через другой, более холодный, теплообменник, причем газ переносят через указанные теплообменники между разными аккумуляторами. Устройство для преобразования тепла в гидравлическую энергию включает, по меньшей мере, два аккумулятора, средства подачи и приема жидкости, а также средства нагрева и охлаждения, которые содержат, по меньшей мере, два проточных газовых теплообменника, установленных с возможностью переноса через них газа между газовыми резервуарами разных аккумуляторов. Повышаются эффективность и скорость преобразования тепла в гидравлическую энергию. Обеспечиваются надежность и высокая плотность мощности.

Способ преобразования тепла в гидравлическую энергию и устройство для его осуществления.

5

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для эффективного преобразования в гидравлическую энергию тепла различных источников, в том числе, солнца, двигателей внутреннего или внешнего сгорания, высокотемпературных топливных элементов, геотермальных источников и др.

10

Уровень техники.

Известен способ преобразования тепла в гидравлическую энергию, реализованный в устройстве по US5,579,64. Способ включает нагнетание рабочей жидкости в пневмогидравлический аккумулятор (далее – аккумулятор) со сжатием газа, а также расширение газа с вытеснением жидкости из аккумулятора, а также подвод тепла к газу и отвод тепла от газа, производимые так, что средняя температура газа при расширении выше, чем при сжатии.

20

Способ реализован с помощью устройства, которое включает, по меньшей мере, два пневмогидравлических аккумулятора (названные авторами «первым и вторым жидкостными сосудами», “liquid tank”), в каждом из которых жидкостный резервуар, сообщающийся со средствами подачи и приема жидкости, отделен подвижным разделителем от газового резервуара, сообщающегося со средствами нагрева и охлаждения, выполненными с возможностью нагревать и охлаждать поступающий в них газ. Средства нагрева и охлаждения включают газовые ресиверы (названные авторами «первым и вторым газовыми сосудами», “gas vessels”), каждый из которых

25

30

сообщается с газовым резервуаром соответствующего (первого или второго) аккумулятора, а также средства нагрева и охлаждения газа в ресиверах (названные авторами «первыми и вторыми средствами нагрева и охлаждения» соответственно) и систему управления, выполненные с

возможностью чередовать охлаждение и нагрев газа в ресиверах. Средства подачи и приема жидкости включают гидравлические насос и мотор, а также клапаны.

5 Тепло к газу в ресивере подводится от горячего теплоносителя через стенки нагревающего теплообменника, который либо размещается снаружи ресивера и передает тепло газу через стенки ресивера, либо размещается внутри ресивера, передавая тепло газу через собственные прочные стенки. В качестве горячего теплоносителя предлагается использовать, например, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (далее – ДВС).

10 Тепло от газа в ресивере отводится к внешнему охлаждающему теплоносителю либо непосредственно через стенки ресивера, либо через прочные стенки отдельного охлаждающего теплообменника, размещаемого внутри ресивера. В качестве охлаждающего теплоносителя предлагается использовать окружающий воздух или воду.

15 Переключение от подвода тепла к отводу и обратно осуществляется выключением потока горячего теплоносителя и включением потока охлаждающего теплоносителя и, наоборот, с использованием клапанов.

Каждый аккумулятор со своим ресивером и средствами нагрева и охлаждения является отдельным преобразователем тепла в гидравлическую 20 энергию. Газовые резервуары разных аккумуляторов не сообщаются, а жидкостные резервуары подключены к средствам подачи и приема жидкости через отдельные клапаны. Для уменьшения пульсаций входных и выходных потоков в упомянутом устройстве используются два и более таких преобразователей, так, что нагнетанию жидкости в аккумулятор одного преобразователя соответствует вытеснение жидкости из аккумулятора 25 другого преобразователя.

В каждом таком преобразователе вышеописанный способ реализован как циклический процесс, включающий четыре последовательных стадии:

30 - нагнетание рабочей жидкости из средств подачи и приема жидкости в аккумулятор со сжатием газа и вытеснением его из аккумулятора в ресивер и с отводом тепла от газа в ресивере к внешнему охлаждающему теплоносителю,

- изохорный нагрев газа в ресивере путем подвода к нему тепла, например, от горячего теплоносителя,

- расширение газа с вытеснением его из ресивера в аккумулятор, с вытеснением жидкости из аккумулятора в средства подачи и приема
5 жидкости и с продолжением подвода тепла к газу в ресивере, например, от горячего теплоносителя,

- изохорное охлаждение газа путем отвода тепла от газа в ресивере к внешнему охлаждающему теплоносителю.

За счет подвода к газу тепла на стадиях изохорного нагрева и
10 последующего расширения, а также отвода тепла от газа на стадиях изохорного охлаждения и последующего сжатия, средняя температура (а, следовательно, и среднее давление) газа при расширении выше, чем при сжатии, поэтому работа расширения газа превосходит работу по сжатию газа. В результате часть тепла преобразуется в дополнительную
15 гидравлическую энергию.

Однако циклический нагрев и охлаждение газа происходят в одном и том же объеме газового ресивера, что подразумевает циклический нагрев и охлаждение не только газа, но и теплообменников, а также стенок ресивера. Газ при высоком давлении (сотни бар), обменивается теплом с
20 теплоносителями при низком давлении (до единиц бар для выхлопных газов). Теплообменники соответствующей прочности, так же, как и стенки ресивера, массивны и имеют теплоемкость существенно (как минимум, в десятки раз) больше, чем теплоемкость газа в ресивере. В еще большей степени (в сотни и тысячи раз) их теплоемкость превосходит теплоемкости
25 атмосферного воздуха и выхлопных газов, прокачиваемых через теплообменники за секунду.

В результате тепловая инерция устройства велика, а скорости охлаждения и нагрева газа малы, что снижает быстроедействие и среднюю удельную мощность устройства и является первым существенным
30 недостатком предложенного решения. Нагрев и охлаждение газа в ресивере происходит за счет теплопроводности газа и естественной конвекции, что также снижает скорости нагрева и охлаждения и связанную с ними удельную мощность.

При этом большая часть тепла внешнего источника расходуется не на преобразование в гидравлическую энергию, а на нагрев массивных теплообменников и стенок ресивера, охлажденных на предыдущей стадии цикла. По окончании расширения газа тепло, накопленное в теплообменнике, 5 отдается охлаждающему теплоносителю и выбрасывается. Поэтому эффективность использования тепла оказывается низкой, что является вторым и наиболее существенным недостатком данного решения. Предлагаемое авторами использование тепла, отводимого от одного из ресиверов при его охлаждении, для нагрева другого ресивера позволяет 10 уменьшить потери тепла не более, чем на 50%.

Дополнительные потери тепла происходят при поступлении потока нагретого газа в аккумулятор, где он обдувает стенки газового резервуара аккумулятора и быстро отдает им тепло.

Следует также отметить, что в предложенном решении повышение 15 термодинамической эффективности газового цикла принципиально несовместимо с повышением общей эффективности преобразования тепла внешнего источника в гидравлическую энергию. Стремясь к увеличению эффективности газового цикла, авторы предлагают нагревать газ в ресивере до тех пор, пока температура газа в ресивере не приблизится к температуре 20 горячего теплоносителя. Аналогичным образом, предлагается охлаждать газ в ресивере до выравнивания его температуры с температурой окружающего воздуха или иного охлаждающего теплоносителя. Однако, по мере приближения температуры теплообменника к температуре горячего теплоносителя, доля тепла, отбираемого в теплообменник от теплоносителя, 25 стремится к нулю. Таким образом, несмотря на рост термодинамической эффективности газового цикла, эффективность преобразования тепла внешнего источника в гидравлическую энергию падает еще сильнее. Также падают скорость и средняя мощность, т.к. процесс выравнивания температур в ресивере носит асимптотический характер.

30 Циклический нагрев и охлаждение корпуса ресивера и теплообменников, находящихся под высоким давлением, ускоряет их усталостное разрушение и снижает надежность и безопасность предложенного устройства. Кроме того, необходимость переключать

клапанами поток горячего теплоносителя снижает надежность устройства, особенно при использовании выхлопных газов ДВС, сочетающих высокую температуру (до 800-900 С) с химической агрессивностью. Отказ клапана, переключающего поток выхлопных газов может привести либо к опасному неконтролируемому перегреву газа в ресивере с повышением давления выше предельно допустимого уровня, либо к отказу ДВС при блокировании выпускного тракта.

Таким образом, низкая эффективность и скорость преобразования тепла в гидравлическую энергию, низкая удельная мощность и низкая надежность являются основными недостатками предложенного решения. Невозможность накапливать тепло и генерировать гидравлическую энергию при временном отключении или ослаблении потока горячего теплоносителя также является существенным недостатком предложенного решения.

15 Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является повышение эффективности и скорости преобразования тепла в гидравлическую энергию.

Задачей настоящего изобретения также является повышение плотности мощности и надежности устройства, преобразующего тепло в гидравлическую энергию.

Задачей настоящего изобретения также является обеспечение возможности хранения тепла и преобразования его в гидравлическую энергию при временном отключении или снижении мощности источника тепла.

Для решения поставленной задачи предлагается способ преобразования тепла в гидравлическую энергию, включающий нагнетание рабочей жидкости в жидкостный резервуар по меньшей мере одного из двух или более пневмогидравлических аккумуляторов (далее – аккумуляторов) со сжатием газа в его газовом резервуаре, расширение газа в газовом резервуаре по меньшей мере одного аккумулятора с вытеснением рабочей жидкости из его жидкостного резервуара, а также подвод тепла к газу и отвод

тепла от газа, производимые так, что средняя температура газа при расширении выше, чем при сжатии.

Решение поставленной задачи достигается тем, что тепло к газу подводят, перенося газ через более горячий теплообменник, а отводят тепло
5 от газа, перенося газ через другой, более холодный, теплообменник, причем газ переносят через указанные теплообменники между газовыми резервуарами разных аккумуляторов.

Для поддержания теплообменника более горячим его приводят в тепловой контакт с источником тепла (посредством теплопроводности,
10 излучения или теплопереноса потоком нагревающего теплоносителя). Для поддержания теплообменника более холодным его приводят в тепловой контакт с охлаждающим теплоносителем. За счет того, что средняя температура газа при расширении выше (а, следовательно, выше и среднее давление газа), чем при сжатии, работа расширения газа превосходит работу
15 по сжатию газа. В результате часть тепла, подводимого к газу может быть использована для производства механической работы. Для нагнетания рабочей жидкости и использования дополнительной гидравлической энергии, получаемой при вытеснении жидкости более горячим газом, используют средства подачи и приема жидкости, которые могут включать гидравлические
20 насосы и моторы или гидравлические преобразователи давления (далее – гидропреобразователи).

За счет переноса газа через теплообменники между разными аккумуляторами циклическому нагреву и охлаждению подвергают не массивные теплообменники, а только переносимый через них газ. В
25 результате значительно снижаются потери тепла и повышается эффективность преобразования тепла в гидравлическую энергию.

Вынужденная конвекция протекающего через теплообменники газа обеспечивает высокую скорость его нагрева и охлаждения, что позволяет проводить преобразование тепла внешнего источника в гидравлическую
30 энергию с большой скоростью и удельной мощностью.

Устранение циклического нагрева и охлаждения теплообменников и других элементов средств нагрева и охлаждения, находящихся под высоким давлением, повышает их надежность и безопасность преобразования тепла в гидравлическую энергию.

- 5 Тепло, накапливаемое в более горячем теплообменнике, не выбрасывается и может использоваться для преобразования в гидравлическую энергию при временном отключении или снижении мощности внешнего источника тепла.

- 10 Для уменьшения тепловых потерь при обдувании стенок газового резервуара аккумулятора входным потоком нагретого или охлажденного газа, стенки газового резервуара по меньшей мере одного из аккумуляторов поддерживают более холодными и переносят в него газ через более холодный теплообменник, а стенки газового резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора поддерживают более горячими и переносят в
15 него газ через более горячий теплообменник.

- Для уменьшения потерь тепла газа через разделитель аккумулятора, обусловленных разностью температур газа и жидкости в аккумуляторе, стенки жидкостного резервуара по меньшей мере одного из аккумуляторов и рабочую жидкость в нем поддерживают более холодными, а стенки
20 жидкостного резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора и рабочую жидкость в нем поддерживают более горячими.

- Для предотвращения потерь тепла с потоками рабочей жидкости изобретение предусматривает как теплоизоляцию потоков, так и регенерацию тепла при нагнетании и вытеснении более горячей (или более
25 холодной) рабочей жидкости.

- Для регенерации тепла рабочую жидкость, вытесняемую по меньшей мере из одного аккумулятора, пропускают через регенерирующий жидкостный теплообменник, причем при нагнетании рабочей жидкости в этот аккумулятор ее пропускают через этот же регенерирующий жидкостный
30 теплообменник в обратном направлении.

Для теплоизоляции потоков жидкости более горячую рабочую жидкость отделяют от более холодной рабочей жидкости по меньшей мере одним подвижным теплоизолятором.

Для работы с повышенной разницей температур между аккумуляторами в более холодном жидкостном резервуаре используют одну рабочую жидкость, а в более горячем жидкостном резервуаре используют другую рабочую жидкость, причем эти разные рабочие жидкости разделяют по меньшей мере одним подвижным разделителем. Этот подвижный разделитель может также являться и подвижным теплоизолятором, например, поршнем из материала с низкой теплопроводностью (полимерным или керамическим) или эластичным разделителем, покрытым вспененным эластомером с открытыми порами.

10 Использование высокотемпературной органической (например, на основе дифенила и дифенилоксида) или кремнийорганической (например, на основе диметилполисилоксана) рабочей жидкости позволяет поддерживать температуру более горячего аккумулятора и рабочей жидкости в нем до 300 - 400° С. Использование неорганической рабочей жидкости (например, 15 расплавленного олова или другого металла) позволяет поднять максимальную температуру еще выше, до температурного предела прочности материала стенок аккумулятора.

Повышение температуры более горячего аккумулятора и рабочей жидкости в нем повышают эффективность преобразования тепла в гидравлическую энергию, особенно когда потери тепла с потоками рабочей жидкости устраняются вышеописанными способами.

20 Стабильный температурный режим прочных оболочек аккумуляторов, находящихся под высоким давлением, также повышает их надежность и безопасность преобразования тепла в гидравлическую энергию

25 Для приближения процесса сжатия газа к изотермическому используют по меньшей мере три аккумулятора, причем по меньшей мере в двух из них стенки газовых резервуаров поддерживают более холодными и переносят между ними газ со сжатием через более холодный теплообменник.

Для приближения процесса расширения газа к изотермическому 30 используют по меньшей мере три аккумулятора, причем по меньшей мере в двух из них стенки газовых резервуаров поддерживают более горячими и переносят между ними газ с расширением через более горячий теплообменник

Для повышения максимальной температуры газа выше максимально допустимой температуры рабочей жидкости или разделителя по меньшей мере в одном аккумуляторе стенки газового резервуара отделяют от потока нагретого газа средствами теплозащиты.

- 5 Для лучшего приближения процессов сжатия или расширения газа к изотермическим и дальнейшего повышения эффективности преобразования тепла в гидравлическую энергию в газовом резервуаре по меньшей мере одного аккумулятора создают вынужденную конвекцию газа с использованием газового циркуляционного насоса (далее для краткости
10 называемого газодувкой).

Используют как внешние газодувки, так и газодувки, выполненные внутри аккумулятора (в его корпусе или в газовом резервуаре).

- Для лучшего приближения к изотермичности вынужденную конвекцию создают, перенося газ газодувкой по меньшей мере через один
15 теплообменник с отбором газа из газового резервуара по меньшей мере одного аккумулятора и возвратом газа в этот же газовый резервуар. Предпочтительно, для уменьшения потерь на нагрев и охлаждение газовых линий, газ из этого газового резервуара отбирают через одну газовую линию, а возвращают через другую газовую линию.

- 20 Газодувка может приводиться в движение электрическими, гидравлическими или иными моторами через вал или иное кинематическое звено привода, снабженное уплотнением, предотвращающим утечки сжатого газа. Для уменьшения потерь на утечки и трение в уплотнениях кинематических звеньев привода газодувки, её приводят в движение
25 гидромотором, работающим при близких давлениях жидкости (предпочтительно, отличающихся от давлений газа в газодувке не более, чем на единицы бар). Предпочтительно, этот гидромотор приводят в движение жидкостью, протекающей между этим гидромотором и жидкостным резервуаром по меньшей мере одного из указанных аккумуляторов при
30 нагнетании в него жидкости или при вытеснении жидкости из него через этот гидромотор.

