



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 013 718** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁵ **F 25 В 17/00, 15/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 4940081/06, 26.04.1991

(46) Дата публикации: 30.05.1994

(71) Заявитель:
Ливенцов В.М.

(72) Изобретатель: Ливенцов В.М.

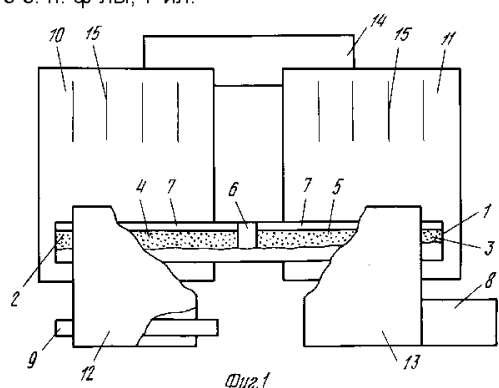
(73) Патентообладатель:
Ливенцова Галина Алексеевна

(54) **СОРБЦИОННЫЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС**

(57) Реферат:

Использование: в холодильной технике. Сущность изобретения: химическая тепловая труба 1 выполнена в виде полого герметичного контейнера, внутренняя полость которого разделена по меньшей мере на две зоны 2 и 3 для размещения гидридов 4 и 5, соединенные перегородками 6. В одной зоне размещен высокотемпературный, а в других зонах - низкотемпературный гидриды 4 и 5. Теплоотводящее и теплоподводящее устройства выполнены в виде по меньшей мере двух термосифонов 10, 11, 12, 13, а охлаждаемый объект - одного низкотемпературного источника 8 тепла. Один термосифон 12 теплоподводящего устройства соединен с высокотемпературным источником 9, а остальные - с низкотемпературным источником 8 тепла, количество которых равно количеству низкотемпературных гидридов. Количество пар термосифонов теплоподводящих и теплоотводящих

устройств равно количеству зон. Контейнер размещен между зонами испарения теплоотводящих и зонами конденсации теплоподводящих устройств, разнесенных друг от друга на толщину контейнера, большая сторона которого размещена вдоль зоны испарения теплоотводящего устройства. 3 з. п. ф-лы, 7 ил.



RU 2 013 718 C1

RU 2 013 718 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 013 718** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁵ **F 25 B 17/00, 15/00**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 4940081/06, 26.04.1991

(46) Date of publication: 30.05.1994

(71) Applicant:
LIVENTSOV V.M.

(72) Inventor: LIVENTSOV V.M.

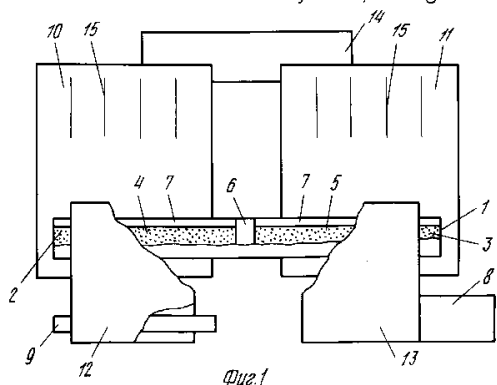
(73) Proprietor:
LIVENTSOVA GALINA ALEKSEEVNA

(54) **THERMAL SORPTION PUMP**

(57) Abstract:

FIELD: refrigerating engineering.
SUBSTANCE: chemical thermal pipe 1 is made in form of hollow hermetic container whose interior is divided into at least two zones 2 and 3 for receiving hydrides 4 and 5 connected by means of partitions 6. High-temperature and low-temperature hydrides 4 and 5 are located in these zones. Heat-removing and heat-supplying devices are made in form of at least two thermosiphons 10, 11, 12 and 13; object to be chilled is made in form of one low-temperature source 8 of heat. One thermosiphon 12 of heat-supply device is connected with high-temperature source 9 and remaining thermosiphons are connected with low-temperature heat source 8. Number of thermosiphons is equal to number of low-temperature hydrides. Number of pairs of thermosiphons of heat-supply and heat-removing devices is equal to number of zones. Container is located between

evaporation zones of heat-removing devices and condensation zones of heat-supply devices which are arranged at distance from each other equal to thickness of the container whose larger side is located along evaporation zone of heat-removing device. EFFECT: enhanced efficiency. 4 cl, 7 dwg



RU 2 013 718 C1

RU 2 013 718 C1

Изобретение относится к холодильной технике, к сорбционным машинам, установкам и системам, в частности к сорбционным тепловым насосам, и может быть использовано в энергомашиностроении в бытовых холодильниках, промышленных и торговых стационарных холодильных установках, кондиционерах, системах обогрева и охлаждения зданий, системах утилизации тепла, в медицинских и биологических термостатах, в одежде для работы в среде с высокой температурой при выполнении аварийных и ремонтных работ.

Данный сорбционный тепловой насос для перекачивания тепла с низкого температурного уровня на высокий использует металлгидрид, который при давлении подаваемого к металлгидриду водорода, превышающем давление сорбции водорода металлгидридом при температуре резервуара тепла, поглощает водород, выделяя тепло в резервуар тепла, а при давлении водорода ниже давления десорбции водорода металлгидридом, соответствующего температуре источника тепла, выделяет водород, поглощая тепло низкотемпературного источника тепла. Для формирования необходимых перепадов давления водорода сорбционный тепловой насос содержит второй металлгидрид, имеющий тепловые контакты с резервуаром тепла и с высокотемпературным источником тепла, причем давление десорбции водорода данным металлгидридом при температуре высокотемпературного источника тепла должно превышать давление сорбции водорода первым металлгидридом при температуре резервуара тепла, а давление сорбции водорода данным металлгидридом при температуре резервуара тепла должно быть ниже давления десорбции водорода первым металлгидридом при температуре низкотемпературного источника тепла. Оба металлгидрида выполняются таким образом, чтобы иметь возможно большую площадь взаимодействия с водородом.

Использование сорбционного теплового насоса в качестве основного элемента бытового или торгового холодильника, в медицинских и биологических термостатах предъявляет дополнительные требования к теплому насосу по созданию в указанных изделиях объемов и зон с различными уровнями температуры и требования по снижению стоимости, повышению их надежности и безопасности работы.

