

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043750**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.19

(51) Int. Cl. **F01K 25/06** (2006.01)
F01K 21/04 (2006.01)

(21) Номер заявки
202200086

(22) Дата подачи заявки
2021.06.24

(54) **ЗАМКНУТЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ**

(31) **2020138358**

(32) **2020.11.24**

(33) **RU**

(43) **2022.08.16**

(86) **PCT/RU2021/050181**

(87) **WO 2022/114996 2022.06.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НОВЫЙ
ЦИКЛ" (RU)**

(72) Изобретатель:
Сизов Владимир Петрович (RU)

(74) Представитель:
Изофатова С.А. (RU)

(56) **RU-C1-2148722**
US-A1-2011061388
EA-B1-000058

(57) Изобретение относится к области преобразования тепловой энергии в механическую с использованием в качестве рабочего тела смеси нерастворимых или малорастворимых друг в друге веществ, находящихся в равновесии в жидкой и газовой фазах. Технической задачей является повышение термического КПД энергетического цикла. Замкнутый энергетический цикл, в котором в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе. Рабочее тело подают на фазу сжатия в соотношении, при котором происходит испарение жидкости за счет разогрева сжимаемого инертного газа. Затем рабочее тело, находящееся в газовой фазе, нагревают и направляют в расширитель для совершения работы, после чего рабочее тело посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла. Производят измерение температуры рабочего тела в конце фазы сжатия и в зависимости от температуры регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия. В качестве инертного газа используют аргон, в качестве жидкости используют бутан. В качестве жидкости могут использовать фреон или предельный углеводород.

043750
B1

043750
B1

Изобретение относится к области преобразования тепловой энергии в механическую с использованием в качестве рабочего тела смеси нерастворимых или малорастворимых друг в друге веществ, находящихся в равновесии в жидкой и газовой фазах.

Известен замкнутый энергетический цикл (по патенту RU 2304722), в котором в качестве рабочего тела используется смесь веществ, состоящая из нескольких компонентов, находящихся в равновесии в жидкой и газовой фазах. В первой рабочей фазе при первоначальной температуре и первоначальном давлении рабочее тело расширяется с совершением работы и последующим отводом тепла. Расширение рабочего тела и последующий отвод тепла проводят до температуры, при которой рабочее тело разделяется на газовую фазу и жидкую фазу. Жидкую фазу рабочего тела отделяют от газовой фазы и отдельно сжимают. После сжатия жидкую фазу нагревают путем подвода тепла и смешивают с газовой фазой с образованием рабочего тела при первоначальной температуре.

Известен замкнутый энергетический цикл (по патенту RU 2114999) в котором, в рабочую жидкость, помещенную в резервуар, добавляют газ, молекулярная масса которого не превышает молекулярную массу рабочей жидкости, и сообщают этой жидкости тепловую энергию от устройства для нагрева рабочей жидкости до приведения ее в пар. Затем подают рабочую жидкость в парообразной фазе в устройство для преобразования энергии в механическую работу, с расширением рабочей жидкости и снижением температуры. Выделяют из расширенной и охлажденной рабочей жидкости газ. Циклически возвращают расширенную и охлажденную жидкость в жидкой фазе и выделенный газ в резервуар. В качестве рабочей жидкости используют воду, в которую в резервуаре нагревают до получения пара и добавляют в нее в количестве от 0,1 до 9 мас.% водород или гелий для образования смеси газа с паром, имеющей повышенные значения энтальпии и коэффициента сжимаемости.

Общим недостатком известных решения является низкий термический КПД, связанный с тем, что сжатие двух рабочих тел происходит отдельно и не используется теплота, выделяющаяся при сжатии газа.

Известен незамкнутый энергетический цикл (по заявке US 2005172623), в котором используется нагретый газ-носитель, который адиабатически сжимают, выделяющееся от сжатия тепло поглощается впрыскиваемой из резервуара закипающей жидкостью, которая расходуется в процессе работы. Нагнетают жидкость в постоянный объем газа-носителя, при этом, часть жидкости переходит в газовую фазу. Затем, выравнивают температуру смеси газов перед этапом быстрого расширения при постоянном объеме. Происходит передача тепловой энергии от газа-носителя к нагнетаемой жидкости. Если существует достаточная разница температур для передачи тепла, произойдет дальнейшее испарение жидкости. Затем, происходит адиабатическое расширение смеси в расширителе. Происходит истощение смеси, которая собирается в конденсатор для разделения смеси на компоненты. Затем, газ-носитель возвращается в начало цикла. Жидкость в процессе цикла расходуется и не может быть возвращена в его начало

Известен замкнутый энергетический цикл (по патенту RU 2148722), выбранный в качестве прототипа, в котором, в качестве рабочего вещества используется газожидкостный раствор бутана и азота, обладающий обратной растворимостью по температуре. В первой рабочей фазе объем камеры расширяется, давление падает, при расширении выполняется механическая работа, при увеличении объема и падении давления происходит выделение газовой фазы, которое сопровождается выделением тепла. При сжатии происходит растворение газа в жидкости, которое сопровождается поглощением тепла, поэтому работа сжатия уменьшается. Из-за ограниченной растворимости азота в бутане, требуется нагревать раствор на этапе сжатия, кроме того, бутан не меняет фазовое состояние в цикле. Оба этих фактора также снижают термический КПД цикла.