Для повышения термодинамической эффективности, особенно при сжатии или расширении, приближенных к изотермическим, преобразование

проводят по циклу с регенерацией тепла, в котором по меньшей мере на одной стадии от газа отводят тепло с охлаждением газа и по меньшей мере на одной стадии к газу подводят тепло с нагревом газа, причем часть тепла, отводимого от газа на стадии с охлаждением, используют для подвода к газу на стадии с нагревом. Для этого на стадии охлаждения тепло от газа отводят на регенерирующий теплообменник, а на стадии нагрева подводят тепло к газу сначала от регенерирующего теплообменника, а затем от внешнего источника тепла.

При использовании тепла, эффективно отдаваемого источником при высокой температуре, например, высокотемпературного топливного элемента, а также тепла солнца или другого источника лучистой энергии, предпочтительно используют отдельный регенерирующий теплообменник. На стадии с охлаждением газа его пропускают сначала через отдельный регенерирующий теплообменник в направлении охлаждения, а потом через холодный теплообменник, а на стадии с нагревом газа его пропускают сначала через регенерирующий теплообменник в направлении нагрева, предпочтительно, обратном направлению охлаждения, а потом через горячий теплообменник.

При передаче тепла от источника посредством горячего теплоносителя, выбрасываемого после отбора тепла (например, выхлопных газов), используют противоточный горячий теплообменник для повышения эффективности. Через него газ при подводе тепла переносят в направлении, противоположном направлению протекания горячего теплоносителя, так, что к входящему в теплообменник газу тепло подводится от выходящего из теплообменника теплоносителя, а тепло к выходящему из теплообменника газу подводится от входящего в теплообменник теплоносителя. Тем самым повышают как степень нагрева газа, так и степень охлаждения горячего теплоносителя (например, выходных потоков продуктов сгорания топлива или водяного пара). При этом предпочтительно этот же противоточный теплообменник (или его часть) используют в качестве регенерирующего теплообменника, пропуская газ через него (или через его часть) при охлаждении в одном направлении, а при нагреве – в обратном направлении.

При повышении степени регенерации тепла газовые циклы, включающие две изотермы и две изобары (или две другие стадии, эквидистантные в координатах «температура-энтропия», например две изохоры), приближаются к обобщенным циклами Карно, которые позволяют преобразовывать тепло в работу газа с предельной термодинамической эффективностью.

С целью уменьшения гидромеханических потерь уменьшают долю жидкости, подвергаемой значительному изменению давления при переносе через гидромеханические устройства. Для этого газ переносят между газовыми резервуарами аккумуляторов, нагнетая жидкость в жидкостный резервуар по меньшей мере одного из этих аккумуляторов и вытесняя жидкость из жидкостного резервуара по меньшей мере одного другого аккумулятора, причем между жидкостными резервуарами этих аккумуляторов создают поток жидкости так, что разница давлений между любыми частями жидкости в этом потоке не превосходит 30% от давления жидкости в том жидкостном резервуаре, в который ее нагнетают, предпочтительно, указанная разница не превосходит 5% от указанного давления.

В традиционных аккумуляторах каждому газовому резервуару соответствует один жидкостный резервуар, давления в которых различаются лишь на небольшую величину, связанную с трением при перемещении поршневого разделителя или с деформацией эластичного разделителя. Указанный поток жидкости между такими аккумуляторами создают посредством гидромеханических средств межаккумуляторной передачи жидкости (например, жидкостного насоса либо гидропреобразователя) преодолевающих разницу давлений между жидкостными резервуарами аккумуляторов, газовые резервуары которых сообщаются через теплообменники.

Указанная разница давлений между разными частями потока жидкости между жидкостными резервуарами аккумуляторов, газовые резервуары которых сообщаются через теплообменники, определяется сопротивлениями теплообменников, коммуникаций (газовых и жидкостных), а также эффективностью гидромеханических средств межаккумуляторной передачи жидкости. По сравнению с полным давлением жидкости в аккумуляторе эта

разница давлений мала (предпочтительно, не превышает единиц бар). Поэтому малы и потери, связанные с утечками и трением в гидромеханических средствах межакумуляторной передачи жидкости.

Указанные гидромеханические средства могут включать жидкостный насос, приводимый в движение электрическими, гидравлическими или иными моторами через вал или иное кинематическое звено привода, снабженное уплотнениями, предотвращающими утечки жидкости. Для уменьшения потерь на утечки и трение в этих уплотнениях указанный поток жидкости между аккумуляторами предпочтительно создают посредством гидропреобразователя, имеющего не менее трех жидкостных портов. Для создания межакумуляторного потока жидкости два его порта соединяют с жидкостными портами соответствующих аккумуляторов и приводят его в движение другим потоком жидкости, протекающей через по меньшей мере один другой его порт. Предпочтительно, в качестве этого другого потока используют поток, являющийся разностным между потоком, втекающим в гидропреобразователь из аккумулятора (аккумуляторов), из которого поступающий газ вытесняет жидкость, и потоком, вытекающим из гидропреобразователя в аккумулятор (аккумуляторы), в котором поступающая жидкость вытесняет газ.

Предусматривается применение различных гидропреобразователей, как с отдельными кинематически связанными насосами и гидромоторами (как роторными, так и линейными), так и интегрированных, например, гидропреобразователей с фазовым регулированием, в которых каждый цилиндр часть оборота работает как мотор, а другую часть – как насос.

Предпочтительно по компактности использовать по меньшей мере один аккумулятор, который сочетает функции пневмогидравлического аккумулятора и гидропреобразователя. Такой аккумулятор включает по меньшей мере два жидкостных резервуара, отделенных одним общим поршневым разделителем от одного газового резервуара. Эти жидкостные резервуары имеют независимые жидкостные порты и отделены друг от друга, что позволяет поддерживать в них разные давления так, чтобы суммарная сила давления жидкости на разделитель уравновешивала силу давления газа на разделитель. Для создания вышеуказанного

межаккумуляторного потока жидкости по меньшей мере в одном жидкостном резервуаре этого аккумулятора поддерживают давление жидкости больше, чем давление газа в газовом резервуаре этого же аккумулятора, и по меньшей мере в одном другом жидкостном резервуаре этого аккумулятора поддерживают давление жидкости меньше, чем указанное давление газа. По меньшей мере один из этих жидкостных резервуаров, соединяемый с жидкостным резервуаром по меньшей мере одного другого аккумулятора, участвует в указанном межаккумуляторном потоке жидкости, в то время как по меньшей мере один другой жидкостный резервуар этого же аккумулятора используется для поддержания соотношения давлений жидкости в соответствии с направлением переноса газа. В жидкостном резервуаре, участвующем в межаккумуляторном переносе жидкости, поднимают или опускают давление относительно давления газа на величину, достаточную для создания потока жидкости. Для этого, соответственно, опускают или поднимают давление в жидкостном резервуаре, не участвующем в межаккумуляторном переносе жидкости на величину, необходимую для сохранения баланса сил давления на поршневой разделитель. При переносе газа в газовый резервуар этого аккумулятора создают указанный поток жидкости в другой аккумулятор по меньшей мере из одного из жидкостных резервуаров этого аккумулятора, поддерживая в этом жидкостном резервуаре давление, большее, чем давление газа в этом газовом резервуаре, а в другом, по меньшей мере в одном, жидкостном резервуаре этого же аккумулятора давление меньше, чем указанное давление газа. При переносе газа из газового резервуара этого аккумулятора создают указанный поток жидкости из другого аккумулятора по меньшей мере в один из жидкостных резервуаров этого аккумулятора, поддерживая в этом жидкостном резервуаре давление, меньшее, чем давление газа в этом газовом резервуаре, а в другом, по меньшей мере, в одном, жидкостном резервуаре этого же аккумулятора давление, большее, чем указанное давление газа.

Изобретение предполагает, что поток жидкости создают через гидропреобразователь и необходимые клапаны, как непосредственно между жидкостными резервуарами разных аккумуляторов, так и через

промежуточный жидкостный буфер с перемещением его подвижного разделителя или теплоизолятора.

С целью дальнейшего уменьшения гидромеханических потерь для приема вытесняемой рабочей жидкости и её нагнетания используют средства подачи и приема жидкости, включающие линию с первым давлением и линию со вторым давлением, И первое, и второе давления поддерживаются высокими (предпочтительно, десятки или сотни бар), причем второе давление больше, чем первое. Преобразование производят по циклу, включающему стадию сжатия газа в аккумуляторе с более холодным газовым резервуаром, стадию переноса газа из него через более горячий теплообменник в аккумулятор с более горячим газовым резервуаром, стадию расширения газа в аккумуляторе с более горячим газовым резервуаром, а также стадию переноса газа из него через более холодный теплообменник в аккумулятор с более холодным газовым резервуаром.

Перенос газа из аккумулятора с более горячим газовым резервуаром в аккумулятор с более холодным газовым резервуаром производят при давлении рабочей жидкости в аккумуляторах меньше, чем первое давление. Поток рабочей жидкости от линии с первым давлением к жидкостному резервуару аккумулятора с более горячим газовым резервуаром направляют через вышеупомянутый гидропреобразователь, которым создают вышеописанный поток рабочей жидкости от аккумулятора с более холодным газовым резервуаром к аккумулятору с более горячим газовым резервуаром.

Перенос газа из аккумулятора с более холодным газовым резервуаром в аккумулятор с более горячим газовым резервуаром производят при давлении рабочей жидкости в аккумуляторах больше, чем второе давление. Поток рабочей жидкости от жидкостного резервуара аккумулятора с более горячим газовым резервуаром к линии со вторым давлением направляют через вышеупомянутый гидропреобразователь, которым создают вышеописанный поток рабочей жидкости от аккумулятора с более горячим газовым резервуаром к аккумулятору с более холодным газовым резервуаром.

Сжатие газа в аккумуляторе (по меньшей мере в одном) с более холодным газовым резервуаром производят, нагнетая рабочую жидкость в его жидкостный резервуар из гидропреобразователя, который подключен также к линиям с первым и вторым давлениями. Этот гидропреобразователь приводят в движение, направляя через него поток жидкости от линии со вторым давлением. В процессе сжатия газа повышают давление жидкости, нагнетаемой из гидропреобразователя в указанный жидкостный резервуар, путем увеличения отношения объемной скорости потока жидкости, протекающей от второй линии к гидропреобразователю, к объемной скорости потока жидкости, протекающей от гидропреобразователя к указанному жидкостному резервуару.

Расширение газа в аккумуляторе (по меньшей мере в одном) с более горячим газовым резервуаром производят, создавая поток жидкости, вытесняемой из его жидкостного резервуара в гидропреобразователь, который подключен также к линиям с первым и вторым давлениями. Этим потоком гидропреобразователь приводят в движение и создают поток рабочей жидкости от него к линии со вторым давлением. В процессе расширения газа снижают давление жидкости, вытесняемой из указанного жидкостного резервуара в гидропреобразователь, путем уменьшения отношения объемной скорости потока жидкости, протекающей от гидропреобразователя ко второй линии, к объемной скорости потока жидкости, протекающей от указанного жидкостного резервуара к гидропреобразователю.

Таким образом, в результате каждого цикла преобразования часть рабочей жидкости переносится от линии с первым давлением к линии со вторым, более высоким, давлением. Скользящие уплотнения гидропреобразователей работают не под полными, а только под разностными давлениями, что уменьшает потери на утечки и трение.

Гидравлическая энергия, полученная вышеописанным переносом жидкости в линию со вторым давлением, может быть использована в нагрузке, подключаемой между указанными линиями с первым и вторым давлением. Для расширения возможностей использования полученной гидравлической энергии предлагается использовать гидропреобразователь,

два порта которого подключены к указанным линиям с первым и вторым давлениями, а два других порта – к линиям с высоким выходным и низким выходными давлениями. Таким образом осуществляют развязку давлений, оптимизируя эффективность газового цикла выбором указанных первого и
5 второго давлений в линиях, и оптимизируя режим нагрузки выбором высокого и низкого выходных давлений.

УСТРОЙСТВО

Для реализации вышеописанного способа предлагается устройство
10 преобразования тепла внешнего источника в гидравлическую энергию, включающее по меньшей мере два пневмогидравлических аккумулятора, в каждом из которых жидкостный резервуар, сообщающийся со средствами подачи и приема жидкости, отделен подвижным разделителем от газового резервуара, сообщающегося со средствами нагрева и охлаждения,
15 выполненными с возможностью нагревать и охлаждать поступающий в них газ.

Средства нагрева и охлаждения содержат по меньшей мере два газовых теплообменника, установленных с возможностью переноса через них газа между газовыми резервуарами разных аккумуляторов, причем
20 средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддерживать по меньшей мере один из этих теплообменников более холодным и другой, по меньшей мере один, теплообменник более горячим.

По меньшей мере один теплообменник выполнен с возможностью подводить тепло к газу от внешнего источника тепла. По меньшей мере один
25 другой теплообменник выполнен с возможностью отводить тепло от газа к охлаждающему теплоносителю. Далее при описании работающего устройства теплообменник первого типа называется более горячим теплообменником, а теплообменник второго типа – более холодным теплообменником. Теплообменник, выполненный с возможностью отводить
30 тепло от газа и подводить отведенное тепло к газу, в аналогичных случаях называется регенерирующим теплообменником.

Для устранения потерь тепла на циклический нагрев и охлаждение стенок газовых резервуаров аккумуляторов предлагается исполнение, в

котором средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддерживать стенки газового резервуара по меньшей мере одного из аккумуляторов более холодными и переносить в него газ через более холодный теплообменник, а стенки газового резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора поддерживать более горячими и переносить в него газ через более горячий теплообменник.

Для устранения потерь тепла газа через разделители предлагается исполнение, в котором средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддерживать стенки жидкостного резервуара по меньшей мере одного из аккумуляторов и рабочую жидкость в нем более холодными, а стенки жидкостного резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора и рабочую жидкость в нем поддерживать более горячими.

Для реализации способа с регенерации тепла рабочей жидкости средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один жидкостный регенерирующий теплообменник. Он соединен с жидкостным резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора и выполнен с возможностью отводить тепло от жидкости при вытеснении её через него из этого аккумулятора и подводить отведенное тепло к жидкости при нагнетании её через него в аккумулятор.

Для реализации способа с теплоизоляцией более горячей части рабочей жидкости от более холодной средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один жидкостный буфер, включающий два жидкостных резервуара, разделенных подвижным теплоизолятором.

Для реализации способа с использованием разных рабочих жидкостей в разных аккумуляторах средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один жидкостный буфер, включающий два разделенных подвижным разделителем резервуара переменного объема.

Каждый из жидкостных резервуаров вышеописанных жидкостных буферов установлен с возможностью сообщаться с жидкостным резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора.

Для уменьшения массогабаритов устройства и суммарного внутреннего объема газовых коммуникаций по меньшей мере один газовый теплообменник выполнен в корпусе аккумулятора, например, как газовый

порт этого аккумулятора с возможностью подводить тепло к газу или отводить тепло от газа (предпочтительно, как газовый порт с увеличенным отношением площади контактирующей с газом поверхности к объему). При этом за счет устранения двух промежуточных портов и газовой линии также
5 уменьшаются и газодинамические потери при переносе газа через этот теплообменник.

Для реализации способа с приближением процесса сжатия газа к изотермическому предлагается исполнение устройства, которое включает по меньшей мере три аккумулятора, а средства нагрева и охлаждения
10 выполнены с возможностью поддержания стенок газовых резервуаров по меньшей мере двух из аккумуляторов более холодными и переноса газа между ними через более холодный газовый теплообменник.

Для реализации способа с приближением процесса расширения газа к изотермическому предлагается исполнение устройства, которое включает по меньшей мере три аккумулятора, а средства нагрева и охлаждения
15 выполнены с возможностью поддержания стенок газовых резервуаров по меньшей мере двух из аккумуляторов более горячими и переноса газа между ними через более горячий газовый теплообменник.

Для уменьшения потерь тепла по меньшей мере один аккумулятор
20 снабжен средствами теплозащиты, выполненными с возможностью отделять стенки газового резервуара от входного потока газа.

При нагревании газа менее чем до 150С для снижения потерь на трение разделителя и снижения стоимости указанный аккумулятор выполняется с эластичным разделителем, а средства теплозащиты
25 включают соединенный с эластичным разделителем гибкий пористый теплоизолятор.