Известен сорбционный тепловой насос, содержащий генераторы-сорберы и теплопередающие устройства, осуществляющие тепловой контакт генераторов-сорберов с источниками и резервуаром тепла, причем теплопередающие устройства представляют собой трубки любой целесообразной для данного практического применения конфигурации, через которые прокачивается теплоноситель, поступающий из теплообменника источника или резервуара тепла. Изготавливается каждый генератор-сорбер посредством гидравлического прессования порошка металлгидрида и теплообменной трубки в упругой форме. Эффективность теплообмена между металлгидридами генераторов-сорберов и источниками,

резервуаром тепла в данном сорбционном тепловом насосе лимитирована необходимостью прокачивать теплоноситель по трубкам и иметь значительные температурные перепады между металлгидридом и теплоносителем для передачи требуемого количества тепла. Это ведет к существенному снижению термодинамической эффективности теплового насоса в целом. Кроме того, на прокачивание теплоносителей через тонкие теплообменные трубки расходуется дополнительная мощность гидравлического насоса, а необходимость переключения тепловых контактов между генераторами-сорберами и источниками, резервуаром тепла обуславливает также понижение эффективности теплового насоса за счет перетекания порций теплоносителя непосредственно между источником и резервуаром тепла и требует наличия регулируемых переключающих клапанов, что усложняет конструкцию теплового насоса и делает его менее надежным.

Также известен сорбционный тепловой насос, содержащий генераторы-сорберы и теплопередающие устройства, осуществляющие тепловой контакт генераторов-сорберов с источниками, резервуаром тепла, причем теплопередающие устройства выполнены в виде тепловых труб, один конец которых закреплен в генераторе-сорбере, а другой расположен в контейнере, через который попеременно прокачивается теплоноситель, поступающий от теплообменников источника и резервуара тепла. Такая организация теплообмена дает возможность даже при наличии малых перепадов температур между металлгидридом и источником или резервуаром тепла передавать значительные количества тепла. Однако необходимость переключения подачи теплоносителя отрицательно влияет на эффективность устройства, обуславливает установку переключающих клапанов, усложнение системы регулирования и теплового насоса в целом.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является известный сорбционный тепловой насос, содержащий химическую тепловую трубу, заполненную высокотемпературным и низкотемпературным гидридами и имеющую канал для перетекания водорода, захлаживаемый объект и высокотемпературный источник тепла, соединенный с зоной химической тепловой трубы, в которой размещен высокотемпературный гидрид (3). Химическая тепловая труба выполнена в виде двух генераторов-сорберов, соединенных каналом для перетекания водорода. Внутренняя полость одного из генераторов-сорберов является зоной химической тепловой трубы, в которой размещен высокотемпературный гидрид. Полость другого генератора-сорбера является зоной химической тепловой трубы, в которой размещен низкотемпературный гидрид.

Также сорбционный тепловой насос содержит теплоотводящее устройство, соединяющее полости генераторов-сорберов с резервуаром тепла, теплоподводящее устройство, соединяющее захлаживаемый

объект с полостью второго генератора-сорбера. Захлаживаемый объект выполнен в виде холодильной камеры, а высокотемпературный источник тепла выполнен в виде нагревателя. Теплоотводящее устройство выполнено в виде двух теплообменных поверхностей, расположенных внутри соответствующих генераторов-сорберов. При этом теплоотводящее и теплоподводящее устройства снабжены системами подачи внешнего теплоносителя и системой клапанов для изменения направления движения внешнего теплоносителя. Теплоподводящее устройство выполнено в виде охлаждающей поверхности холодильной камеры. Под резервуаром тепла понимается окружающая среда. В качестве внешнего теплоносителя используется воздух. В исходном положении гидрид первого генератора-сорбера насыщен водородом, а гидрид второго генератора-сорбера не насыщен водородом. После включения нагревателя водород в первом генераторе-сорбере десорбирует и поступает в гидрид второго генератора-сорбера. В момент включения системы подачи внешнего теплоносителя тепло, выделяющееся при сорбции водорода во втором генераторе-сорбере, отводится воздухом, прокачиваемым через второй генератор-сорбер, и сбрасывается в атмосферу. После завершения насыщения гидрида второго генератора-сорбера включается теплоотводящее устройство первого генератора-сорбера, переключаются клапана, направляющие воздух через гидрид второго генератора-сорбера в холодильную камеру, и происходит десорбция водорода во втором генераторе-сорбере. Цикл продолжается до полного насыщения водородом гидрида первого генератора-сорбера. Для работы данного теплового насоса необходимы специальные системы, обеспечивающие циркуляцию внешнего теплоносителя, системы клапанов и системы для управления клапанами, для управления направлениями потоков внешнего теплоносителя, которые существенно усложняют общую схему теплового насоса. Для охлаждения второго генератора в качестве внешнего теплоносителя используется воздух - малоэффективный теплоноситель, это также приводит к существенному усложнению общей схемы теплового насоса, к низкой надежности его работы.

В данном сорбционном тепловом насосе высокотемпературный источник тепла размещен непосредственно в зоне размещения высокотемпературного гидрида, что снижает безопасность работы всего теплового насоса и повышает его взрывоопасность. Размещение гидридов в разных генераторах-сорберах и соединение их каналом для перетекания водорода приводит к появлению большого количества соединений и снижению безопасности и надежности сорбционного теплового насоса. Большая продолжительность рабочего цикла за счет выполнения генераторов-сорберов в виде цилиндров и приводит к низкой эффективности перекачивания им тепла на единицу массы гидрида.

Цель изобретения - повышение надежности и безопасности работы

сорбционного теплового насоса, его схемное упрощение и повышение эффективности перекачивания тепла на единицу массы гидрида.

5 Поставленная цель достигается тем, что в сорбционном тепловом насосе, содержащем химическую тепловую трубу с зонами для размещения гидридов, имеющих различную температуру, при которой происходит сорбция водорода, и с каналом для перетекания водорода, захлаживаемый объект и высокотемпературный источник 10 тепла, соединенный с зоной химической тепловой трубы, в которой размещен высокотемпературный гидрид, теплоотводящее устройство, соединяющее 15 зоны размещения гидридов химической тепловой трубы с резервуаром тепла, теплоподводящее устройство, соединяющее захлаживаемый объект с зоной химической тепловой трубы химическая тепловая труба, выполнена в виде герметичного полого 20 контейнера, внутренняя полость которого разделена по меньшей мере на две зоны для размещения гидридов, имеющих различную температуру, при которой происходит сорбция водорода, соединенные между собой 25 перегородкой, являющейся непроницаемым для гидридов каналом для перетекания водорода, в одной из зон размещен высокотемпературный гидрид, а в других зонах размещены соответствующие 30 низкотемпературные гидриды, в верхней части контейнера над гидридами имеется полость для компенсации объемных изменений гидрида. Теплоотводящее и теплоподводящее устройства выполнены в 35 виде по меньшей мере двух термосифонов, а захлаживаемый объект - в виде по меньшей мере одного низкотемпературного источника тепла. Высокотемпературный источник тепла соединен с зоной химической тепловой трубы, в которой размещен высокотемпературный 40 гидрид, через один из термосифонов теплоподводящего устройства, а остальные термосифоны соединяют с соответствующими зонами химической тепловой трубы, в которых размещены низкотемпературные 45 гидриды, низкотемпературные источники тепла, количество которых равно количеству низкотемпературных гидридов, а количество пар, образуемых термосифонами теплоотводящих и теплоподводящих 50 устройств, равно количеству зон, на которые разделена внутренняя полость контейнера, размещенного между зонами испарения теплоотводящих устройств и зонами конденсации теплоподводящих устройств, расположенных друг от друга на расстоянии, 55 равном толщине контейнера, при этом большая сторона контейнера размещена вдоль зоны испарения теплоотводящих устройств.