Технической задачей изобретения является повышение термического КПД энергетического цикла.

Технический результат достигается в замкнутом энергетическом цикле, в котором в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе. Под замкнутым энергетическом циклом мы понимаем термодинамический цикл, в котором термодинамические состояния рабочего тела, в нашем случае газо-жидкостной смеси, в начале и в конце совпадают. В том числе, в это понятие включаются те процессы, в которых допускается добавление или извлечение компонент рабочего тела, вследствие, например, потерь, утечек, или, при необходимости изменить состояние или режим работы тепловой машины, использующей этот цикл. Рабочее тело подают на фазу сжатия в соотношении, при котором происходит испарение жидкости за счет разогрева сжимаемого инертного газа, затем рабочее тело, находящееся в газовой фазе, нагревают и направляют в расширитель для совершения работы, после чего, рабочее тело посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла. Производят измерение температуры рабочего тела в конце фазы сжатия и, в зависимости от температуры регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия. В качестве инертного газа используют аргон, в качестве жидкости используют бутан. В качестве жидкости могут использовать фреон или предельный углеводород.

Изобретение поясняется рисунками:

фиг. 1 - схема энергетического цикла;

фиг. 2 - фазовая диаграмма Т-Р для пары аргон - бутан.

В замкнутом энергетическом цикле в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе. Началом цикла мы называем состояние смеси

перед подачей на фазу сжатия А-В - в компрессор 1. То есть, мы выбираем такую пару инертного газа и жидкости, и такие параметры энергетического цикла, при которых, инертный газ и жидкость находятся в конденсаторе 4, на фазе охлаждения смеси D-A, или, что то же самое, перед подачей в компрессор 1, в газообразной и жидкой фазах соответственно.

Использование химически инертного газа и скорость протекания процессов определяют то, что инертный газ и жидкость значимо для хода процесса не растворяются друг в друг и установившееся термодинамическое равновесие на фазах цикла не смещается из-за растворения - в разных фазах цикла инертный газ и жидкость находятся либо в виде смеси газов, либо в виде смеси (а не раствора) газа и жидкости.

Рабочее тело подают на фазу сжатия А-В, в компрессор 1, в соотношении, при котором происходит разогрев сжимаемого инертного газа. За счет выделяющегося при этом тепла, происходит закипание и полное испарение жидкости. Процесс характеризуется малыми механическими затратами на сжатие, так как температура и энтальпия меняются незначительно, совершается малая работа. Могут использоваться циклические компрессоры объёмного сжатия (например, поршневые, винтовые), имеющие замкнутый объём для сжатия. В этот объём для сжатия одновременно подаются инертный газ и жидкость. В каждый цикл работы компрессора подается определённое количество инертного газа и жидкости с тем, чтобы тепло от сжатия инертного газа было равно теплу, необходимому жидкости для полного испарения.

Для повышения теплового КПД и для повышения стабильности тепловых характеристик энергетического цикла, производят измерение температуры рабочего тела в конце фазы сжатия А-В, на выходе из компрессора 1. В зависимости от измеренной температуры, регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность фазы сжатия при установившемся рабочем режиме тепловой машины: избыток жидкости может привести к неполному испарению, избыток инертного газа приведет к потерям механической энергии на сжатие рабочего тела. В автоматическом режиме такой контроль и регулировка могут производиться с использованием контроллера, соединенного с термометром и с устройствами дозированного впрыска.

Затем рабочее тело, находящееся на выходе из компрессора 1 в газовой фазе, при постоянном давлении нагревают в нагревателе 2 (фаза энергетического цикла В-С) до расчетной температуры, в качестве которого может использоваться подогреваемая емкость.

Расчетная температура выбирается таким образом, чтобы обеспечить максимальный тепловой КПД цикла: необходимо нагревать до такой температуры, чтобы при последующем расширении в расширителе 3, смесь газов остыла практически до точки росы для жидкости. Если капли жидкости появятся в полости расширителя 3, они перестают совершать полезную работу (недогрев). Если перегреть, то потребуется отнимать лишнее тепло в конденсаторе 4.