При нагревании газа до более высоких температур указанный аккумулятор предпочтительно выполняется с поршневым разделителем, а средства теплозащиты включают тепловые экраны изменяемой длины,
30 установленные вдоль боковых цилиндрических стенок газового резервуара аккумулятора, а также тепловые экраны, установленные напротив разделителя и дна газового резервуара. Для температур более 300С указанные тепловые экраны предпочтительно выполняются из металла, а

для более низких температур могут выполняться из полимеров, например, из кремнийорганических полимеров.

Для реализаций способа с лучшим приближением процессов сжатия или расширения газа к изотермическим, средства нагрева и охлаждения газа
5 включают по меньшей мере один газовый циркуляционный насос (далее для краткости называемый газодувкой) с возможностью создания им вынужденной конвекции газа в газовом резервуаре по меньшей мере одного аккумулятора.

Для улучшения изотермичности газовый резервуар по меньшей мере
10 одного аккумулятора сообщается со средствами нагрева и охлаждения газа по меньшей мере двумя газовыми линиями с возможностью отбора газа газодувкой из указанного газового резервуара через одну из указанных газовых линий, переноса отобранного газа по меньшей мере через один теплообменник и возврата газа в тот же газовый резервуар через другую
15 газовую линию.

В предпочтительном по простоте и надежности исполнении устройства, содержащего газовый циркуляционный насос, средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один гидромотор, кинематически связанный по меньшей мере с одним газовым
20 циркуляционным насосом, причем гидромотор установлен с возможностью приведения в движение потоком жидкости между ним и жидкостным резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора.

Для реализации способа преобразования по циклу с регенерацией тепла предлагается устройство, в котором по меньшей мере один газовый
25 теплообменник выполнен регенерирующим, т.е. с возможностью отводить тепло от газа при прокачивании через него газа в одном направлении и подводить отведенное от газа тепло к газу при прокачивании через него газа в обратном направлении.

Изобретение предполагает использование тепла различных
30 источников. Тепловой контакт горячих теплообменников с ними осуществляется посредством либо теплопроводности, либо тепломассопереноса, в том числе с конденсационной теплоотдачей, либо лучистого теплопереноса, а также их сочетаний.

Для осуществления теплового контакта с источником тепла посредством тепломассопереноса с использованием внешнего горячего теплоносителя по меньшей мере в одном теплообменнике выполнены каналы для пропускания внешнего теплоносителя с возможностью подводить к газу тепло от этого теплоносителя.

Для повышения эффективности при использовании горячего теплоносителя по меньшей мере один теплообменник выполнен противоточным, т.е. в нем выполнены каналы для пропускания внешнего теплоносителя с возможностью подводить к газу тепло от этого теплоносителя так, что к входящему в теплообменник газу тепло подводится от выходящего из теплообменника внешнего теплоносителя, а тепло к выходящему из теплообменника газу подводится от входящего в теплообменник внешнего теплоносителя. Для использования указанного теплообменника в качестве регенерирующего в нем выполнен по меньшей мере один дополнительный газовый порт с возможностью вводить в теплообменник газ, а средства нагрева и охлаждения содержат по меньшей мере один канал, соединяющий дополнительный газовый порт с аккумулятором и выполнены с возможностью запирать этот канал.

Для реализации способа с созданием межаккумуляторного потока жидкости предлагается исполнение устройства, в котором средства подачи и приема жидкости включают средства межаккумуляторной передачи жидкости, выполненные с возможностью создания потока жидкости между жидкостными резервуарами по меньшей мере двух аккумуляторов так, что разница давлений между любыми частями жидкости в этом потоке не превосходит 30% от давления жидкости в том жидкостном резервуаре, в который ее нагнетают, предпочтительно, указанная разница не превосходит 5% от указанного давления.

Предусматриваются различные исполнения средств межаккумуляторной передачи жидкости, с использованием как роторных, так и линейных жидкостных насосов и гидромоторов, а также с использованием гидропреобразователей в которых насос и мотор объединены. В последнем случае средства межаккумуляторной передачи жидкости включают по меньшей мере один гидропреобразователь по меньшей мере с тремя

жидкостными портами, установленный с возможностью сообщаться двумя своими портами с жидкостными резервуарами по меньшей мере двух аккумуляторов и создавать между ними поток жидкости при протекании жидкости по меньшей мере через один другой его порт. Предусматривается
5 использование различных гидропреобразователей, например, роторных аксиально-поршневых гидропреобразователей с фазовым регулированием (как в US 6116138), в которых каждый цилиндр часть оборота работает как мотор, а другую часть – как насос, или многокамерных линейных гидропреобразователей с цифровым регулированием (как в US 7475538).

10 В более компактном исполнении по меньшей мере один аккумулятор сочетает функции пневмогидравлического аккумулятора и гидропреобразователя (как в US 5971027). Такой аккумулятор включает по меньшей мере два жидкостных резервуара, отделенных одним общим поршневым разделителем от одного газового резервуара, а средства
15 межаккумуляторной передачи жидкости выполнены с возможностью создания потока жидкости между по меньшей мере одним из жидкостных резервуаров этого аккумулятора и по меньшей мере одним жидкостным резервуаром другого аккумулятора.

Для реализации способа преобразования с переносом жидкости от
20 линии с первым высоким давлением к линии со вторым высоким давлением средства подачи и приема жидкости содержат первую и вторую линии с возможностью поддерживать в них первое и второе давления соответственно, а также гидропреобразователь по меньшей мере с тремя портами, установленный с возможностью обмена жидкостью между двумя
25 указанными линиями и жидкостным резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора при давлениях в этом жидкостном резервуаре, отличном от указанных давлений в линиях.

Для реализации способа с развязкой давлений нагрузки от указанных давлений в линиях средства подачи и приема жидкости включают
30 гидропреобразователь по меньшей мере с четырьмя портами, установленный с возможностью соединения двух портов с указанными первой и второй линиями, а двух других портов - с двумя выходными

линиями, и поддержания в выходных линиях давлений, отличающихся от указанных давлений в первой и второй линиях.

Более подробно детали изобретения описываются в нижеприведенных примерах, иллюстрируемых чертежами и графиками. На фигурах
5 представлены:

Фиг. 1 Устройство с двумя аккумуляторами и двумя теплообменниками.

Фиг. 2 Устройство с тремя аккумуляторами, газодувкой, газовым
10 регенерирующим теплообменником, жидкостными теплообменниками и жидкостным теплоизолирующим буфером, а также с гидропреобразователями.

Фиг. 3 Газовый проточный теплообменник.

Фиг. 4 Интегральное исполнение жидкостного регенерирующего
15 теплообменника и жидкостного теплоизолирующего буфера.

Фиг. 5 Интегральное исполнение аккумулятора и газового проточного теплообменника.

Фиг. 6 Интегральное исполнение аккумулятора, газового проточного теплообменника и газодувки с приводом от гидромотора.

20 Фиг. 7 Газовый регенерирующий теплообменник.

Фиг. 8 Интегральное исполнение нерегулируемого гидропреобразователя и жидкостного теплоизолирующего буфера.

Основной принцип предлагаемого изобретения иллюстрируется Фиг. 1.
25 Улучшения основного принципа иллюстрируются Фиг. 2. На Фиг. 3 – Фиг. 8 показаны частные исполнения основных элементов и частей.

Устройство по Фиг. 1 включает два пневмогидравлических аккумулятора 1 и 2, жидкостные резервуары 3 и 4 которых сообщаются со
30 средствами подачи и приема жидкости 14. Жидкостные резервуары 3 и 4 отделены подвижными разделителями 5 и 6 от газовых резервуаров 7 и 8, сообщаемых со средствами нагрева и охлаждения 9. Для нагрева и охлаждения газа эти средства содержат проточные газовые теплообменники

10 и 11, соединенные с газовыми резервуарами 7 и 8 аккумуляторов 1 и 2 через газовые линии 12 и клапаны 13. Теплообменник 10 выполнен с возможностью теплового контакта с внешним источником тепла и с возможностью подводить тепло от него к газу. Теплообменник 11 выполнен с
5 возможностью теплового контакта с охлаждающим теплоносителем и с возможностью отводить тепло от газа к нему.

Изобретение предполагает использование тепла различных источников, в том числе, двигателей внутреннего или внешнего сгорания, высокотемпературных топливных элементов, солнца, геотермальных
10 источников и др., а также непосредственно тепла экзотермических реакций, проводимых в тепловом контакте с горячим теплообменником. Тепловой контакт с источником тепла осуществляется посредством либо теплопроводности, либо тепломассопереноса с использованием горячего теплоносителя, например, выхлопных газов ДВС или отработанного пара
15 паровой турбины, либо лучистого теплотеплопереноса, а также их сочетаний. Предусматривается также тепломассоперенос с конденсационной теплоотдачей, например, при утилизации тепла отработанного пара паровой турбины или при использовании тепловых труб.

Исполнение газового теплообменника 10 (или 11), тепловой контакт с
20 которым осуществляется посредством тепломассопереноса, показан на Фиг. 3. Он содержит внутренние щелевые газовые каналы 15, радиально расходящиеся от внутреннего осевого канала 16, большая часть которого, за исключением коллекторных частей 17, перекрыта пробкой 18. Ввод и вывод газа осуществляют через порты 19 во фланцах 20 (второй фланец не
25 показан). Предпочтительно, суммарный объем газа во внутренних каналах 15, 16 теплообменников 10, 11 не превышает 10% от максимального суммарного объема газа в газовых резервуарах 7, 8 аккумуляторов. Для подвода тепла от внешнего источника теплообменник по Фиг.3 содержит спиральные внешние каналы 21, по которым через внешние порты (на
30 рисунке не показаны) прокачивают нагревающий теплоноситель, циркулирующий между теплообменником 10 и внешним источником тепла. Предпочтительно, теплообменник 10 выполняют и устанавливают как противоточный, с возможностью подводить к газу тепло от нагревающего

теплоносителя так, что к входящему в теплообменник 10 газу тепло подводится от выходящего из теплообменника 10 внешнего теплоносителя, а тепло к выходящему из теплообменника 10 газу подводится от входящего в теплообменник 10 внешнего теплоносителя. Таким образом, одновременно
5 достигаются и более полное использование тепла внешнего источника, и большая степень нагрева газа. Аналогично выполнен и установлен теплообменник 11, через внешние каналы которого прокачивают охлаждающий теплоноситель.

Газовый теплообменник 10 нагревается от внешнего источника тепла и
10 становится более горячим. Газовый теплообменник 11 охлаждается охлаждающим теплоносителем и становится более холодным.

Для преобразования тепла внешнего источника в гидравлическую энергию сжатие и расширение газа сочетают с подводом и отводом тепла так, что средняя температура газа при расширении выше, чем при сжатии.
15 Под сжатием и расширением здесь и далее понимается изменение плотности газа (повышение или уменьшение плотности соответственно) путем изменения объема газового резервуара по меньшей мере одного аккумулятора.

Устройство по Фиг. 1 может использоваться для преобразования тепла
20 в гидравлическую энергию с реализацией циклов, сочетающих изобарические, изохорные и близкие к адиабате политропные стадии, например, циклов Отто, Брайтона, Дизеля или др. Здесь и далее реальные процессы в газовом цикле приближенно описываются идеализированными стадиями (такими, как адиабатная, изотермическая, изобарическая или
25 изохорная).

Изменяя плотность газа (расширяя или сжимая газ) без переноса газа через теплообменник, реализуют политропное расширение или сжатие, которое приближается к адиабатическому при увеличении скорости расширения или сжатия.

30 Переноса газ через теплообменник (более горячий 10 или более холодный 11) без изменения плотности газа (то есть с одинаковыми скоростями вытеснения газа из одного аккумулятора и всасывания газа в

другой аккумулятор) реализуют изохорное изменение температуры газа (нагрев или охлаждение соответственно).

Переноса газ из одного аккумулятора в другой с расширением (то есть с увеличением суммарного объема газовых резервуаров 7 и 8) через более горячий теплообменник 10 реализуют расширение газа с нагревом например, 5 изобарическое. Аналогично реализуют сжатие газа с охлаждением (например, изобарическое) при переносе газа из одного аккумулятора в другой со сжатием через более холодный теплообменник 11.

Предлагаемый способ преобразования тепла в гидравлическую 10 энергию не ограничивается циклами с вышеуказанными идеализированными стадиями и распространяется на все циклы, в которых работа расширения газа превосходит работу по сжатию газа.

Пример цикла преобразования тепла в гидравлическую энергию, реализуемый в исполнении устройства по Фиг.1., включает четыре стадии: 15 первую стадию политропного сжатия газа в газовом резервуаре первого аккумулятора; вторую стадию подвода тепла к газу и его нагрева при переносе газа в другой аккумулятор через более горячий теплообменник 10; третью стадию политропного расширения газа в газовом резервуаре другого аккумулятора и четвертую стадию отвода тепла от газа и его охлаждения при 20 переносе газа обратно в первый аккумулятор через более холодный теплообменник 11. В начале первой стадии газ максимально полно вытеснен из газового резервуара 8 аккумулятора 2 в газовый резервуар 7 аккумулятора 1 через более холодный теплообменник 11, в результате чего начальная температура газа приближена к температуре более холодного теплообменника 11. Нагнетая рабочую жидкость средствами подачи и 25 приема жидкости 14 в жидкостный резервуар 3 аккумулятора 1, производят политропное сжатие газа в газовом резервуаре 7 с повышением давления и температуры газа. Политропное сжатие газа завершают при температуре газа ниже температуры более горячего теплообменника 10. На второй стадии к сжатому газу подводят тепло, переноса газ через клапан 13 и более горячий теплообменник 10 из газового резервуара 7 в газовый резервуар 8 30 при нагнетании рабочей жидкости в жидкостный резервуар 3 и вытеснении рабочей жидкости из жидкостного резервуара 4. Подвод тепла производится

с нагревом и расширением газа, т.е. с увеличением суммарного объема газа в газовых резервуарах 7 и 8. При этом из жидкостного резервуара 4 аккумулятора 2 в средства подачи и приема жидкости 14 вытесняется большее количество рабочей жидкости, чем нагнетается из них в жидкостный резервуар 3 аккумулятора 1. Предпочтительно, перенос газа производят до максимального вытеснения газа из газового резервуара 7 аккумулятора 1. На третьей стадии производят дальнейшее расширение газа в газовом резервуаре 8 аккумулятора 2 с вытеснением жидкости из его жидкостного резервуара 4 в средства подачи и приема жидкости 14. При этом давление и температура газа понижаются. Политропное расширение газа завершают при температуре газа выше температуры более холодного теплообменника 10. На четвертой стадии от расширенного газа отводят тепло, перенося газ через более холодный теплообменник 10 и клапан 13 из газового резервуара 8 в газовый резервуар 7 при нагнетании рабочей жидкости в жидкостный резервуар 4 и вытеснении рабочей жидкости из жидкостного резервуара 3. Отвод тепла производится с охлаждением и сжатием газа, т.е. с уменьшением суммарного объема газа в газовых резервуарах 8 и 7. При этом из жидкостного резервуара 3 аккумулятора 1 в средства подачи и приема жидкости 14 вытесняется меньшее количество рабочей жидкости, чем нагнетается из них в жидкостный резервуар 4 аккумулятора 2. Средняя температура и среднее давление газа выше при расширении на второй и третьей стадиях, чем при сжатии на первой и четвертой стадиях. Поэтому работа расширения газа превосходит работу по сжатию газа. На второй и третьей стадиях цикла средства подачи и приема жидкости 14 получают с рабочей жидкостью, вытесняемой из аккумуляторов, больше гидравлической энергии, чем затрачивают на нагнетание рабочей жидкости в аккумуляторы на первой и четвертой стадиях. В результате часть тепла преобразуется в дополнительную гидравлическую энергию, которую средства подачи и приема жидкости 14 используют для производства механической работы в нагрузках, например, в гидромоторах или в гидроцилиндрах. Предполагается множество исполнений средств подачи и приема жидкости 14, включающих как отдельные насосы и гидромоторы, так и гидропреобразователи.

Вышеописанный основной принцип изобретения реализуется с большей эффективностью с использованием улучшений, включенных в исполнение устройства по Фиг. 2

В устройстве по Фиг. 2 средства нагрева и охлаждения 9 содержат
5 обратные клапаны 22, установленные так, что через более холодный теплообменник 11 газ переносят только в газовый резервуар 7 аккумулятора 1 и поддерживают таким образом стенки газового резервуара 7 более холодными. При этом более горячий теплообменник 10 установлен так, что
10 газ через него переносят из газового резервуара 7 в газовый резервуар 8, а из него – в газовый резервуар 23 третьего аккумулятора 24, поддерживая таким образом стенки газовых резервуаров 8 и 23 более горячими.

