



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 214 566** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) МПК<sup>7</sup> **F 25 В 27/02, F 01 В 21/00, F 25 В 9/14**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

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

(21), (22) Заявка: 2002108166/06, 01.04.2002

(24) Дата начала действия патента: 01.04.2002

(46) Дата публикации: 20.10.2003

(56) Ссылки: RU 2176054 C1, 20.11.2001. RU 2176055 C1, 20.11.2001. RU 2088864 C1, 27.08.1997. US 3805540 A, 23.04.1974. US 4270365 A, 02.06.1981. GB 2170268 A, 30.07.1986.

(98) Адрес для переписки:  
197082, Санкт-Петербург, П-82, ул. Красного  
Курсанта, 16, Военный инженерно-космический  
университет, НИО, НИЛ-6, Н.Г. Кириллову

(71) Заявитель:  
Военный инженерно-космический университет

(72) Изобретатель: Кириллов Н.Г.,  
Воскресенский С.С., Дыбок В.В.

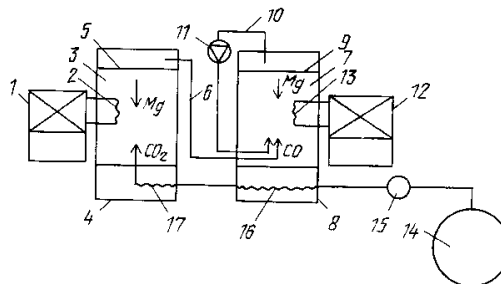
(73) Патентообладатель:  
Военный инженерно-космический университет

(54) **ЭНЕРГОХОЛОДИЛЬНАЯ СИСТЕМА С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ БЕЗ СВЯЗИ С АТМОСФЕРОЙ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области теплоэнергетики и может быть использовано в качестве энергохолодильной системы для объектов, функционирующих без связи с атмосферой. В реактор подается двуокись углерода и щелочноземельный металл - магний. В результате взаимодействия магния с двуокисью углерода образуются твердая и газовая фазы, которые разделяются в сепараторе. Твердая фаза складывается в накопителе, а газовая фаза подается в реактор. Не прореагировавшая окись углерода отделяется в сепараторе от твердой фазы и по рециркуляционной линии нагнетателем снова подается в реактор. Теплота химических реакций, протекающих в одном из реакторов, передается через контур с промежуточным теплоносителем рабочему телу двигателя Стирлинга, а теплота химических реакций, протекающих в другом реакторе, передается рабочему телу

теплоиспользующей холодильной машины. Двуокись углерода подается в реактор из емкости через теплообменник, в котором воспринимает теплоту твердой фазы, аккумулированную в накопителе реактора, и далее через теплообменник, в котором воспринимает теплоту, аккумулированную в накопителе. Использование изобретения позволит повысить надежность работы двигателя Стирлинга и снизить стоимость системы. 1 ил.



RU 2 214 566 C1

RU 2 214 566 C1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 214 566** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>7</sup> **F 25 B 27/02, F 01 B 21/00, F 25 B 9/14**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2002108166/06, 01.04.2002  
 (24) Effective date for property rights: 01.04.2002  
 (46) Date of publication: 20.10.2003  
 (98) Mail address:  
 197082, Sankt-Peterburg, P-82, ul. Krasnogo  
 Kursanta, 16, Voennyj  
 inzhenerno-kosmicheskij universitet, NIO,  
 NIL-6, N.G. Kirillovu

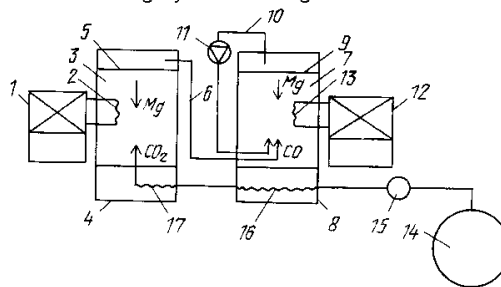
(71) Applicant:  
 Voennyj inzhenerno-kosmicheskij universitet  
 (72) Inventor: Kirillov N.G.,  
 Voskresenskij S.S., Dybok V.V.  
 (73) Proprietor:  
 Voennyj inzhenerno-kosmicheskij universitet

(54) **COOLING SYSTEM HAVING STIRLING ENGINE FOR INSTALLATIONS OPERATING WITHOUT COMMUNICATION WITH ATMOSPHERE**

(57) Abstract:

FIELD: heat-and-power engineering equipment. SUBSTANCE: system is used for installation cooling by supplying of gaseous carbon dioxide and alkaline-earth metal-magnesium into reactor. As result of reaction between magnesium and carbon dioxide solid and gaseous phases appear. Solid and gaseous phases are separated into separator. Solid phase is stored into accumulator, gaseous phase is introduced into reactor. Non- reacted carbon oxide is separated into separator from solid phase and supplied through re-circulation pipeline into reactor by means of pump. Heat of chemical reactions carried out in the one reactor is transferred through loop with intermediate heat medium to Stirling engine working medium. Heat of chemical reactions carried out in the other reactor is

transferred to working medium of cooling machine which utilizes heat. Carbon dioxide is fed into reactor through heat-exchanger, in which heat is supplied from solid phase stored into reactor accumulator, and then through heat-exchanger in which heat is supplied from accumulator. EFFECT: Stirling engine performance reliability and decreased cost of cooling system. 1 dwg



RU 2 2 1 4 5 6 6 C 1

RU 2 2 1 4 5 6 6 C 1

Изобретение относится к области теплоэнергетики и может быть использовано в качестве энергохолодильной системы для объектов, функционирующих без связи с атмосферой, например для специальных фортификационных сооружений.

Известно устройство двигателя Стирлинга, состоящего из нагревателя, регенератора, холодильника и поршневой группы (Батырев А.Н., Кошеваров В.Д., Лейкин О.Ю. Корабельные ядерные энергетические установки зарубежных стран. - СПб.: Судостроение, 1994, стр. 205).

Известно устройство машины Вюлемье-Такониса, представляющей собой механически замкнутую систему, состоящую из холодильной машины и двигателя, причем последний развивает такую мощность, которая необходима холодильной машине. Цикл осуществляется за счет подвода теплоты от внешнего источника. В качестве рабочего тела используются вещества, не разрушающие озоновый слой, например гелий, воздух и т.д. Однако для эффективного осуществления рабочего цикла машины необходимо, чтобы тепло, подводимое к машине, было бы достаточно высокого термодинамического потенциала (Архипов А.М., Марфенина И.В., Микулин Е. И. Теория и расчет криогенных систем. М.: Машиностроение, 1978, стр. 305).

Известна схема парозежкторной холодильной машины, включающей в себя парогенератор, эжектор, холодильник, конденсатор, питательный насос и дроссельный клапан, при этом подвод высокотемпературной теплоты (нагрев) осуществляется в парогенераторе, а охлаждение - в холодильнике (Кириллов Н.Г. Парозежкторная холодильная установка. Патент РФ 2164646, F 25 В 1/08, бюл. 9 от 27.03.2001). Однако, для работы парозежкторной холодильной машины необходимо подведение к ней теплоты для образования перегретого пара.

Известна схема абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины, включающей в себя генератор, абсорбер, конденсатор, испаритель, регенератор, питательный насос и дроссельный клапан, при этом подвод высокотемпературной теплоты (нагрев) осуществляется в генераторе, а подвод низкотемпературной теплоты (охлаждение) в холодильнике (Холодильные машины. Справочник. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, с. 155-166). Однако для работы абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины необходимо подведение к ней теплоты.

Известны реакции взаимодействия щелочноземельного металла магния с двуокисью и окисью углерода  $Mg + CO_2 = MgO + CO + 318,5 \text{ кДж/моль}$ ,  $Mg + CO = MgO + C + 491,3 \text{ кДж/моль}$  с выделением значительного количества теплоты (Валов А. Е., Кустов Ю.А., Шевцов В.И. Спектроскопическое исследование горения одиночных частиц магния в воздухе и углекислом газе. // ФГВ. - 1994.-30, 4. - с.34).

Известна реакция взаимодействий углерода с двуокисью углерода  $C + CO_2 = 2CO - 172 \text{ кДж/моль}$  (Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов. 22-е изд., испр. /Под ред. Рабиновича В.А. - Л.: Химия, 1982 - с. 443).

Известны устройство и принцип работы реакторов с кипящим слоем (Тодес О. М., Цитович О.Б. Аппараты с кипящим слоем: гидравлические и тепловые основы работы. - Л.: Химия, 1981. - 296 с.).

Известен способ получения искусственной газовой смеси и повышения термодинамического потенциала отработавших сред дизельной энергоустановки, работающей по замкнутому циклу, для объектов без связи с атмосферой. Суть этого способа заключается в окислении металла кислородом из состава двуокиси углерода ( $CO_2$ ) при высокой температуре с выделением значительного количества теплоты, что позволяет получить дополнительную полезную работу в другом тепловом двигателе, например газовой турбине. Недостатком этих энергоустановок является то, что при отсутствии связи с атмосферой, для их функционирования необходимы значительные объемы материальных сред внутри объекта (Описание изобретения к патенту РФ N 2013588).