Для повышения эффективности перекачивания тепла на единицу массы гидрида, дальнейшего повышения надежности и безопасности работы, схемного упрощения сорбционного теплового насоса он 60 снабжен по меньшей мере одной дополнительной химической тепловой трубой, расположенной на заданном расстоянии от химической тепловой трубы между зонами испарения теплоотводящих устройств и зонами конденсации теплоподводящих устройств и выполненной в виде герметичного

полого контейнера, внутренняя полость которого разделена по меньшей мере на две зоны для размещения гидридов, имеющих различную температуру, соединенные между собой перегородкой, являющейся непроницаемым для гидридов каналом для перетекания водорода, в одной из зон размещен высокотемпературный гидрид, а в других зонах - соответствующие низкотемпературные гидриды. В верхней части контейнера над гидридами имеется полость для компенсации объемных изменений гидрида.

Для повышения надежности сорбционный тепловой насос снабжен датчиком температуры, установленным на наружной поверхности термосифона теплоотводящего устройства в зоне конденсации ее теплоносителя, соединяющего зону размещения высокотемпературного гидрида химической тепловой трубы с резервуаром тепла.

Для дополнительного схемного упрощения и повышения эффективности перекачивания тепловым насосом тепла на единицу массы гидрида низкотемпературные гидриды, размещенные в соответствующих зонах химической тепловой трубы, имеют разный химический состав.

Сопоставительный анализ заявляемого технического решения с прототипом показывает, что предложенный сорбционный тепловой насос имеет следующие существенные отличительные признаки: выполнение химической тепловой трубы в виде герметичного полого контейнера, внутренняя полость которого разделена по меньшей мере на две зоны для размещения гидридов, имеющих различную температуру сорбции, соединенные между собой перегородкой, являющейся непроницаемым для гидридов каналом для перетекания водорода, в одной из зон размещен высокотемпературный гидрид, а в других зонах размещены соответствующие низкотемпературные гидриды, в верхней части контейнера над гидридами имеется полость для компенсации объемных изменений гидрида, выполнение теплоотводящего и теплоподводящего устройства в виде по меньшей мере двух термосифонов, а захолаживаемого объекта - в виде по меньшей мере одного низкотемпературного источника тепла, при этом высокотемпературный источник тепла соединен с зоной химической тепловой трубы, в которой размещен высокотемпературный гидрид через один из термосифонов теплоподводящего устройства, а остальные термосифоны теплоподводящего устройства соединяют с соответствующими зонами химической тепловой трубы, в которых размещены низкотемпературные гидриды, низкотемпературные источники тепла, количество которых равно количеству низкотемпературных гидридов, а количество пар, образуемых термосифонами теплоотводящих и теплоподводящих устройств, равно количеству зон, на которые разделена внутренняя полость контейнера, размещенного между зонами испарения теплоотводящих устройств и зонами конденсации теплоподводящих устройств, расположенных друг от друга на расстоянии, равном толщине контейнера, при этом

большая сторона контейнера размещена вдоль зоны испарения теплоотводящих устройств.

Таким образом, заявляемый сорбционный тепловой насос соответствует критерию "новизна".

Анализ известных технических решений (аналогов) позволяет сделать вывод об отсутствии в них признаков, сходных с существенными отличительными признаками в заявляемом сорбционном тепловом насосе, и признать заявляемое решение соответствующим критерию "существенные отличия".

Поскольку заявляемая совокупность существенных признаков позволяет достигнуть поставленные цели, то предлагаемое техническое решение соответствует критерию "положительный эффект".

Использование предлагаемого сорбционного теплового насоса обеспечивает повышение надежности и безопасности его работы, повышение эффективности перекачивания им тепла на единицу массы гидрида. Это выполняется для предлагаемого теплового насоса за счет размещения в полости контейнера химической тепловой трубы не одного, а двух и более низкотемпературных гидридов, связанных с различными захолаживаемыми объемами. Кроме того, повышению надежности и безопасности способствует использование единой полости контейнера, что снижает количество сварных и других соединений. Модульная конструкция исключает возможность контакта различных сред, заполняющих рабочие полости теплового насоса, и повышает безопасность теплового насоса при использовании в качестве высокотемпературного источника электронагревателя.

Таким образом, использование предлагаемого сорбционного теплового насоса обеспечивает дополнительное схемное упрощение за счет агрегатирования. Кроме того, за счет расположения высокотемпературного и низкотемпературного гидридов в одном, соответственно размещенном относительно теплоподводящих и теплоотводящих устройств объеме с возможностью компенсации объемных изменений гидридов в процессе сорбции-десорбции водорода из гидрида, а также за счет соответствующей компоновки зон химической тепловой трубы и зон теплоотводящих и теплоподводящих устройств в насосе можно сократить время цикла его работы, повысить его производительность на единицу массы гидрида и таким образом повысить надежность и безопасность работы сорбционного теплового насоса, повысить эффективность перекачивания им тепла и обеспечить схемное его упрощение.

На фиг. 1 изображена структурная схема сорбционного теплового насоса с условно снятой изоляцией с химической тепловой трубой и двумя парами теплоотводящих и теплоподводящих устройств; на фиг. 2 - то же, с двумя химическими тепловыми трубами; на фиг. 3 - разрез А-А на фиг. 2; на фиг. 4 - разрез Б-Б на фиг. 2; на фиг. 5 - химическая тепловая труба в виде контейнера, продольный разрез, с тремя

зонами размещения гидридов; на фиг. 6 - вариант сопряжения теплоподводящих и теплоотводящих устройств с контейнером и высокотемпературным источником; на фиг. 7 - диаграмма изменения давления от температуры в зонах размещения гидридов при осуществлении термодинамического цикла сорбционного теплового насоса с тремя различными гидридами.