В других исполнениях с тремя и более аккумуляторами средства нагрева и охлаждения могут быть выполнены с возможностью поддержания стенок газовых резервуаров по меньшей мере двух из аккумуляторов более
15 холодными и переноса газа между ними через более холодный газовый теплообменник.

Средства нагрева и охлаждения 9 также содержат жидкостный проточный теплообменник 25 и обратные клапаны 26. Теплообменник 25 нагревают теплом от внешнего источника тепла, например, посредством
20 горячего теплоносителя. Рабочую жидкость, направляемую в жидкостный резервуар 4 аккумулятора 2 или в жидкостные резервуары 27, 28 аккумулятора 24, пропускают через нагретый жидкостный теплообменник 25, поддерживая стенки указанных жидкостных резервуаров и рабочую жидкость в них более горячими. При этом стенки жидкостного резервуара 3
25 аккумулятора 1 и жидкость в нем остаются более холодными. Таким образом, аккумуляторы 2 и 24 в целом поддерживаются более горячими, а аккумулятор 1 – более холодным.

В других исполнениях может применяться охлаждаемый жидкостный теплообменник, через который рабочую жидкость пропускают при нагнетании
30 в жидкостный резервуар аккумулятора с более холодными стенками газового резервуара (например, аккумулятора 1 по Фиг. 1, Фиг. 2).

Также в других исполнениях могут применяться аккумуляторы, снабженные теплообменниками для непосредственного нагрева или охлаждения стенок аккумуляторов.

В устройстве по Фиг. 2 средства подачи и приема жидкости 14
5 включают жидкостный регенерирующий теплообменник 29 и теплоизолирующий буфер 30. В других исполнениях может применяться только жидкостный регенерирующий теплообменник или только теплоизолирующий буфер. Жидкостный регенерирующий теплообменник 29
10 соединен с жидкостными резервуарами 4, 27 и 28 обоих горячих аккумуляторов 2 и 24 с возможностью отводить тепло от жидкости при вытеснении её через него из этих аккумуляторов в теплоизолирующий буфер 30 и подводить отведенное тепло к жидкости при обратном перемещении
15 жидкости из буфера 30 в эти аккумуляторы. Рабочую жидкость, направляемую от горячих аккумуляторов 2 или 24 через теплообменник 29, охлаждают, передавая тепло от жидкости к теплообменнику 29. Рабочую
20 жидкость, направляемую в горячие аккумуляторы 2 или 24 через этот же теплообменник 29 в обратном направлении, нагревают, передавая тепло от теплообменника 29 к жидкости. Таким образом уменьшают температуру рабочей жидкости, направляемой в теплоизолирующий жидкостный буфер
30, включающий два жидкостных резервуара переменного объема 31 и 32, разделенных подвижным теплоизолятором 33. Использование
высокотемпературной рабочей жидкости (например, органической или кремнийорганической) позволяет поднимать её температуру до 300С и выше.

Для использования в холодном и горячих аккумуляторах разных
25 рабочих жидкостей может быть применен отдельный жидкостный буфер, включающий два разделенных подвижным разделителем резервуара переменного объема либо жидкостный буфер 30 может быть выполнен с непроницаемым для жидкости подвижным теплоизолирующим разделителем 33.

30 Предполагается множество исполнений жидкостного регенерирующего теплообменника 29, как включающих регенерирующие элементы, установленные внутри прочной оболочки, так и выполненных в виде единого элемента с большой теплоемкостью и малой теплопередачей от его более

горячей части к более холодной части (например, в виде длинной трубки). В интегральном исполнении по Фиг. 4 жидкостный регенерирующий теплообменник 29 и жидкостный теплоизолирующий буфер 30 по Фиг. 4 выполнены в общей внешней прочной оболочке 34 с жидкостными портами 5 35 и 36 на ее фланцах. Внутри прочной оболочки 34 расположен тонкостенный металлический рукав 37, в котором установлен с возможностью скольжения подвижный теплоизолятор 33 в виде длинного полого поршня 38, который разделяет высокотемпературный и низкотемпературный резервуары 31 и 32 переменного объема. В 10 пространстве 39 между прочной оболочкой 34 и металлическим рукавом 37 размещен наполнитель 40 (например, минеральная вата или вспененный полимер), препятствующий конвекции высокотемпературной жидкости с низкой теплопроводностью, заполняющей это пространство. В полости 41 внутри полого поршня 38 также размещаются наполнитель 40 и 15 высокотемпературная жидкость с низкой теплопроводностью. В данном случае этой жидкостью является рабочая жидкость, заполняемая через отверстия 42 в рукаве 37 и отверстия 43 в стенках полого поршня 38. Эта жидкость обеспечивает гидростатическую разгрузку тонкого рукава 37 и тонких стенок поршня 38. В других исполнениях вместо тонкостенного 20 металлического рукава 37 и отделяемого им слоя теплозащитной жидкости вдоль прочной оболочки 34 может применяться сплошная теплозащитная вставка из высокотемпературного материала с низкой теплопроводностью (предпочтительно, менее 1 Вт/(м*К), например из высокотемпературного пластика (например, типа полиимида). Подвижный теплоизолятор 33 также 25 может быть выполнен из аналогичного твердого материала с низкой теплопроводностью

Высокотемпературный резервуар 32 переменного объема сообщается с проточной частью 44 жидкостного регенерирующего теплообменника 29, которая заполнена регенерирующими элементами 45. В данном случае они 30 выполнены в виде шаров из металла с высокой теплопроводностью (например, из алюминия). Для уменьшения размеров регенерирующие элементы 45 могут содержать материалы, испытывающие фазовый переход

при теплообмене с протекающей жидкостью (например, плавление при отборе тепла от жидкости и кристаллизация при отдаче тепла к жидкости).

В исполнении по Фиг. 2 газовый теплообменник 10 выполнен отдельным элементом и установлен между аккумуляторами 2 и 24 с
5 возможностью переносить через него газ из меньшего газового резервуара 8 аккумулятора 2 в больший газовый резервуар 23 аккумулятора 24, приближая тем самым процесс расширения газа к изотермическому. Для компактности и уменьшения потерь давления при переносе газа предлагается исполнение по Фиг. 5, где газовый теплообменник 10 выполнен
10 в одном корпусе с аккумулятором 2 как газовый порт этого аккумулятора с увеличенной площадью теплообменной поверхности. Он содержит внешние каналы 21 для нагревающего теплоносителя, прочную оболочку 46, общую с аккумулятором 2, а также внутреннюю теплообменную секцию 47, выполненную из металла с высокой теплопроводностью (предпочтительно,
15 из меди или алюминия). В этой секции выполнены внутренние щелевые газовые каналы 15, которые радиально расходятся от осевого канала 16, большая часть которого перекрыта пробкой 18, за исключением коллекторной части 17. В исполнении с двумя более горячими аккумуляторами, как по Фиг. 2, через этот более горячий теплообменник 10
20 газ переносят при переносе в более горячий аккумулятор 2 из более холодного аккумулятора 1, а также при переносе из меньшего более горячего аккумулятора 2 в больший, более горячий аккумулятор 24.

Аналогичным образом в других исполнениях более холодный газовый теплообменник 11 может быть выполнен в одном корпусе с более холодным
25 аккумулятором 1.

Средства нагрева и охлаждения 9 по Фиг. 2 включают газодувку 48, установленную с возможностью создания вынужденной конвекции в газовом резервуаре 7 более холодного аккумулятора 1. Газовый резервуар 7
30 сообщается со средствами нагрева и охлаждения 9 по меньшей мере двумя газовыми линиями 49 и 50 с возможностью отбора газа газодувкой 48 из газового резервуара 7 через газовую линию 49, переноса отобранного газа через более холодный проточный газовый теплообменник 11 и возврата газа в тот же газовый резервуар 7 через другую газовую линию 50. В других

исполнениях с внешним теплообменником газодувка может быть размещена в корпусе аккумулятора и создавать вынужденную конвекцию без переноса газа через внешний теплообменник, приближая сжатие или расширение газа к изотермическому только за счет теплообмена со стенками газового резервуара.

Средства подачи и приема жидкости 14 по Фиг. 2 включают гидромотор 51, кинематически связанный с газодувкой 48 посредством вала 52. (В других исполнениях кинематическая связь гидромотора с воздуходувкой может включать редуктор для повышения скорости вращения воздуходувки). Через клапан 103 гидромотор 51 соединяется с жидкостной линией 67 с возможностью приведения в движение потоком жидкости между ним и жидкостным резервуаром 3 аккумулятора 1.

В интегрированном исполнении по Фиг. 6 в одном корпусе с аккумулятором 1 выполнены проточный газовый теплообменник 11 и центробежная газодувка 48, которая соединена с гидромотором 51 валом 52. На Фиг.6 не показаны обратные клапаны 22 (Фиг.2). Один из них может быть выполнен как дисковый клапан, установленный на торце внутренней теплообменной секции 47с возможностью перекрывания теплообменных щелевых каналов 15. Другой обратный клапан может быть установлен в осевом канале 16. Такое интегральное исполнение повышает компактность устройства и устраняет необходимость в газовых линиях, что снижает суммарное газодинамическое сопротивление.

При нагнетании в жидкостный резервуар 3 аккумулятора 1 рабочей жидкости она приводит в движение гидромотор 51 и кинематически связанную с ним газодувку 48. Центробежная газодувка 48 (Фиг. 6) всасывает газ из газового резервуара 7 через осевой канал 16 и нагнетает его в щелевые каналы 15 теплообменника 11, из которых газ поступает обратно в газовый резервуар 7, в котором создается вынужденная конвекция. Усиленный теплообмен газа со стенками газового резервуара 7 и поверхностями щелевых каналов 15 приближает процесса сжатия газа в этом газовом резервуаре к изотермическому.

Жидкость, приводящая в движение гидромотор 51 и газ, перекачиваемый газодувкой 48, имеют близкие давления и близкие

температуры, что способствует благоприятному режиму работы уплотнений вала 52.

В других исполнениях газодувка может быть установлена с возможностью создания вынужденной конвекции в газовом резервуаре более горячего аккумулятора. Также в других исполнениях газодувка может быть кинематически связана с электромотором, расположенным в полости высокого давления, предпочтительно, заполненной жидкостью.

Устройство по Фиг. 2 включает регенерирующий проточный газовый теплообменник 53, к которому отводят тепло от газа при переносе через него газа в более холодный аккумулятор 1 и от которого подводят отведенное от газа тепло обратно к газу при переносе через него газа в обратном направлении, т.е. от более холодного аккумулятора 1 к более горячему аккумулятору 2. При этом та его часть, в которую втекает газ от более холодного аккумулятора 1, становится холоднее, а противоположная часть, в которую втекает газ от более горячих аккумуляторов 2 или 24, становится горячее. На стадии охлаждения тепло от газа отводят к регенерирующему теплообменнику 53, а затем к охлаждающему теплоносителю через более холодный теплообменник 11. На стадии нагрева подводят тепло к газу сначала от регенерирующего теплообменника 53, а затем от внешнего источника тепла через более горячий теплообменник 10.

Предпочтительно, суммарный объем газа в регенерирующем теплообменнике 53 не превышает 10% от максимального суммарного объема газа в газовых резервуарах аккумуляторов. Теплоемкость регенерирующего теплообменника 53 превышает максимальную суммарную теплоемкость газа (предпочтительно, не менее, чем в 2 раза). Конфигурация регенерирующего теплообменника (длина, продольное и поперечное сечения) и теплопроводность материала регенерирующего теплообменника выбраны так, чтобы теплопередача от его более горячей части к его более холодной части была меньше, чем теплопередача от газа к охлаждающему теплоносителю в более холодном теплообменнике 11 (предпочтительно, меньше, чем 30% от указанной теплопередачи). Предполагается множество исполнений регенерирующего теплообменника 53, как включающих регенерирующие элементы, установленные внутри прочной герметичной

оболочки, так и выполненных в виде единого элемента с малым внутренним объемом, большой теплоемкостью и малой теплопередачей от более горячей части к более холодной части. В частном исполнении по Фиг. 7 регенерирующий газовый теплообменник 53 включает прочную оболочку 54 с теплоизолирующей вставкой 55, внутри которой размещен регенерирующий элемент 56 в виде свернутого в спираль листа 57 с прокладками 58, определяющими зазоры между слоями спирали. Газ, протекая по этим зазорам, обменивается теплом с поверхностями регенерирующего элемента, остывая или нагреваясь в зависимости от направления переноса. В данном исполнении используется металлический лист (предпочтительно, из металла с низкой теплопроводностью, например, нержавеющей стали). Для снижения продольной теплопроводности в металлическом листе 57 выполнена перфорация 59, разбивающая регенерирующий элемент на несколько секций с повышенным тепловым сопротивлением между ними в зонах перфорации 59. В других исполнениях регенерирующие элементы могут выполняться из высокотемпературных пластиков без перфорации. Теплозащитная вставка 55, выполненная из высокотемпературного пластика или керамики, снижает потери тепла на нагрев и охлаждение прочной оболочки 54. В других исполнениях вместо теплозащитной вставки 55 может применяться слой теплоизолирующей жидкости, отделенной тонким металлическим рукавом от газовой части с регенерирующим элементом (аналогично теплозащитному слою жидкости в жидкостном регенерирующем теплообменнике 29 по Фиг. 4).

В других исполнениях в качестве газового регенерирующего теплообменника 53 может использоваться часть теплообменника 10 (или 11). Для этого в таком теплообменнике выполняется дополнительный газовый порт с возможностью вводить в теплообменник газ, а средства нагрева и охлаждения содержат по меньшей мере один канал, соединяющий дополнительный газовый порт с газовым резервуаром 23 (или с газовым резервуаром 7) и содержат клапан, установленный с возможностью запирать этот канал.

Регенерация тепла в сочетании с приближением сжатия и расширения к изотермическим обеспечивает высокую термодинамическую

эффективность преобразования тепла в работу, совершаемую газом при вытеснении жидкости из аккумуляторов.

Средства подачи и приема жидкости 14 по Фиг. 2 включают гидропреобразователь 60, и клапаны 61, 62 и 63, которые в совокупности с жидкостными линиями 64-67 образуют средства межаккумуляторной передачи жидкости, выполненные с возможностью создания потока жидкости между жидкостными резервуарами аккумуляторов 1, 2 и 24.

Гидропреобразователь 60 имеет три жидкостных порта 68, 69 и 70. Порт 68 через клапаны 63 и 103 соединяется с жидкостным резервуаром 3 аккумулятора 1, а порт 69 через клапаны 62, 26 и 61, а также через жидкостный теплоизолирующий буфер 30 и регенерирующий жидкостный теплообменник 29, соединяется с жидкостным резервуаром 4 аккумулятора 2 или с жидкостными резервуарами 27 и 28 аккумулятора 24. Третий порт 70 гидропреобразователя 60 соединен с жидкостной линией 71. При протекании жидкости через этот третий порт 70 создается поток жидкости между портами 68 и 69 гидропреобразователя 60 и, соответственно, между жидкостными резервуарами аккумуляторов, с которыми при этом сообщаются эти порты.