После фазы нагрева рабочее тело направляют в расширитель 3 для совершения механической работы (фаза расширения С-D), тепловая машина преобразует тепловую энергию в механическую (и далее, например, в электрическую). При этом может использоваться любой из известных механизмов, например турбина.

После расширителя рабочее тело подается на фазу охлаждения D-A, в конденсатор 4 (теплообменник), где посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла.

В качестве примера рассмотрим работу энергетического цикла на паре аргон - бутан.

В цикле участвует 1 кг аргона и 0,1356 кг жидкого бутана. Начальное давление для такой смеси составляет 3 бар при температуре 30°C. В компрессоре 1 происходит сжатие смеси (рабочего тела) до 8 бар с полным испарением бутана. На выходе из компрессора температура газообразного рабочего тела составит 69°C. Далее, при постоянном давлении нагревают смесь до 100°C и она совершает работу в расширителе 3, при этом давление понижается до 3 бар, температура до 31°C. В конденсаторе 4, при незначительном понижении температуры до 30°C, бутан переходит в жидкую фазу а аргон с жидким бутаном возвращаются в начало цикла. Расчетное тепловое КПД такого процесса составляет около 90%.

В качестве инертного газа очевидно могут использоваться и другие газы: криптон, ксенон, гелий, неон, имеющие сходные физические и химические свойства. Так, ниже приводится таблица параметров энергетического цикла с использованием таких газов.

В качестве жидкости может использоваться любая жидкость, которая может находиться с инертным газом в виде смеси (является нелетучей, находящейся в жидкой фазе) в условиях конденсатора и испаряющейся в компрессоре. Наиболее подходящими жидкостями являются легкокипящие вещества (вещества с малой удельной теплотой парообразования), к ним, например, можно отнести, но не ограничивая только ими, все фреоны и предельные углеводороды. Очевидно, что таких веществ очень много и невозможно описать особенности энергетического цикла для всех пар инертный газ - жидкость. В качестве примеров в таблице приведены параметры энергетического цикла для разных пар.

Рабочее тело, состоящее из смеси	Соотношение компонент смеси при сжатии, кг/кг	Параметры газа на выходе из компрессора Т - °С и Р - бар	Температура нагревателя, °С	Температура и давление в холодильнике Т - °С и Р - бар	Кпд, %
гелий и фреон R11	1/6,25	87,68 и 6,262	100	30 и 1,262	56
неон и фреон R113	1/2,7	110 и 5,54	150	30 и 0,54	54,66
Криптон и фреон R22	1/0,046	44 и 17	100	30 и 1,2	49
ксенон и фреон R12	1/0,06	51 и 12,44	100	30 и 7,44	48
аргон и пропан	1/0,055	46,3 и 15,8	100	30 и 10,8	39

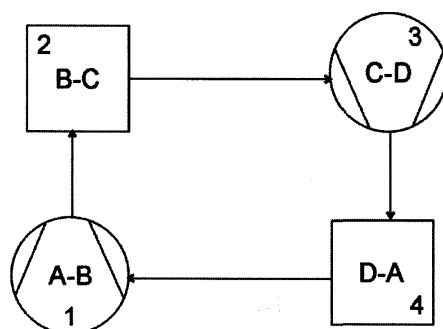
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Замкнутый энергетический цикл, в котором в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе, рабочее тело подают на фазу сжатия в соотношении, при котором происходит испарение жидкости за счет разогрева сжимаемого инертного газа, затем рабочее тело, находящееся в газовой фазе, нагревают и направляют в расширитель для совершения работы, после чего рабочее тело посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла.

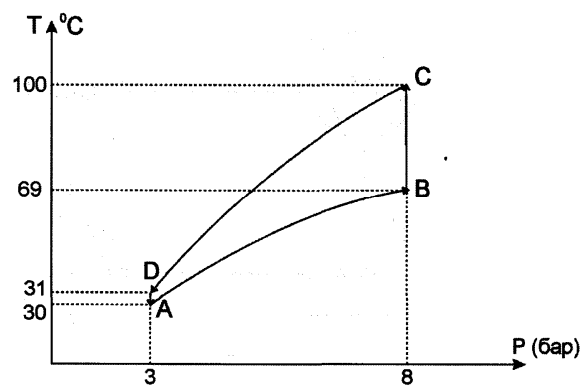
2. Энергетический цикл по п.1, характеризующийся тем, что производят измерение температуры рабочего тела в конце фазы сжатия и в зависимости от температуры регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия.

3. Энергетический цикл по п.1, характеризующийся тем, что в качестве инертного газа используют аргон, в качестве жидкости используют бутан.

4. Энергетический цикл по п.1, характеризующийся тем, что в качестве жидкости используют фреон или предельный углеводород.



Фиг. 1



Фиг. 2