Сорбционный тепловой насос содержит химическую тепловую трубу 1, выполненную в виде контейнера, внутренняя полость которого разделена на зоны 2 и 3. В зоне 2 размещен высокотемпературный гидрид 4, а в зоне 3 - низкотемпературный гидрид 5. Зоны 2 и 3 для размещения гидридов 4 и 5, имеющих различную температуру, при которой происходит сорбция водорода при заданном давлении, соединены между собой перегородкой 6, являющейся непроницаемым для гидридов 4 и 5 каналом для перетекания водорода. В верхней части контейнера над гидридами 4 и 5 имеется полость 7 для компенсации объемных изменений гидридов 4 и 5. Захлаживаемый объект выполнен в виде низкотемпературного источника 8 тепла и высокотемпературного источника 9 тепла, соединенных с зоной 2 химической тепловой трубы 1, в которой размещен высокотемпературный гидрид 4.

В тепловом насосе также имеется теплоотводящее устройство, выполненное в виде двух известных термосифонов 10 и 11 (Пиоро Л. С. и др. Двухфазные термосифоны и их применение в промышленности. Киев: Наукова думка, 1988, с. 5-8), и теплоподводящее устройство, выполненное в виде двух термосифонов 12 и 13. Термосифоны 10, 11 соединяют соответственно зоны 2 и 3 с резервуаром 14 тепла. Высокотемпературный источник 9 тепла соединен с зоной 2 через термосифон 12 теплоподводящего устройства. Термосифон 13 соединяет с зоной 3 низкотемпературный источник 8 тепла. Количество низкотемпературных источников 8 тепла в общем случае равно количеству низкотемпературных гидридов 5. Каждый термосифон 10, 11 теплоотводящего устройства образует пару с соответствующим термосифоном 12, 13 теплоподводящего устройства. Количество пар равно количеству зон 2, 3. Термосифоны 10 и 11 имеют на наружной поверхности ребра 15, предназначенные для повышения эффективности перекачивания тепла сорбционного теплового насоса.

На фиг. 2 изображена структурная схема сорбционного теплового насоса, конструктивное выполнение которого аналогично конструктивному выполнению сорбционного теплового насоса, изображенного на фиг. 1. Отличие заключается лишь в том, что он снабжен дополнительной химической тепловой трубой 16 (фиг. 2), расположенной под химической тепловой трубой 1 на заданном расстоянии. Конструктивное выполнение дополнительной химической тепловой трубы 16 аналогично конструктивному выполнению химической тепловой трубы 1. В общем случае сорбционный тепловой насос снабжен по меньшей мере химической тепловой трубой 16.

Наружная поверхность термосифона 10 в

зоне 17 испарения теплоносителя 18, содержащегося в термосифоне 10, покрыта изоляцией 19. Наружная поверхность термосифона 12 также покрыта изоляцией 19. В термосифоне 12 также содержится теплоноситель 18. В общем случае теплоносители 18 в термосифонах 10, 12 и параметры их заправки могут быть различными. Например, в термосифоне 12 - этиловый спирт, а в термосифоне 10 - аммиак. Дополнительная химическая тепловая труба 16 и химическая тепловая труба 1 и размещены между зоной 17 испарения теплоносителя 18 в термосифоне 10 и зоной 20 конденсации теплоносителя 18 в термосифоне 12. Зона 17 испарения и зона 20 конденсации расположены друг от друга на расстоянии, равном толщине контейнера. Большая сторона контейнера размещена вдоль зоны 17 испарения.

В тепловом насосе имеется также известный датчик 21 температуры (Температурные измерения. Справочник, Киев: Наукова Думка, 1989, с. 155, 230), установленный на внешней поверхности термосифона 10 в зоне 22 конденсации теплоносителя 18 термосифона 10. Нижняя часть термосифона 12 выполнена в виде двух симметрично расположенных относительно продольной осевой плоскости термосифона 12 арочных конструкций 23 и 24 с образованием полости 25 между ними, являющейся зоной 26 испарения теплоносителя 18. Высокотемпературный источник 9 тепла расположен во внутренней полости 27 нижней части термосифона 12.

Наружная поверхность термосифона 11 в зоне 28 испарения теплоносителя 18 покрыта изоляцией 19. Наружная поверхность термосифона 13 в зоне 29 конденсации и в зоне 30 испарения также покрыта изоляцией 19. Ребра 15 расположены на наружной поверхности термосифона 11 в зоне 31 конденсации теплоносителя 18. Термосифон 13 имеет L-образную форму. В общем случае внутренняя полость контейнера может быть разделена по меньшей мере на две зоны - 2 и 3.

На фиг. 5 показан контейнер, конструктивное выполнение которого аналогично конструктивному выполнению контейнера, изображенного на фиг. 1 и 2. Отличие заключается лишь в том, что внутренняя полость в нем разделена на три зоны 2, 3, 32 для размещения соответственно гидридов 4, 5, 33. В зоне 2 размещен высокотемпературный гидрид 4, в зонах 3, 32 размещен соответствующий низкотемпературный гидрид 5, 33. Зоны 2, 3, 32 разделены перегородками 6. При данном количестве зон 2, 3, 32 сорбционный тепловой насос должен быть снабжен тремя парами, образованными соответствующими термосифонами 10, 11, 12 и 13 теплоотводящих и теплоподводящих устройств. Теплоотводящее и теплоподводящее устройства выполнены в виде по меньшей мере двух термосифонов 10, 11 и 12, 13, а захлаживаемый объект - в виде по меньшей мере одного низкотемпературного источника 8 тепла. При наличии в контейнере зон 2, 3, 32 (фиг. 5) должно быть два низкотемпературных источника 8 (фиг. 1) тепла. В зонах 3 и 32 размещены разные по химическому составу

низкотемпературные гидриды 5 и 33.

На фиг. 6 изображен еще один вариант выполнения сопряжения теплоподводящих и теплоотводящих устройств с контейнером и высокотемпературным источником 9 тепла. Конструкция теплоотводящего устройства, химической тепловой трубы 1, дополнительной химической тепловой трубы 16, теплоподводящего устройства аналогична выполнению этих элементов, изображенных на фиг. 3. Отличие заключается лишь в том, что верхняя часть термосифона 12 выполнена так же, как и нижняя его часть. В полости 27 верхней части термосифона 12 расположены по обе стороны от термосифона 10, размещенного также в полости 27, параллельно друг другу химическая тепловая труба 1 и дополнительная химическая тепловая труба 16.