Аккумулятор 24 по Фиг. 2 выполнен как в US5971027 и сочетает функции пневмогидравлического аккумулятора и гидропреобразователя. Он имеет 3 порта (газовый порт 72 и жидкостные порты 73 и 74) и включает два жидкостных резервуара 27 и 28, отделенных одним общим поршневым разделителем 75 от одного газового резервуара 23. Средства межаккумуляторной передачи жидкости включают клапан 61 и линии 64 и 65 для создания потока жидкости между жидкостным резервуаром 27 аккумулятора 24 и жидкостным резервуаром 4 аккумулятора 2. Жидкостные резервуары 27 и 28 отделены друг от друга, что позволяет поддерживать в них разные давления так, чтобы суммарная сила давления жидкости на разделитель 75 уравнивала силу давления газа на него. При переносе газа из газового резервуара 8 аккумулятора 2 в газовый резервуар 23 создают встречный поток жидкости в жидкостный резервуар 4 аккумулятора 2 из жидкостного резервуара 27, поддерживая в нем давление больше, чем в газовом резервуаре 23. При этом в другом жидкостном резервуаре 28, через клапан 62 (а также через регенерирующий теплообменник 29 и

теплоизолирующий буфер 30) соединяемом с гидропреобразователем 76, поддерживают давление меньше, чем в газовом резервуаре 23. Изменяя соотношение скоростей потоков через порты 77, 78 и 79 гидропреобразователя 76, изменяют давление жидкости, протекающей через его порт 77, соединяющийся с жидкостным резервуаром 28. Таким образом, с помощью гидропреобразователя 76 поддерживают давление в жидкостном резервуаре 28, пониженное относительно газового давления в газовом резервуаре 23. При этом ввиду вышеуказанного баланса сил, действующих на разделитель 75, в жидкостном резервуаре 27 устанавливается давление, повышенное относительно газового давления в газовом резервуаре 23. При установившейся скорости взаимного переноса газа и жидкости между аккумуляторами 2 и 24 величина этого относительного превышения давления жидкости в жидкостном резервуаре 27 над давлением газа в газовом резервуаре 23 соответствует величине суммарного падения давления на разделителях 75 и 6, обусловленного трением, и падения давления на сопротивлениях газовой-жидкостного контура, через который происходит перенос газа и встречный перенос жидкости. Этот контур включает газовые и жидкостные порты аккумуляторов 1, 2 и 24, газовый теплообменник 10, а также клапаны и линии. Поскольку падение давления на указанном контуре растет с ростом скорости взаимного переноса газа и жидкости между аккумуляторами 2 и 24, для увеличения скорости переноса увеличивают указанную величину превышения давления в жидкостном резервуаре 27 относительно давления в газовом резервуаре 23, и наоборот, уменьшают для уменьшения скорости.

В других исполнениях такой аккумулятор с несколькими жидкостными резервуарами может быть использован как второй более холодный аккумулятор (или как единственный более горячий аккумулятор, например, вместо аккумулятора 2 по Фиг. 1). В этом случае при обратном переносе газа из него в меньший аккумулятор (например, в аккумулятор 1 по Фиг. 1), создают встречный поток жидкости из жидкостного резервуара меньшего аккумулятора в один (или в несколько) из жидкостных резервуаров такого аккумулятора, поддерживая в нем давление меньше, чем давление газа. При этом в другом (или в нескольких других) жидкостном резервуаре этого

аккумулятора поддерживают давление больше, чем давление газа в его газовом резервуаре, например, тоже посредством гидропреобразователя.

Такое интегральное исполнение аккумулятора с двумя жидкостными резервуарами, сочетающее функции аккумулятора и гидропреобразователя, снижает потери на межаккумуляторный перенос жидкости и повышает компактность устройства. В других интегральных исполнениях аккумуляторы могут содержать несколько жидкостных резервуаров, а также несколько газовых резервуаров в одном корпусе. С точки зрения настоящего изобретения количество аккумуляторов в таких интегральных исполнениях равно количеству независимо двигающихся разделителей между газовыми и жидкостными резервуарами.

Гидропреобразователь 60 и клапаны 62 и 63 используются для создания потока жидкости между аккумулятором 2 и аккумулятором 1 при переносе газа между ними с подводом тепла от регенерирующего газового теплообменника 53 и более горячего теплообменника 10, а также для создания потока жидкости между жидкостными резервуарами 27 и 28 аккумулятора 24 и жидкостным резервуаром 3 аккумулятора 1 при переносе газа между аккумуляторами 24 и 1 с отводом тепла от газа на регенерирующий теплообменник 53 и более холодный газовый теплообменник 11. При переносе газа из газового резервуара 7 в газовый резервуар 8 жидкостный резервуар 3 соединяют с портом 68 гидропреобразователя 60 (через клапаны 103 и 63), а жидкостный резервуар 4 соединяют с портом 69 (через клапаны 61, 26 и 62, жидкостный регенерирующий теплообменник 29 и жидкостный теплоизолирующий буфер 30). Поддерживая (с помощью гидропреобразователя 60) давление жидкости в жидкостном резервуаре 3 больше, чем давление газа в газовом резервуаре 7, вытесняют газ из аккумулятора 1 в аккумулятор 2 и создают встречный поток жидкости между аккумуляторами 2 и 1 через порты 68 и 69 гидропреобразователя 60 с вытеснением разностного потока жидкости через его третий порт 70, линию 71 и обратный клапан 97 в линию 90.

При переносе газа из газового резервуара 23 в газовый резервуар 7 аккумулятора 1 соединяют оба жидкостных резервуара 27 и 28 с портом 69 гидропреобразователя 60 (через клапаны 61 и 62, жидкостный

регенерирующий теплообменник 29 и жидкостный теплоизолирующий буфер 30). Поддерживая с помощью гидропреобразователя 60 давление жидкости в этих жидкостных резервуарах больше, чем давление газа в газовом резервуаре 23, вытесняют газ из аккумулятора 24 в аккумулятор 1 и создают встречный поток жидкости в жидкостных резервуары 27 и 28 из жидкостного резервуара 3 аккумулятора 1 через порты 68 и 69 гидропреобразователя 60 с нагнетанием разностного потока жидкости через его третий порт 70, линию 71 и обратный клапан 97 от линии 89. Таким образом, в обоих случаях с помощью гидропреобразователя 60 преодолевают суммарное падения давления на сопротивлениях газовой-жидкостного контура, включающего газовые и жидкостные порты аккумуляторов 1, 2 и 24, газовые и жидкостные теплообменники, жидкостный буфер, клапаны и линии, а кроме того, падение давления на разделителях обусловленное трением.

В исполнении по Фиг. 2 гидропреобразователь 60 выполнен регулируемым, с возможностью изменять соотношения объемных скоростей потоков через его порты 68, 69, 70 и, следовательно, с возможностью поддерживать разные соотношения давлений жидкости в этих потоках. В других исполнениях гидропреобразователь 60, используемый для межаккумуляторного переноса жидкости, может выполняться нерегулируемым, т.е. с постоянным соотношением объемных скоростей поток через его порты, например содержащим три жидкостных резервуара, разделенных одним разделителем, наподобие аккумулятора 24. Интегральное исполнение такого гидропреобразователя, совмещенного с теплоизолирующим жидкостным буфером, показано на Фиг. 8. Два его жидкостных резервуара 80 и 81 отделены одним общим теплоизолирующим поршневым разделителем 82 от большего жидкостного резервуара 83. Теплоизолирующий разделитель 82 скользит по теплоизолирующей вставке 84, установленной внутри прочной оболочки 85. В процессе межаккумуляторного переноса газа и жидкости резервуары 81 и 83 используются для обмена жидкостью с жидкостными резервуарами аккумуляторов, между которыми переносят жидкость. Большой резервуар 83 соединяется с более горячим аккумулятором (например, с аккумулятором 2 или 24, Фиг. 2) и обменивается с ним более горячей жидкостью. Меньший

резервуар 81 соединяется с более холодным аккумулятором (например, с аккумулятором 1, Фиг. 2) и обменивается с ним более холодной жидкостью. Отношение площадей поперечного сечения резервуаров 83 и 81 равно степени изменения объема газа на стадиях переноса газа между более

5 холодным и более горячим аккумуляторами через теплообменники. Третий резервуар 80 имеет площадь поперечного сечения, равную разности площадей поперечных сечений резервуаров 83 и 81. Соответственно, поток жидкости через жидкостный порт 86 равен разности потоков через порт 88 и порт 87. Третий резервуар 80 используется для получения в него

10 разностного потока жидкости при переносе газа со сжатием и для вытеснения из него разностного потока жидкости при переносе газа с расширением. Теплоизолирующие поршневой разделитель 82 и вставка 84 выполнены из теплоизолирующих материалов (например, полиимидного или другого высокотемпературного пластика), что уменьшает перенос тепла

15 через них между более горячей жидкостью в резервуаре 83 и более холодной жидкостью в резервуарах 80 и 81. Длинный скользящий контакт между поршневым разделителем 82 и вставкой 84 уменьшает потери тепла на циклический нагрев и охлаждение той части поверхности теплоизолирующей вставки 84, которая контактирует с более горячей

20 жидкостью в резервуаре 83. Для использования такого интегрального исполнения только в качестве теплоизолирующего буфера оба жидкостных резервуара меньшего размера 80 и 81 соединяются друг с другом. Такое интегральное исполнение улучшает компактность устройства и снижает суммарное гидродинамическое сопротивление.

25 Во всех описанных случаях создания межаккумуляторного потока жидкости скорость взаимного обмена газа и жидкости между аккумуляторами изменяют, изменяя степень превышения давления в жидкостном резервуаре соответствующего аккумулятора над давлением газа в газовом резервуаре того же аккумулятора например, посредством регулирования

30 соответствующего гидропреобразователя или других гидромеханических средств. Указанную скорость также можно изменять посредством изменения степени изменения температуры газа при его переносе (например, посредством изменения температур теплообменников 10 или 11). Скорость

межаккумуляторного потока жидкости выбирают так, чтобы разница давлений между любыми частями жидкости в нем (обусловленная сопротивлением вышеописанных контуров и трением в уплотнениях гидропреобразователей) не превосходила единиц бар, предпочтительно, не
5 превосходила 1 бар. С учетом того, что рабочие давления газа и жидкости в аккумуляторах составляют десятки и сотни бар, указанная разница давлений между любыми частями жидкости в межаккумуляторном потоке не превосходит 30% от давления жидкости в том жидкостном резервуаре, в
10 который ее нагнетают, предпочтительно, указанная разница не превосходит 5% от указанного давления.

Средства подачи и приема жидкости 14 по Фиг. 3 содержат первую линию 89 и вторую линию 90, снабженные аккумуляторами 91 и 92, а также насосом подпитки 93 с клапанами 94 и 95, с возможностью поддерживать в
15 этих линиях разные давления (в линии 89 - первое давление, изменяющееся в первом заданном диапазоне, а в линии 90 - второе давление, изменяющееся во втором заданном диапазоне), а также гидропреобразователь 76 с тремя портами 77, 78 и 79. Два его порта 78 и 79
20 подключены к линиям 89 и 90. Третий порт 77 через клапаны 63, 62 и 61 соединяется с жидкостным резервуаром 3 аккумулятора 1 и с жидкостными резервуарами 27 и 28 аккумулятора 24. Гидропреобразователь 76 выполнен регулируемым, с возможностью изменять (плавно или ступенчато)
25 соотношение между объемными скоростями потоков жидкости через его порты и, соответственно, соотношение между давлениями в них. Таким образом, на стадиях с изменением давления газа гидропреобразователь 76 обеспечивает возможность обмена жидкостью между двумя указанными
линиями 89 и 90 и указанными жидкостными резервуарами аккумуляторов 1, 2 или 24 при давлениях в этих жидкостных резервуарах, отличных от
указанных первого и второго давлений в линиях 89 и 90.

30

И первое, и второе давления в линиях 89 и 90 поддерживаются высокими (предпочтительно, десятки или сотни бар), причем второе давление больше, чем первое. Для стабилизации давления в линиях 89 и 90

используются аккумуляторы 91 и 92 с рабочими объемами больше, чем суммарный рабочий объем аккумуляторов 1, 2 и 24. При запуске для приведения устройства в начальное состояние насосом подпитки 93 через клапаны 94 и 95 нагнетают жидкость из емкости 96 в аккумуляторы 91 и 92 до
5 установления давлений в первой и второй линиях 89 и 90 в заданных первом и втором диапазонах соответственно.

Преобразование производят по циклу, включающему стадию сжатия газа в аккумуляторе 1 с более холодным газовым резервуаром 7, стадию переноса газа из него через более горячий теплообменник 10 в аккумулятор
10 2, стадию с переносом его из аккумулятора 2 в аккумулятор 24 и расширением газа в их, более горячих, газовых резервуарах 8 и 23, а также стадию переноса газа из аккумулятора 24 через более холодный теплообменник 11 в аккумулятор 1.

Сжатие газа в аккумуляторе 1 от давления, меньшего, чем давление в
15 линии 89, до давления, большего, чем в линии 90, производят, нагнетая рабочую жидкость в его жидкостный резервуар 3 с помощью гидропреобразователя 76, приводимого в движение потоком жидкости через его порт 79 от линии 90. Регулируя гидропреобразователь 76, а именно, увеличивая отношение объемной скорости потока жидкости, нагнетаемой в
20 гидропреобразователь 76 через порт 79 от линии 90, к объемной скорости потока жидкости, вытесняемой из него через порт 77 к аккумулятору 1, повышают давление жидкости в жидкостном резервуаре 3 аккумулятора 1 в процессе сжатия газа. При этом гидромотор 51 приводит в движение газодувку 48, которая прокачивает газ через теплообменник 11, что приводит
25 к отводу тепла от газа и приближает процесс сжатия газа к изотермическому.

Подняв давление жидкости в жидкостном резервуаре 3 до давления, большего, чем второе давление (во второй линии 90), переключают клапаны 62 и 63 и переходят к стадии переноса газа из аккумулятора 1 в аккумулятор 2 который производят при давлении рабочей жидкости в аккумуляторах
30 больше, чем второе давление. Потоком рабочей жидкости от жидкостного резервуара 4 аккумулятора 2 к линии 90 (через обратный клапан 97) приводят в движение гидропреобразователь 60, которым создают поток рабочей жидкости от аккумулятора 2 к аккумулятору 1, вследствие чего газ

вытесняется из газового резервуара 7 в газовый резервуар 8. При этом газ переносится через обратный клапан 22, газовый регенерирующий теплообменник 53 и более горячий газовый теплообменник 10. За счет подвода к газу тепла от регенерирующего теплообменника 53 и более горячего теплообменника 10 происходит нагрев газа и расширение, близкое к изобарическому.

Расширение газа в аккумуляторах 2 и 24 с более горячими газовыми резервуарами 8 и 23 от давления, большего, чем в линии 90, до давления, меньшего, чем давление в линии 89, производят, вытесняя из жидкостного резервуара 28 рабочую жидкость к линии 89 через гидропреобразователь 76, приводя его в движение и создавая поток рабочей жидкости от него к линии 90.

Регулируя гидропреобразователь 76, а именно, увеличивая отношение объемной скорости потока жидкости, нагнетаемой в гидропреобразователь 76 через порт 77 от жидкостного резервуара 28 аккумулятора 24, к объемной скорости потока жидкости, вытесняемой из него через порт 79 к линии 90, уменьшают давление жидкости в жидкостных резервуарах 28, 27 и 4 аккумуляторов 24 и 2 в процессе расширения газа. В жидкости, протекающей через порт 77 гидропреобразователя 76 из жидкостного резервуара 28, поддерживают давление, меньшее, чем давление газа в газовом резервуаре 23. При этом в другом жидкостном резервуаре 27 этого же аккумулятора 24 создается давление, большее, чем давление газа, а жидкость из жидкостного резервуара 27 аккумулятора 24 переносится в жидкостный резервуар 4 аккумулятора 2. Подвод тепла к газу при переносе газа через теплообменник 10 приближает процесс расширения газа к изотермическому.

Уменьшив давление жидкости в жидкостном резервуаре 3 до давления, меньшего, чем первое давление (в первой линии 89), переключают клапаны 61, 62 и 63 и переходят к стадии переноса газа из аккумулятора 24 с более горячим газовым резервуаром 23 в аккумулятор 1 с более холодным газовым резервуаром 7, который производят при давлении рабочей жидкости в аккумуляторах меньше, чем первое давление. Поток рабочей жидкости от линии 89 (через соответствующий обратный клапан 97) к жидкостным резервуарам резервуарам 27 и 28 аккумулятора 24 приводят в

движение гидропреобразователь 60, которым создают поток рабочей жидкости от аккумулятора 1 к аккумулятору 24, вследствие чего газ вытесняется из газового резервуара 23 в газовый резервуар 7. При этом газ переносится через регенерирующий газовый теплообменник 53, более
5 холодный теплообменник 11 и соответствующий обратный клапан 22. За счет отвода от газа тепла к регенерирующему теплообменнику 53 и более холодному теплообменнику 11 происходит охлаждение газа и сжатие, близкое к изобарическому.

10 В результате каждого цикла преобразования часть рабочей жидкости переносится от линии 89 с первым давлением к линии 90 со вторым, более высоким, давлением. Приближение сжатия и расширения к изотермическим и регенерация тепла газа между стадиями изобарического сжатия и
15 расширения приближает газовый цикл преобразования к циклу Эрикссона второго типа (две изотермы и две изобары с регенерацией тепла между изобарами). Чем ближе к изотерме проводится сжатие и расширения газа и чем ближе степень регенерации тепла к 100%, тем ближе термодинамическая эффективность такого цикла к термодинамическому пределу, т.е. к эффективности цикла Карно.