На фиг. 7 изображена диаграмма изменения давления от температуры в зонах 2, 3, 32 размещения гидридов 4, 5, 33 при осуществлении термодинамического цикла сорбционного теплового насоса с тремя различными гидридами 4, 5, 33. В координатах $1/T$ и $\ln P$ обозначено:

$T_{ви}$ - температура высокотемпературного источника 9 тепла;

$T_{рт}$ - температура резервуара 14 тепла;

$T_{ни1}$ - температура первого низкотемпературного источника 8 тепла;

P_1 - равновесное давление абсорбции водорода в высокотемпературном гидриде 4 при температуре резервуара 14;

P_2 - равновесное давление десорбции водорода гидридом 4 при температуре высокотемпературного источника 9 тепла;

P_3 - равновесное давление абсорбции водорода первым низкотемпературным гидридом 5 при температуре $T_{м1}$;

P_4 - равновесное давление абсорбции водорода гидридом 33 при температуре $T_{м2}$;

P_5 - давление десорбции водорода из второго низкотемпературного гидрида 33 при температуре второго низкотемпературного источника тепла (не показан);

P_6 - давление десорбции водорода из первого низкотемпературного гидрида 5 при температуре первого низкотемпературного источника 8 тепла;

$T_{ни2}$ - температура второго низкотемпературного источника тепла;

T - температура абсорбции первого низкотемпературного гидрида 5;

T - температура абсорбции второго низкотемпературного гидрида 33.

Стрелками E и D показано направление перетекания водорода из гидрида 4 в гидрид 5 и соответственно из гидрида 5 в 4; буквами A, C, B - зависимости равновесного давления десорбции гидрида 4 и абсорбции гидридов 33 и 5 соответственно от температуры гидрида 4, 5, 33, стрелками G и H - направление перетекания водорода из гидрида 4 в гидрид 33 и обратно.

Сорбционный тепловой насос работает следующим образом.

В исходном положении высокотемпературный гидрид 4 в зоне 2 контейнера химической тепловой трубы 1 насыщен водородом, низкотемпературный гидрид 5 в зоне 3 контейнера не насыщен водородом, температура гидрида 4 близка к

температуре $T_{рт}$ (фиг. 7) резервуара 14 (фиг. 1) тепла, а давление P_1 водорода в контейнере равно равновесному давлению десорбции водорода гидридом 4 при температуре $T_{рт}$. С момента включения высокотемпературного источника 9 тепла с помощью термосифона 12 тепло передается гидриду 4 через стенку контейнера. Температура гидрида 4 повышается, что вызывает десорбцию водорода и повышение давления в контейнере. При достижении давления в контейнере, вызванного ростом температуры гидрида 4, величины P_2 , превышающей давление P_3 абсорбции гидрида 5, начинается изотермическая десорбция водорода, перетекание водорода из гидрида 4 в гидрид 5 при постоянной температуре гидрида 4. Выделившееся при абсорбции водорода в гидриде 5 тепло, через стенку контейнера в зоне 3 расположения гидрида 5 передается с помощью термосифона 11 резервуару 14 тепла. По мере полного прогрева слоя гидрида 4 фронт десорбции водорода перемещается в слое гидрида 4 от зоны 20 конденсации теплоносителя 18 (фиг. 3) термосифона 12 до зоны 17 испарения теплоносителя 18 термосифона 10. При достижении фронта десорбции водорода зоны 17 испарения теплоносителя 18 термосифона 10, термосифон 10 начинает проводить тепло и происходит резкое повышение температуры зоны 22 конденсации термосифона 10, что свидетельствует о завершении цикла десорбции и завершении подготовительного цикла работы теплового насоса и источник 9 тепла отключается. По мере охлаждения гидрида 4 посредством теплообмена с резервуаром 14 тепла с помощью термосифона 10 температура гидрида 4 понижается, снижается равновесное давление сорбции водорода гидридом 4 и давление в контейнере. В результате снижения давления в контейнере химической тепловой трубы 1 происходит десорбция водорода из гидрида 5 и снижение температуры гидрида 5 до температуры $T_{ни1}$ низкотемпературного источника 8 вследствие отвода тепла десорбции. При этом в зону 30 испарения (фиг. 4) термосифона 13 подводится тепло от низкотемпературного источника 8 тепла, передается тепло гидриду 5, а десорбирующий водород перетекает из зоны 3 в зону 2 контейнера и насыщает гидрид 4. Выделяемое при сорбции водорода в гидрид 4 тепло передается с помощью термосифона 10 резервуару 14 тепла. После полного перетекания водорода из гидрида 5 в гидрид 4 прекращается выделение тепла абсорбции водорода и прекращается передача тепла с помощью термосифона 10 от гидрида 4 в зону 2 контейнера химической тепловой трубы 1 резервуару 14 тепла.

В результате температура зоны 22 конденсации термосифона 10 снижается, что свидетельствует об окончании рабочего цикла насыщения гидрида 4 и о полном завершении цикла перекачивания тепла от источника 8 тепла резервуару 14 тепла. Цикл преобразования тепла завершается. Тепловой насос готов к повторению цикла работы. Упомянутое выше резкое повышение температуры в зоне 22 конденсации

термосифона 10 и резкое ее снижение дают возможность после установки датчика 21 температуры получать по его показаниям информацию о завершении каждого полуцикла работы.

Отличие схемы теплового насоса (фиг. 2) заключается в наличии аналогичной дополнительной химической тепловой трубы 16. Работа теплового насоса протекает по вышеописанной схеме. Установка дополнительного контейнера позволяет повысить производительность теплового насоса в два раза.

Размещение в контейнере дополнительного низкотемпературного гидрида 33 (фиг. 5) позволяет по описанной выше схеме работы отводить тепло от второго низкотемпературного источника тепла с температурой $T_{ни2}$ (на фиг. 1 и 2 не изображен).

Работа теплового насоса происходит аналогично. В исходном положении гидрид 4 (фиг. 5) в зоне 2 (фиг. 1) контейнера насыщен водородом, низкотемпературные гидриды 5 и 33 (фиг. 5), размещенные в зонах 3 и 32 контейнера не насыщены водородом, температура гидрида 4 (фиг. 1) близка к температуре $T_{рт}$ резервуара 14 тепла, а давление P_1 водорода (фиг. 7) в контейнере равно равновесному давлению десорбции гидридом 4 при температуре $T_{рт}$. При повышении температуры гидрида 4 вследствие теплоподвода от высокотемпературного источника 9 тепла, давление в контейнере повышается. При достижении давления P_2 , превышающего давление абсорбции P_3 и P_4 гидридов 5 (фиг. 5) и 33 происходит насыщение гидридов 5 и 33 водородом при одновременной передаче выделившегося при температуре T_m^I и T_m^{II} тепла с помощью термосифонов 10 и 11 резервуару 14 тепла. После завершения десорбции водорода из гидрида 4, отключения высокотемпературного источника 9 и охлаждения гидрида 4 по мере снижения давления абсорбции водорода гидридом 4 ниже давления десорбции гидридов 5 и 33 (фиг. 5) начинается десорбция водорода из гидридов 5 и 33 с отводом тепла от гидридов 5 и 33 и понижением их температуры до температуры $T_{ни1}$ и $T_{ни2}$ низкотемпературных источников 8.