20 Скользящие уплотнения гидропреобразователей 60 и 76 (а также уплотнения разделителя 75 аккумулятора 24) работают не под полными, а только под разностными давлениями, что уменьшает потери на утечки и трение и повышает гидромеханическую эффективность преобразования.

25 Средства подачи и приема жидкости 14 по Фиг. 2 включают также гидропреобразователь 98 с четырьмя портами 99, 100, 101 и 102. Порты 99 и 100 соединены с указанными первой и второй линиями 89 и 90, а два другие порта 101 и 102 соединяются с двумя выходными линиями 104 и 105. Гидропреобразователь 98 выполнен регулируемым, с возможностью
30 поддержания в выходных линиях 104 и 105 давлений, отличающихся от указанных давлений в первой и второй линиях 89 и 90. В процессе вышеописанного циклического преобразования тепла в гидравлическую энергию чередуются стадии с подачей жидкости из первой и второй линий

89, 90 в аккумуляторы 1 и 24 и приемом жидкости в указанные линии из аккумуляторов 2 и 24. Поэтому давления в указанных линиях подвержены циклическим изменениям в заданных первом и втором диапазонах давлений. Регулируя степень преобразования давлений в гидропреобразователе 98, обеспечиваются независимость мощности, передаваемой в нагрузку 106 от этих циклических колебаний давления. При выходе первого или второго давлений из заданных диапазонов вследствие утечек в гидропреобразователях 76 или 98 указанные давления восстанавливаются с помощью насоса подпитки 93 и клапанов 94 и 95. Таким образом осуществляются развязка давлений, оптимизируя эффективность газового цикла выбором указанных первого и второго давлений в линиях 89, 90, и оптимизируя режим нагрузки 106 выбором высокого и низкого выходных давлений в линиях 104, 105.

В результате, тепло, с малыми потерями передаваемое от источника тепла к газу, с высокой термодинамической эффективностью преобразуется в работу газа, которая с высокой гидромеханической эффективностью преобразуется в гидравлическую энергию, передаваемую в нагрузку.

Таким образом, в предложенном способе преобразования тепла в гидравлическую энергию и устройстве для его осуществления обеспечиваются:

- высокая степень использования тепла за счет межаккумуляторного переноса газа через теплообменники, устраняющего потери тепла на циклический нагрев и охлаждение массивных элементов, особенно в сочетании с устранением потерь тепла газа на теплообмен со стенками аккумулятора, а также с устранением потерь тепла газа на теплообмен с жидкостью при сохранении или регенерации тепла рабочей жидкости;

- высокая термодинамическая эффективность газового цикла, преобразующего тепло, подведенное к газу, в совершаемую газом работу, особенно в сочетании с регенерацией тепла газа, а также в сочетании с приближением процессов сжатия или расширения газа к изотермическим;

- высокая гидромеханическая эффективность преобразования работы газа в гидравлическую энергию за счет межаккумуляторного переноса жидкости с малыми перепадами давления посредством гидропреобразователей, особенно в сочетании с изобарическим обменом жидкости между аккумуляторами и линиями при малых перепадах давления, а также в сочетании с использованием гидропреобразователя для подачи или приема жидкости при сжатии или расширения газа соответственно;

- высокая общая эффективность преобразования тепла в гидравлическую энергию, передаваемую в нагрузку, за счет сочетания вышеуказанных факторов, особенно в сочетании с использованием гидропреобразователя, обеспечивающего преобразование давлений в линиях, обменивающихся жидкостью с аккумуляторами, в давления в линиях, обменивающихся жидкостью с нагрузкой;

- высокая плотность мощности за счет высоких давлений газа и жидкости и высокой эффективности преобразования;

- повышенная надежность за счет устранения циклического нагрева и охлаждения элементов, находящихся под высоким давлением;

- возможность накапливать тепло в массивных теплообменниках и использовать его для преобразования его в гидравлическую энергию при временном отключении снижении мощности источника тепла.

Специалистам понятно, что данное подробное описание приведено в качестве примера и может быть предложено множество других вариантов, не выходящих за пределы настоящего изобретения, включая, например (но не ограничиваясь этими примерами), не описанные здесь подробно: реализации способа, отличающиеся типом газового цикла, выбором рабочих жидкостей и газов, а также отличающиеся типом внешнего источника тепла и охлаждающего теплоносителя и особенностями теплового контакта с ними, а также исполнения устройства, отличающиеся количеством и исполнениями аккумуляторов, газовых и жидкостных теплообменников, газодувов, средств подачи и приема жидкости, в том числе гидропреобразователей и буферов, и других компонентов устройства, а также не описанные выше варианты интегрального исполнения компонентов устройства.

Формула изобретения

1. Способ преобразования тепла в гидравлическую энергию, включающий нагнетание рабочей жидкости в жидкостный резервуар по меньшей мере
5 одного из двух или более пневмогидравлических аккумуляторов (далее – аккумуляторов) со сжатием газа в его газовом резервуаре, расширение газа в газовом резервуаре по меньшей мере одного аккумулятора с вытеснением рабочей жидкости из его жидкостного резервуара, а также подвод тепла к газу и отвод тепла от газа, производимые так, что средняя
10 температура газа при расширении выше, чем при сжатии, отличающийся тем, что тепло к газу подводят, перенося газ через более горячий теплообменник, а отводят тепло от газа, перенося газ через другой, более холодный, теплообменник, причем газ переносят через указанные теплообменники между газовыми резервуарами разных аккумуляторов.
15
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что стенки газового резервуара по меньшей мере одного из аккумуляторов поддерживают более холодными и переносят в него газ через более холодный теплообменник, а стенки
20 газового резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора поддерживают более горячими и переносят в него газ через более горячий теплообменник.
3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что, стенки жидкостного резервуара по меньшей мере одного из аккумуляторов и рабочую жидкость в нем
25 поддерживают более холодными, а стенки жидкостного резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора и рабочую жидкость в нем поддерживают более горячими.
4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что, рабочую жидкость, вытесняемую
30 по меньшей мере из одного аккумулятора, пропускают через регенерирующий жидкостный теплообменник, а при нагнетании рабочей жидкости в этот аккумулятор ее пропускают через этот же регенерирующий жидкостный теплообменник в обратном направлении.

5. Способ по п. 3, отличающийся тем, что, более горячую рабочую жидкость отделяют от более холодной рабочей жидкости по меньшей мере одним подвижным теплоизолятором.
- 5 6. Способ по п. 3, отличающийся тем, что, в более холодном жидкостном резервуаре используют одну рабочую жидкость, а в более горячем жидкостном резервуаре используют другую рабочую жидкость, причем эти разные рабочие жидкости разделяют по меньшей мере одним подвижным разделителем.
- 10 7. Способ по п. 2, отличающийся тем, что используют по меньшей мере три аккумулятора, причем по меньшей мере в двух из них стенки газовых резервуаров поддерживают более холодными и переносят между ними газ со сжатием через более холодный теплообменник.
- 15 8. Способ по п. 2, отличающийся тем, что используют по меньшей мере три аккумулятора, причем по меньшей мере в двух из них стенки газовых резервуаров поддерживают более горячими и переносят между ними газ с расширением через более горячий теплообменник.
- 20 9. Способ по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере в одном аккумуляторе стенки газового резервуара отделяют от потока нагретого газа средствами теплозащиты.
- 25 10. Способ по п.1, отличающийся тем, что в газовом резервуаре по меньшей мере одного аккумулятора газовым циркуляционным насосом создают вынужденную конвекцию газа.
- 30 11.Способ по п. 10, отличающийся тем, что вынужденную конвекцию создают, перенося газ газовым циркуляционным насосом по меньшей мере через один теплообменник с отбором газа из газового резервуара указанного аккумулятора и возвратом газа в этот же газовый резервуар.

12. Способ по пп. 10 или 11, отличающийся тем, что газовый циркуляционный насос приводят в движение гидромотором, который приводят в движение жидкостью, протекающей между этим гидромотором и жидкостным резервуаром по меньшей мере одного из указанных аккумуляторов.
13. Способ по п. 1, отличающийся тем, что преобразование проводят по циклу, в котором по меньшей мере на одной стадии от газа отводят тепло с охлаждением газа и по меньшей мере на одной стадии к газу подводят тепло с нагревом газа, причем на стадии с охлаждением газа от него отводят тепло на регенерирующий теплообменник и подводят затем отведенное тепло к газу от регенерирующего теплообменника на стадии с нагревом газа.
14. Способ по п. 13, отличающийся тем, что используют горячий теплоноситель в качестве источника тепла и противоточный горячий теплообменник, через который газ при подводе тепла переносят так, что к входящему в теплообменник газу тепло подводится от выходящего из теплообменника теплоносителя, а тепло к выходящему из теплообменника газу подводится от входящего в теплообменник теплоносителя, причем по меньшей мере часть этого же противоточного горячего теплообменника используют в качестве регенерирующего теплообменника, перенося газ через эту часть при охлаждении в одном направлении, а при нагреве – в обратном направлении.
15. Способ по п.1, отличающийся тем, что газ переносят между газовыми резервуарами аккумуляторов, нагнетая жидкость в жидкостный резервуар по меньшей мере одного из этих аккумуляторов и вытесняя жидкость из жидкостного резервуара по меньшей мере одного другого аккумулятора, причем между жидкостными резервуарами этих аккумуляторов создают поток жидкости так, что разница давлений между любыми частями жидкости в этом потоке не превосходит 30% от давления жидкости в том жидкостном резервуаре, в который ее нагнетают, предпочтительно, указанная разница не превосходит 5% от указанного давления.

16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что указанный поток жидкости создают посредством гидропреобразователя, имеющего не менее трех жидкостных портов, причем два его порта соединяют с жидкостными портами аккумуляторов, между которыми создают указанный поток жидкости и приводят его в движение другим потоком жидкости, протекающей по меньшей мере через один другой его порт.
17. Способ по п. 15, отличающийся тем, что используют по меньшей мере один аккумулятор, включающий по меньшей мере два жидкостных резервуара, отделенных одним общим поршневым разделителем от одного газового резервуара, причем указанный поток жидкости создают, поддерживая по меньшей мере в одном жидкостном резервуаре этого аккумулятора давление жидкости больше, чем давление газа в газовом резервуаре этого же аккумулятора, и в другом, по меньшей мере в одном, жидкостном резервуаре этого аккумулятора давление меньше, чем указанное давление газа.
18. Способ по п. 16, отличающийся тем, что для нагнетания и вытеснения рабочей жидкости используют средства подачи и приема жидкости, включающие линию с первым давлением и линию со вторым давлением, большим, чем первое, а преобразование производят по циклу, включающему: стадию сжатия газа в аккумуляторе с более холодным газовым резервуаром при нагнетании рабочей жидкости в его жидкостный резервуар от гидропреобразователя, подключенного также к линиям с первым и вторым давлениями; стадию переноса газа из аккумулятора с более холодным газовым резервуаром через более горячий теплообменник в аккумулятор с более горячим газовым резервуаром при давлении рабочей жидкости в аккумуляторах больше, чем второе давление, с созданием потока рабочей жидкости от жидкостного резервуара аккумулятора с более горячим газовым резервуаром к линии со вторым давлением, причем этим потоком приводят в движение гидропреобразователь, которым создают поток рабочей жидкости от аккумулятора с более горячим газовым резервуаром к аккумулятору с

более холодным газовым резервуаром; стадию расширения газа в аккумуляторе с более горячим газовым резервуаром при вытеснении рабочей жидкости из его жидкостного резервуара в гидропреобразователь, подключенный также к линиям с первым и вторым
5 давлениями, а также стадию переноса газа из аккумулятора с более горячим газовым резервуаром через более холодный теплообменник в аккумулятор с более холодным газовым резервуаром при давлении рабочей жидкости в аккумуляторах меньше, чем первое давление, с созданием потока рабочей жидкости от линии с первым давлением к
10 жидкостному резервуару аккумулятора с более горячим газовым резервуаром, причем этим потоком приводят в движение гидропреобразователь, которым создают поток рабочей жидкости от аккумулятора с более холодным газовым резервуаром к аккумулятору с более горячим газовым резервуаром.

15

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что гидравлическую энергию, получаемую при преобразовании тепла, передают в нагрузку через гидропреобразователь, два порта которого подключены к указанным
20 линиям с первым и вторым давлениями, а два других порта – к линиям с высоким и низким выходными давлениями.

20. Устройство для преобразования тепла в гидравлическую энергию, включающее по меньшей мере два пневмогидравлических аккумулятора, в каждом из которых жидкостный резервуар, сообщающийся со
25 средствами подачи и приема жидкости, отделен подвижным разделителем от газового резервуара, сообщающегося со средствами нагрева и охлаждения, выполненными с возможностью нагревать и охлаждать поступающий в них газ, **отличающееся тем, что** средства нагрева и охлаждения содержат по меньшей мере два газовых
30 теплообменника, установленных с возможностью переноса через них газа между газовыми резервуарами разных аккумуляторов, причем средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддерживать по меньшей мере один из этих теплообменников более холодным и по меньшей мере один теплообменник более горячим.

21. Устройство по п. 20, отличающееся тем, что средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддерживать стенки газового резервуара по меньшей мере одного из аккумуляторов более холодными и переносить в него газ через более холодный теплообменник, а стенки газового резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора поддерживать более горячими и переносить в него газ через более горячий теплообменник.
22. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддерживать стенки жидкостного резервуара по меньшей мере одного аккумулятора и рабочую жидкость в нем более холодными, а стенки жидкостного резервуара другого, по меньшей мере одного, аккумулятора и рабочую жидкость в нем поддерживать более горячими.
23. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один жидкостный регенерирующий теплообменник, который соединен с жидкостным резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора и выполнен с возможностью отводить тепло от жидкости при вытеснении её через него из этого аккумулятора и подводить отведенное тепло к жидкости при нагнетании её через него обратно в этот аккумулятор.
24. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один жидкостный буфер, включающий два жидкостных резервуара, разделенных подвижным теплоизолятором.
25. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один жидкостный буфер, включающий два жидкостных резервуара, разделенных подвижным разделителем.

26. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что включает по меньшей мере три аккумулятора, а средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддержания стенок газовых резервуаров по меньшей мере двух из аккумуляторов более холодными и переноса газа между ними через более холодный газовый теплообменник.
27. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что включает по меньшей мере три аккумулятора, а средства нагрева и охлаждения выполнены с возможностью поддержания стенок газовых резервуаров по меньшей мере двух из аккумуляторов более горячими и переноса газа между ними через более горячий газовый теплообменник.
28. Устройство по п. 20, отличающееся тем, что по меньшей мере один аккумулятор снабжен средствами теплозащиты, выполненными с возможностью отделять стенки газового резервуара аккумулятора от входного потока газа.
29. Устройство по п. 20, отличающееся тем, что средства нагрева и охлаждения включают по меньшей мере один газовый циркуляционный насос, установленный с возможностью создания вынужденной конвекции газа в газовом резервуаре по меньшей мере одного аккумулятора.
30. Устройство по п. 29 отличающееся тем, что газовый резервуар по меньшей мере одного аккумулятора сообщается со средствами нагрева и охлаждения по меньшей мере двумя газовыми линиями с возможностью отбора газа газовым циркуляционным насосом из указанного газового резервуара через одну из указанных газовых линий, переноса отобранного газа по меньшей мере через один газовый теплообменник и возврата газа в тот же газовый резервуар через другую газовую линию.
31. Устройство по п.29, отличающееся тем, что средства подачи и приема жидкости включают по меньшей мере один гидромотор, кинематически связанный по меньшей мере с одним газовым циркуляционным насосом, причем гидромотор установлен с возможностью приведения в движение

потоком жидкости между ним и жидкостным резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора.