Дальнейший подвод тепла от низкотемпературных источников 8 при температурах $T_{ни1}$ и $T_{ни2}$ поддерживает десорбцию водорода из гидридов 5 и 33, а отвод тепла абсорбции водорода от гидрида 4 (фиг. 1) при температуре резервуара 14 тепла обеспечивает необходимый запас давления для обеспечения абсорбции водорода гидридом 4 в контейнере. После завершения абсорбции водорода гидридом 4 цикл работы завершается, тепловой насос готов к повторению цикла работы.

Данный сорбционный тепловой насос позволяет утилизировать бросовое тепло, тепло естественных источников тепла, например тепло грунта, солнца и других источников. Также тепловой насос позволяет генерировать холод, отапливать помещение, аккумулировать энергию.

Формула изобретения:

1. СОРБЦИОННЫЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС,

5 содержащий химическую тепловую трубу с зонами для размещения гидридов, имеющих различную температуру, при которой происходит сорбция водорода при заданном уровне давления, и с каналом для перетекания водорода, захлаживаемый объектом и высокотемпературный источник 10 тепла, соединенный с зоной химической тепловой трубы, в которой размещен высокотемпературный гидрид, теплоотводящее устройство, соединяющее 15 зоны размещения гидридов, химической тепловой трубы с резервуаром тепла, теплоподводящее устройство, соединяющее захлаживаемый объект с химической тепловой трубой, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности и безопасности в работе сорбционного теплового насоса, схемного его упрощения и повышения эффективности процесса перекачивания им тепла на единицу массы гидрида, химическая тепловая труба 20 выполнена в виде герметичного полого контейнера, внутренняя полость которого разделена по меньшей мере на две зоны для размещения гидридов, имеющих различную температуру, при которой происходит сорбция водорода при заданном уровне 25 давления, соединенные между собой перегородкой, не проницаемой для гидридов каналов для перетекания водорода, в одной из зон размещен высокотемпературный гидрид, а в других зонах - соответствующие низкотемпературные гидриды, в верхней 30 части контейнера над гидридами имеется полость для компенсации объемных изменений гидрида, при этом как теплоотводящее устройство, так и теплопроводящее устройство выполнено в виде по меньшей мере двух термосифонов, а захлаживаемый объект выполнен в виде по 35 меньшей мере одного низкотемпературного источника тепла, причем высокотемпературный источник тепла соединен с зоной химической тепловой трубы, в которой размещен высокотемпературный гидрид, через один из термосифонов теплопроводящего устройства, а остальные термосифоны теплоподводящего устройства 40 соединяют с соответствующими зонами химической тепловой трубы, в которых размещены низкотемпературные гидриды, низкотемпературные источники тепла, количество которых равно количеству пар, образуемых термосифонами 45 теплоотводящих и теплоподводящих устройств, равно количеству зон, на которые разделена внутренняя полость контейнера, размещенного между зонами испарения теплоотводящих устройств и зонами конденсации теплоподводящих устройств, расположенных друг от друга на расстоянии, равном толщине контейнера, при этом 50 большая сторона контейнера размещена вдоль зоны испарения теплоотводящего устройства.

2. Насос по п. 1, отличающийся тем, что он снабжен по меньшей мере одной 60 дополнительной химической тепловой трубой, расположенной на заданном расстоянии от химической тепловой трубы между зонами испарения теплоотводящих устройств и зонами конденсации теплоотводящих устройств и выполненной в виде герметичного

полого контейнера, внутренняя полость которого разделена по меньшей мере на две зоны для размещения гидридов, имеющих различную температуру, соединенные между собой перегородкой, не проницаемой для гидридов каналом для перетекания водорода, в одной из зон размещен высокотемпературный гидрид, а в других зонах - соответствующие низкотемпературные гидриды, в верхней части контейнера над гидридами имеется полость для компенсации объемных изменений гидрида.

3. Насос по любому из пп. 1 и 2,

отличающийся тем, что он снабжен датчиком температуры, установленным на наружной поверхности термосифона теплоотводящего устройства в зоне конденсации его теплоносителя, соединяющего зону размещения высокотемпературного гидрида химической тепловой трубы с резервуаром тепла.

4. Насос по любому из пп. 1 - 3, отличающийся тем, что низкотемпературные гидриды, размещенные в соответствующих зонах химической тепловой трубы, имеют разный химический состав.

5

10

15

20

25

30

35

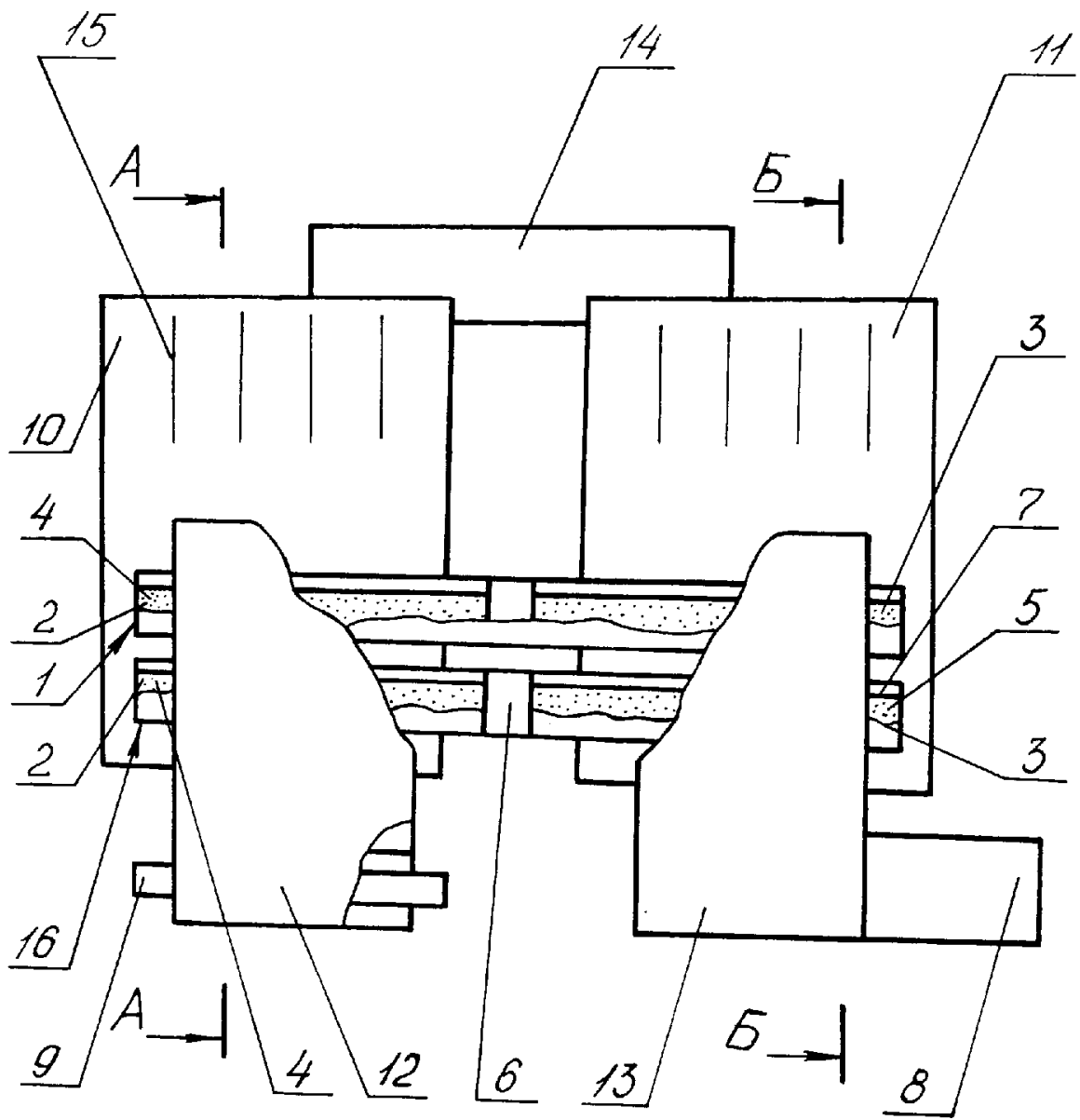
40

45

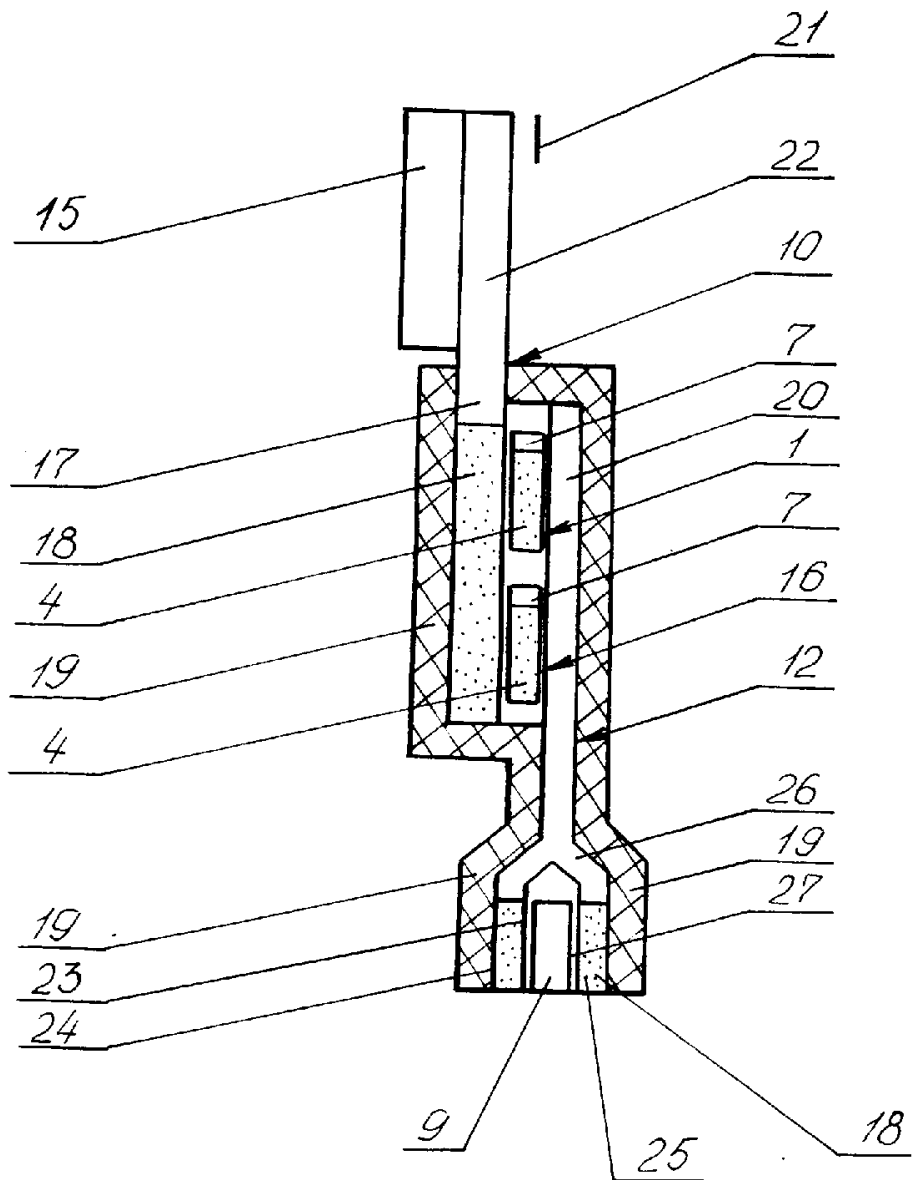
50

55