32. Устройство по п. 20, отличающееся тем, что по меньшей мере один
5 газовой теплообменник выполнен с возможностью отводить тепло от газа при переносе через него газа в одном направлении и подводить отведенное от газа тепло к газу при переносе через него газа в обратном направлении.
- 10 33. Устройство по п. 20, отличающееся тем, что по меньшей мере в одном газовом теплообменнике выполнены каналы для пропускания внешнего теплоносителя с возможностью подводить к газу тепло от этого теплоносителя так, что к входящему в теплообменник газу тепло
15 подводится от выходящего из теплообменника внешнего теплоносителя, а тепло к выходящему из теплообменника газу подводится от входящего в теплообменник внешнего теплоносителя, причем в указанном теплообменнике выполнен по меньшей мере один дополнительный газовый порт, а средства нагрева и охлаждения содержат по меньшей мере один канал, соединяющий дополнительный газовый порт с газовым
20 резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора и выполнены с возможностью запирать этот канал.
34. Устройство по п. 20, отличающееся тем, что средства подачи и приема
25 жидкости включают средства межаккумуляторной передачи жидкости, выполненные с возможностью создания потока жидкости между жидкостными резервуарами по меньшей мере двух аккумуляторов так, что разница давлений между любыми частями жидкости в этом потоке не превосходит 30% от давления жидкости в том жидкостном резервуаре, в который ее нагнетают, предпочтительно, указанная разница не
30 превосходит 5% от указанного давления.
35. Устройство по п. 34, отличающееся тем, что средства межаккумуляторной передачи жидкости включают по меньшей мере один гидропреобразователь по меньшей мере с тремя жидкостными портами,

который установлен с возможностью сообщаться двумя своими портами с жидкостными резервуарами по меньшей мере двух аккумуляторов и создавать между ними поток жидкости при протекании жидкости через другой, по меньшей мере через один, его порт.

5

36. Устройство по п. 34, отличающееся тем, что по меньшей мере один аккумулятор включает по меньшей мере два жидкостных резервуара, отделенных одним общим поршневым разделителем от одного газового резервуара, а средства межаккумуляторной передачи жидкости выполнены с возможностью создания потока жидкости между по меньшей мере одним из жидкостных резервуаров этого аккумулятора и по меньшей мере одним жидкостным резервуаром другого аккумулятора.

10

37. Устройство по п. 34, отличающееся тем, что средства подачи и приема жидкости содержат первую и вторую линии с возможностью поддерживать в них первое и второе давления соответственно, а также гидропреобразователь по меньшей мере с тремя портами, установленный с возможностью соединения с двумя указанными линиями и обмена жидкостью с жидкостным резервуаром по меньшей мере одного аккумулятора при давлениях, отличающихся от давлений в указанных линиях.

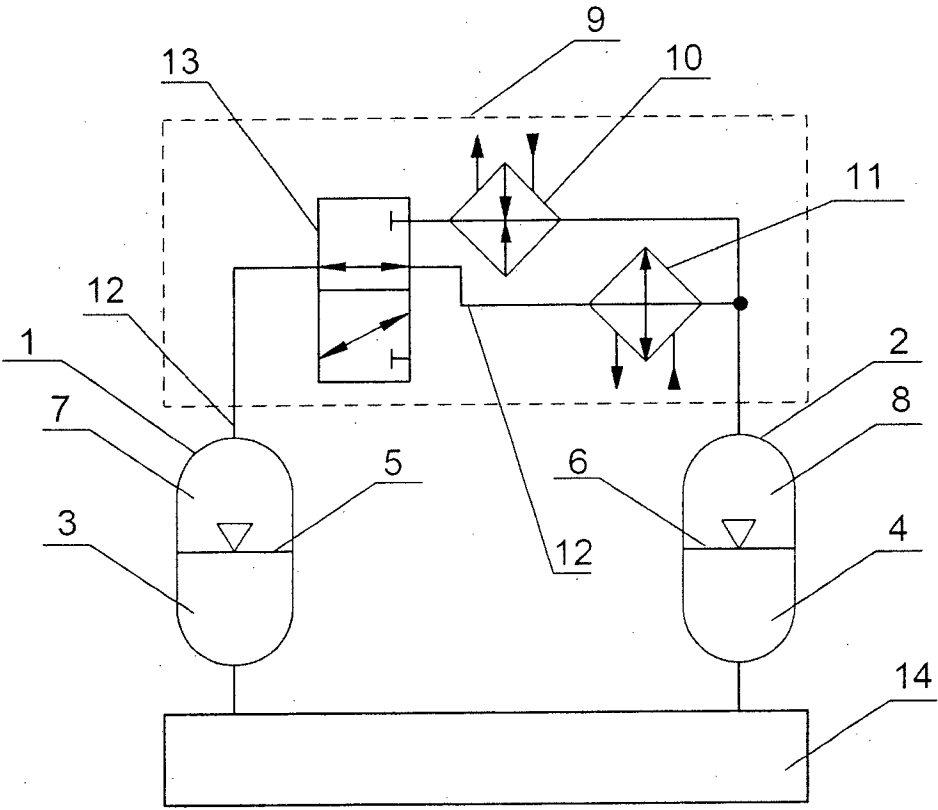
15

20

38. Устройство по п. 37, отличающееся тем, что средства подачи и приема жидкости включают гидропреобразователь по меньшей мере с четырьмя портами, установленный с возможностью соединения двух портов с указанными первой и второй линиями, а двух других портов - с двумя выходными линиями, и поддержания в выходных линиях давлений, отличающихся от указанных давлений в первой и второй линиях.

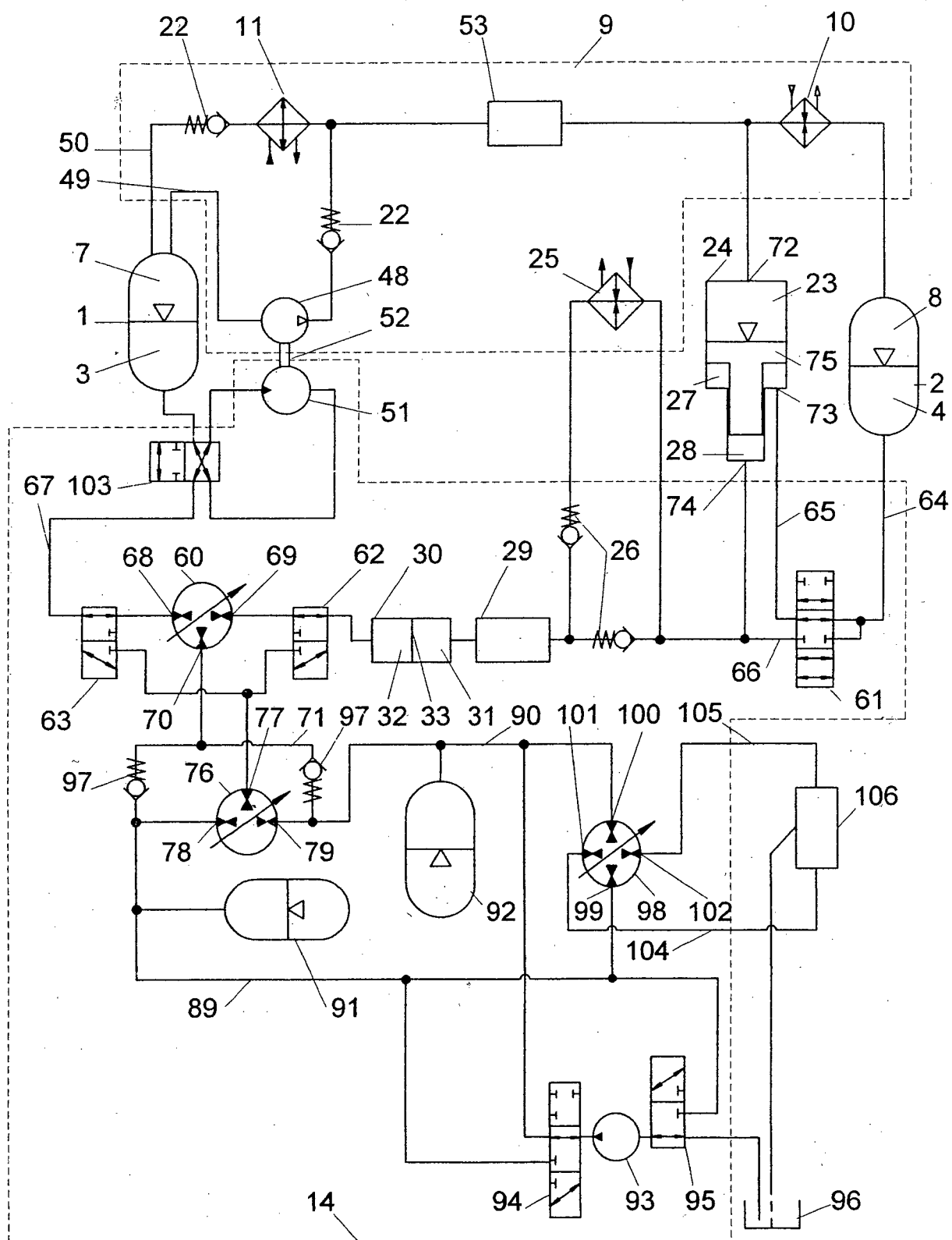
25

1/8



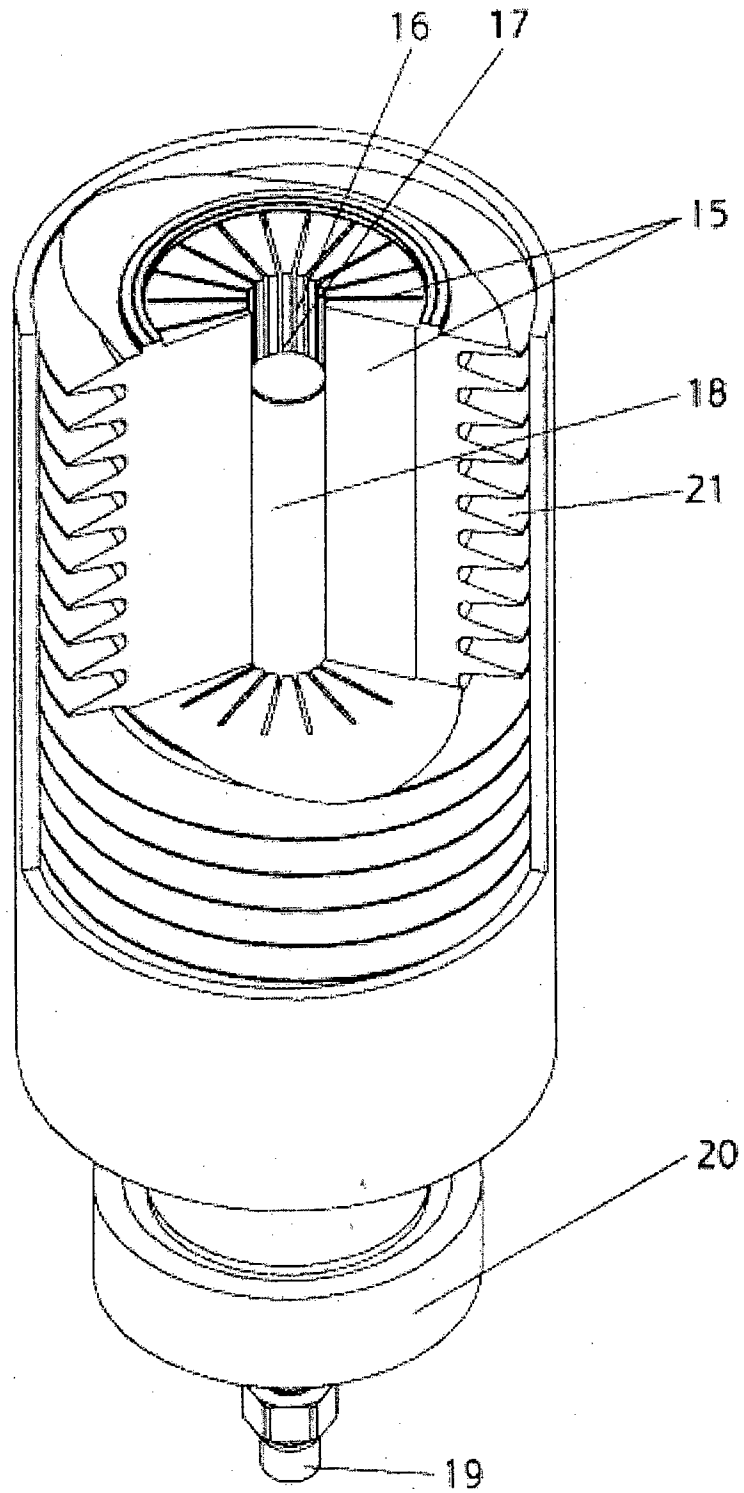
Фиг. 1

2/8



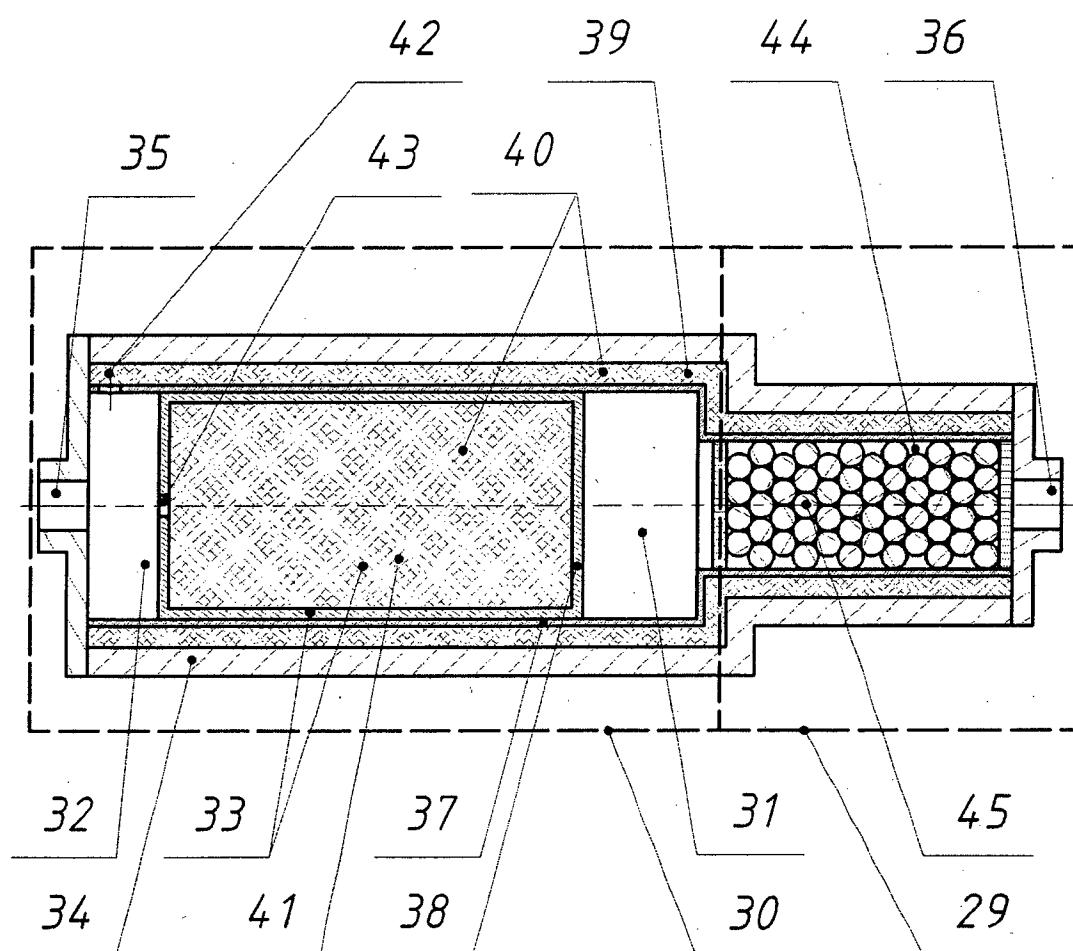
Фиг. 2

3/8



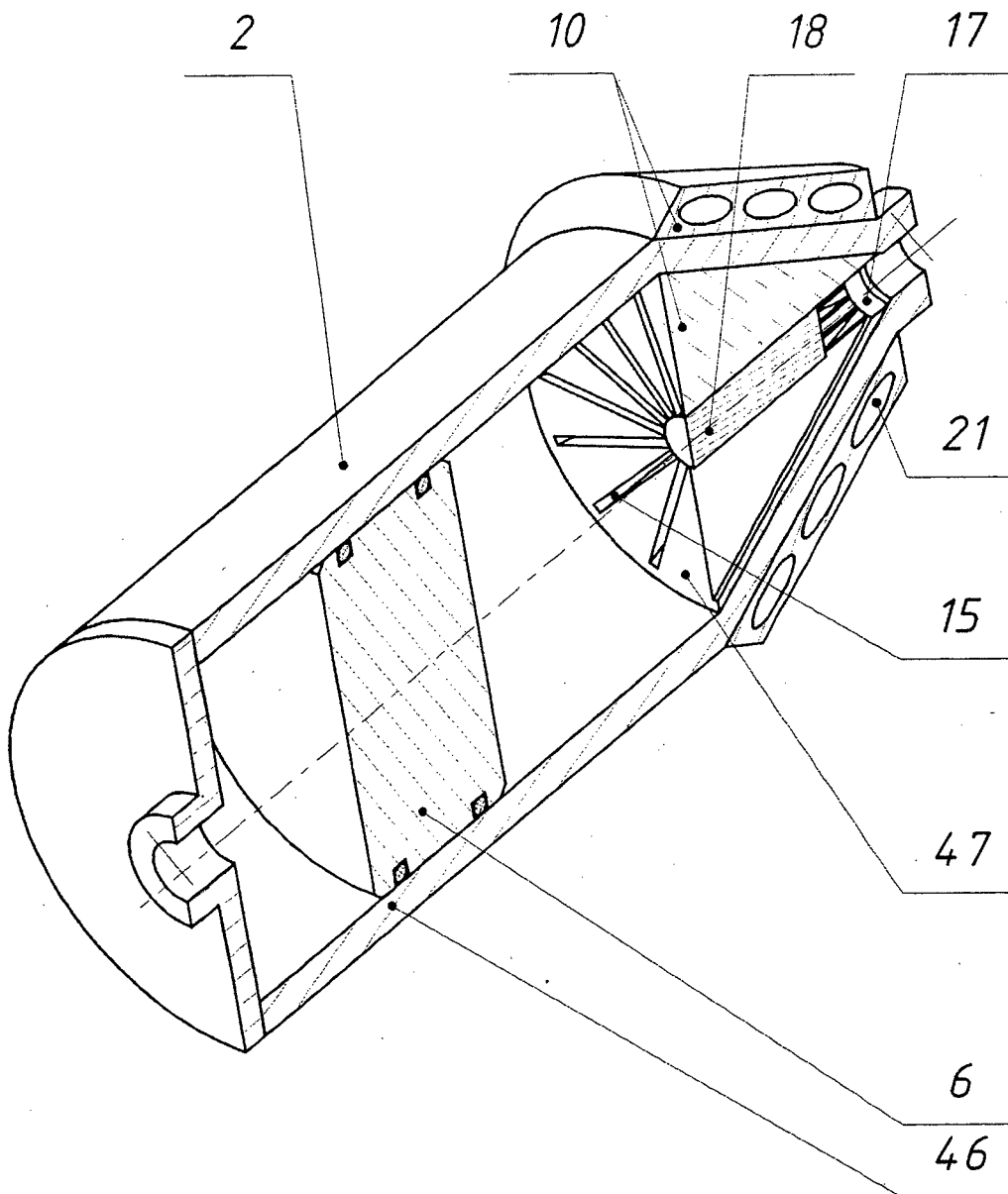
Фиг. 3

4/8



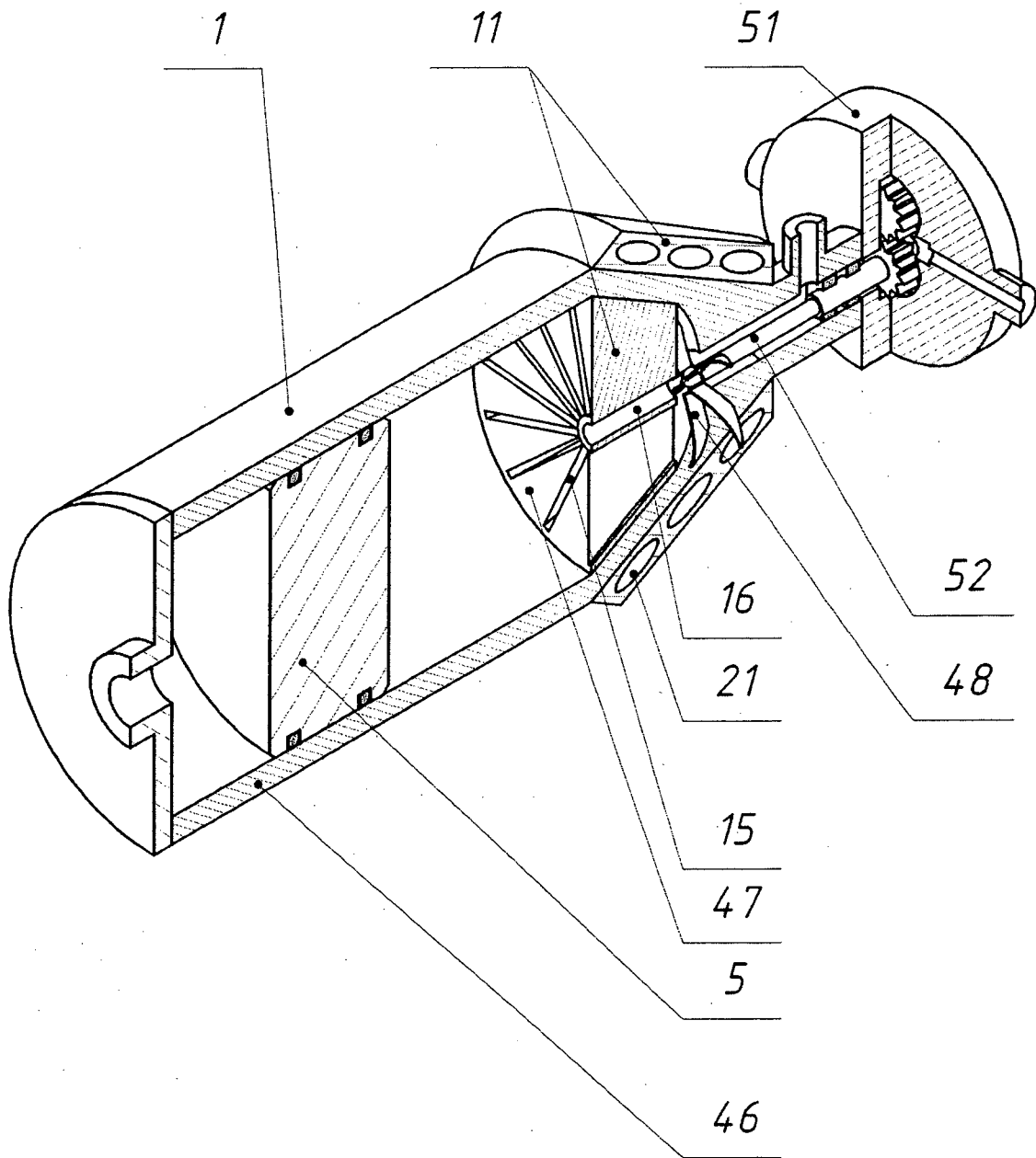
Физ. 4

5/8

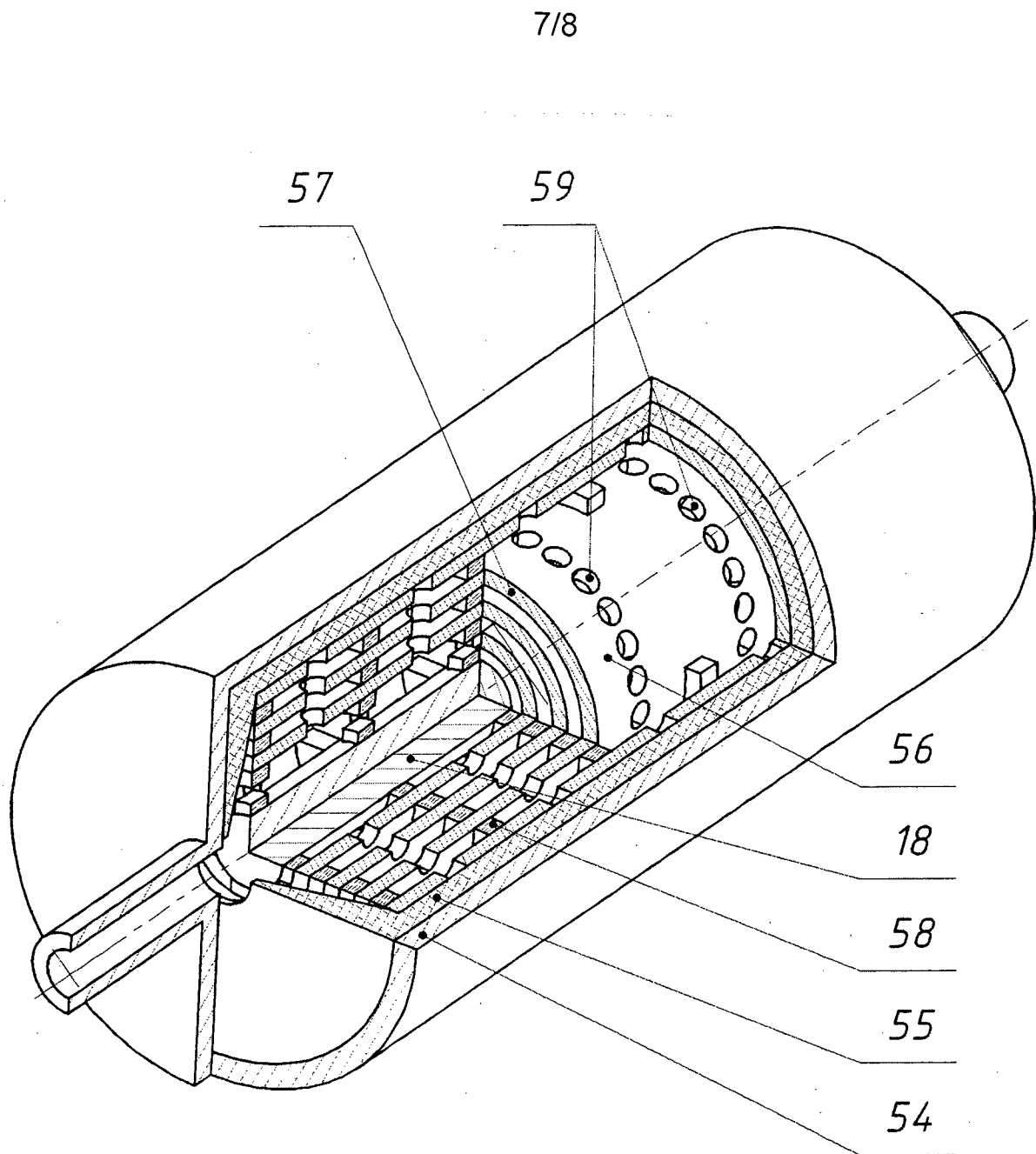


Фиг. 5

6/8

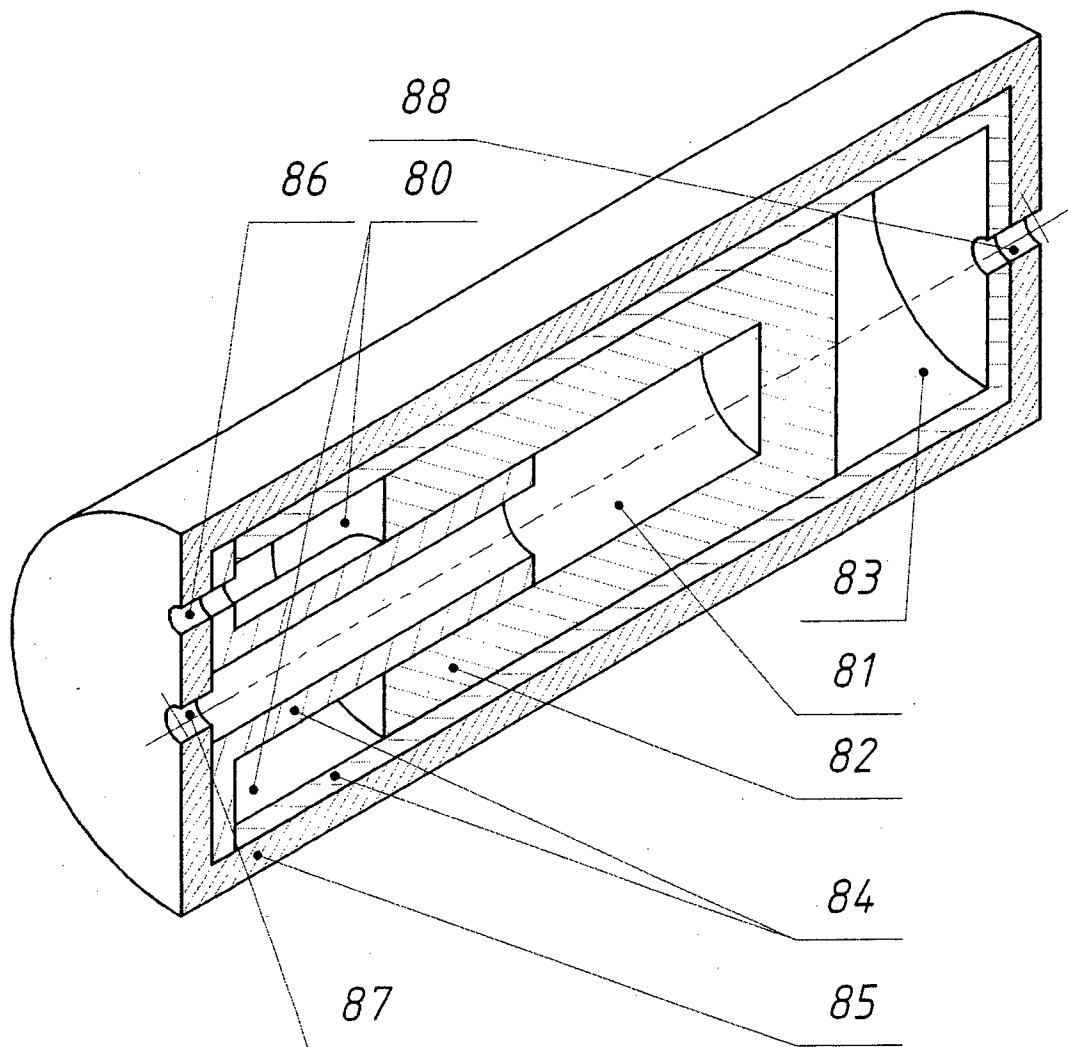


Фиг. 6



Фиг. 7

8/8



Фиг. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2010/000823

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02G 1/043 (2006.01); F03G 7/06 (2006.01); F15B 1/00 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02G 1/00-1/043, F03G 7/00, 7/06, F15B 1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Esp@senet, KIPRIS, PAJ, RUPAT, RUABRU, RUPAT-OLD, RUABU1, SIPO, USPTO, Fond
Rossyskoi patentnoi dokumentatsii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5579640 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE ADMINISTRATOR OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) 03.12.1996	1-38
A	RU 2266418 C1 (INSTITUT MASHINOVEDENIYA IM. AKAD. BLAGONRAVOVA RAN) 20.12.2005	1-38
A	SU 1516611 A1 (M. S. LABINOV) 23.10.1989	1-38
A	RU 2355900 C2 (LOGACHEV SERGEI VIKTOROVICH) 20.05.2009	1-38
A	US 5881801 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 16.03.1999	1-38



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 2011 (12.05.2011)

Date of mailing of the international search report

19 May 2011 (19.05.2011)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 2010/000823

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: **F02G 1/043** (2006.01)
F03G 7/06 (2006.01)
F15B 1/00 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации МПК

В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации):

F02G 1/00-1/043, F03G 7/00, 7/06, F15B 1/00

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины): Esp@cenet, KIPRIS, PAJ, RUPAT, RUABRU, RUPAT-OLD, RUABUI, SIPO, USPTO, Фонд Российской патентной документации

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	US 5579640 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE ADMINISTRATOR OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) 03.12.1996	1-38
A	RU 2266418 C1 (ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. АКАД. БЛАГОНРАВОВА РАН) 20.12.2005	1-38
A	SU 1516611 A1 (М. С. ЛАБИНОВ) 23.10.1989	1-38
A	RU 2355900 C2 (ЛОГАЧЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ) 20.05.2009	1-38
A	US 5881801 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 16.03.1999	1-38

☐ последующие документы указаны в продолжении графы С.

☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:

A документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным

E более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее

L документ, подвергающий сомнению притязание (я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)

O документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.

P документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета

T более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение

X документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности

Y документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста

& документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска: 12 мая 2011 (12.05.2011)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 19 мая 2011 (19.05.2011)

Наименование и адрес ISA/RU

ФГУ ФИПС

РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30,1

Факс: (499) 243-3337

Уполномоченное лицо:

С. Анисимов

Телефон № (499) 240-25-91