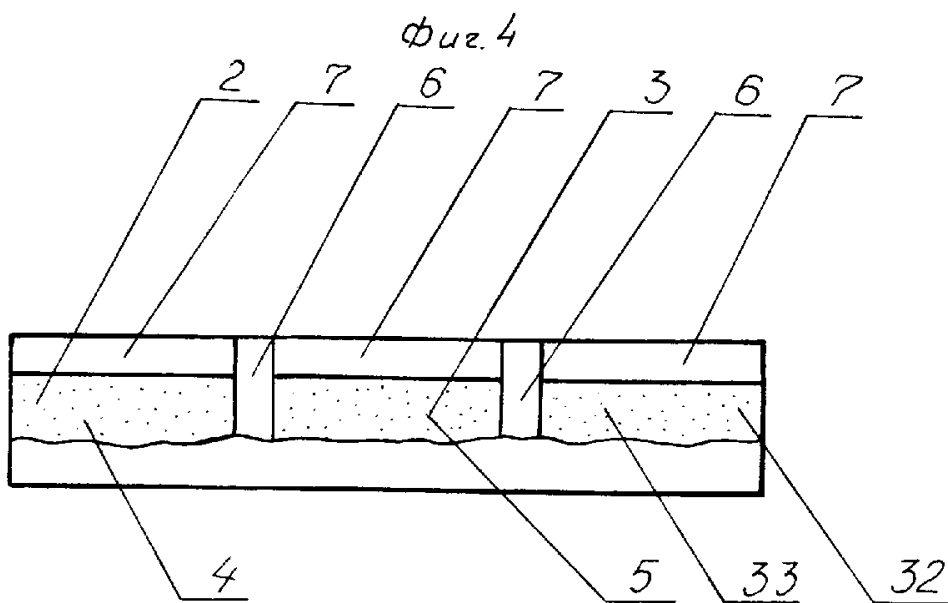
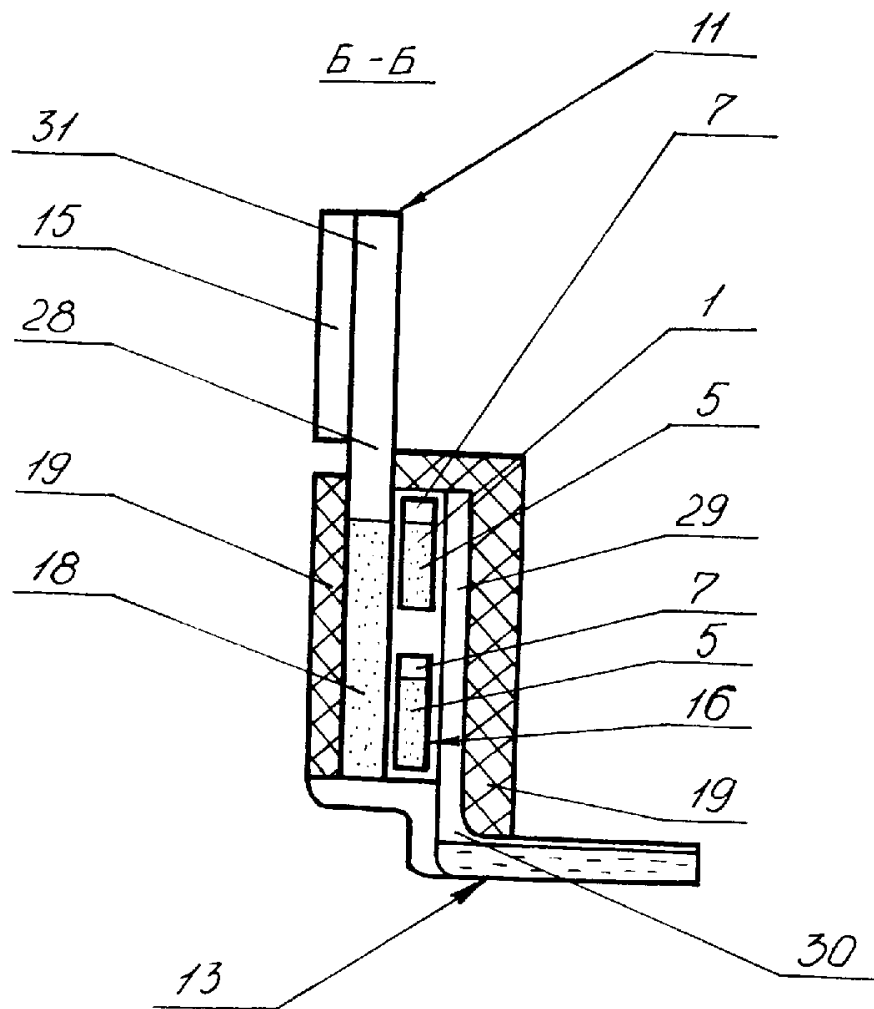
60

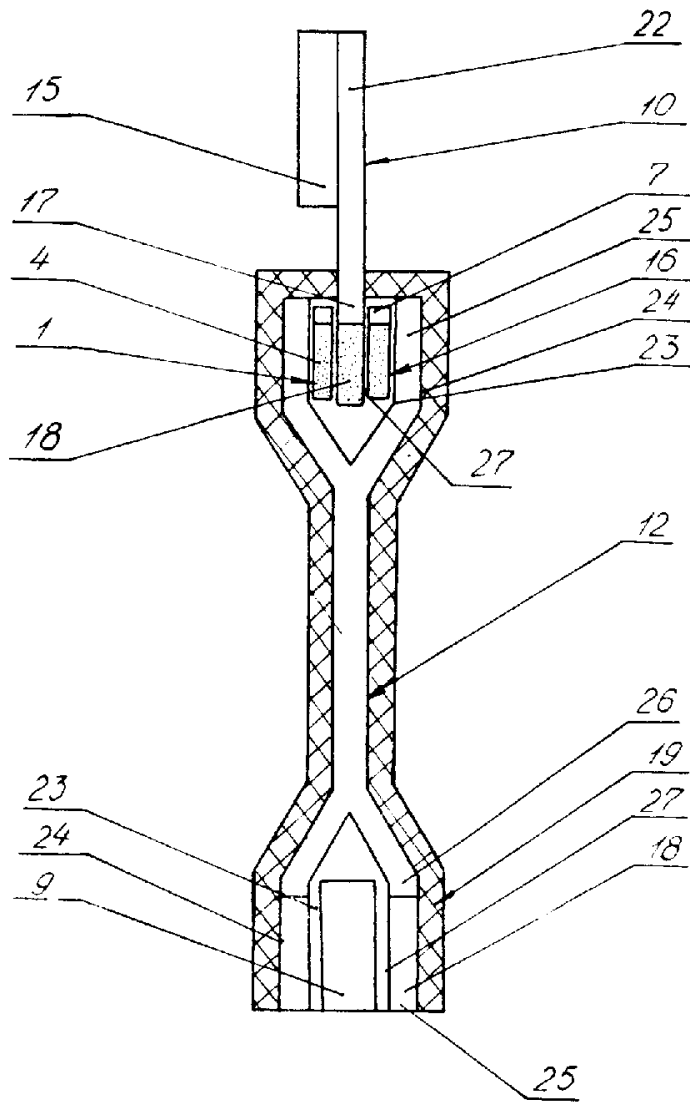


Фиг. 2



Фиг. 3





фиг. 6