Известны автономные стационарные энергохолодильные системы для объектов, функционирующих без связи с атмосферой, представляющие собой структурно-функциональное объединение преобразователя прямого цикла (ППЦ) и преобразователя обратного цикла (ПОЦ) и предназначенные для совместного производства электрической энергии и холода за счет энергии высокотемпературного источника теплоты. Энергохолодильные системы могут создаваться на основе различных типов преобразователей, причем ППЦ служит для получения электрической энергии, а ПОЦ - для получения холода. Для нормального функционирования ППЦ и ПОЦ от них необходимо отводить теплоту (1 и 2 законы термодинамики), и ввиду отсутствия связи с атмосферой, эта низкопотенциальная теплота должна аккумулироваться и складироваться внутри объекта. Поэтому охлаждение преобразователей осуществляется за счет теплоаккумулирующего вещества (ТАВ), в качестве которого выступает вода, при температуре около  $+4^\circ\text{C}$ , что обуславливает необходимость создания хранилищ с большими объемами для холодной воды и воды, аккумулировавшей теплоту от преобразователей. Недостатком является то, что хотя структурно-функциональное объединение ППЦ и ПОЦ позволяет сократить потребление ТАВ, за счет переключения схем подачи холодной воды в холодильники преобразователей, однако и в этом случае запасы ТАВ составляют значительный процент от объема объекта в целом, что приводит к большой стоимости строительства объектов данного типа (Гришутин М.М., Севастьянов А.П. Теория и методы расчетов автономных энергохолодильных установок. М.: Изд. МЭИ, 1992.-240 с.).

Известна анаэробная энергоустановка с двигателем Стирлинга и водородосодержащим топливом, включающая в себя двигатель Стирлинга и теплоиспользующую (парозежкторную) холодильную машину (Кириллов Н.Г. Анаэробная энергоустановка с двигателем

Стирлинга и водородосодержащим топливом. Патент РФ 2169319, F 25 В 27/02, Бюл. 17 от 20.06.2001). Однако в данной установке используется дорогостоящая камера сгорания с катализатором, и при работе установки образуются отработанные газы (водяные пары), которые необходимо хранить в сооружении.

Технический результат, который может быть получен при осуществлении изобретения, заключается в повышении надежности работы двигателя Стирлинга и снижении стоимости системы в целом, на счет использования безгазового топлива.

Для достижения данного технического результата энергохолодильная система с двигателем Стирлинга для объектов, функционирующих без связи с атмосферой, включающая в себя двигатель Стирлинга и теплоиспользующую холодильную машину, снабжена линией подачи углекислого газа, включающей в себя емкость для его хранения, запорно-регулирующий вентиль и теплообменники, а также двумя реакторами с щелочноземельным металлом, соединенные между собой линией подведения не прореагировавшей окиси углерода, при этом линия подачи углекислого газа проходит через реакторы, двигатель Стирлинга через контур промежуточного теплоносителя подсоединен к одному из реакторов, а теплоиспользующая холодильная машина через свой контур промежуточного теплоносителя подсоединена к другому реактору, который снабжен линией рециркуляции не прореагировавшей окиси углерода.

Введение в состав энергохолодильной системы с двигателем Стирлинга двух реакторов с щелочноземельным металлом, соединенных между собой линией подведения не прореагировавшей окиси углерода, контуров промежуточных теплоносителей, с помощью которых двигатель Стирлинга подсоединен к одному из реакторов, а теплоиспользующая холодильная машина к другому, позволяет получить новое свойство, заключающееся в возможности работы двигателя Стирлинга и холодильной машины от высокотемпературных источников теплоты, выполненных на основе безгазовых топлив, что обеспечивает повышение надежности и снижение стоимости всей системы в целом.

На чертеже изображена энергохолодильная система с двигателем Стирлинга для объектов, функционирующих без связи с атмосферой.

Энергохолодильная система в своем составе имеет двигатель Стирлинга 1, соединенный через замкнутый контур промежуточного теплоносителя 2 с реактором 3, включающим в себя накопитель твердой фазы 4, сепаратор 5 и бункер для хранения щелочноземельного металла - магния (не показан), линию подведения не прореагировавшей окиси углерода 6 в реактор 7, включающий в себя накопитель твердой фазы 8, сепаратор 9 и бункер для хранения щелочноземельного металла - магния (не показан), линию рециркуляции не прореагировавшей окиси углерода 10 с нагнетателем 11, теплоиспользующую холодильную машину 12, соединенную контуром промежуточного теплоносителя с

реактором 7, линию подачи углекислого газа, включающую емкость для его хранения 14, запорно-регулирующий вентиль 15, теплообменники 16 и 17.

Энергохолодильная система с двигателем Стирлинга работает следующим образом.

Предварительно, перед началом работы объекта в режиме без связи с атмосферой, в нем запасается необходимое (расчетное) количество двуокиси углерода в емкости 14 и щелочноземельного металла - магния.

При работе энергохолодильной системы без связи с атмосферой в реактор 3 подается расчетное количество двуокиси углерода и щелочноземельного металла магния из бункера (не показан). В результате взаимодействия магния с двуокисью углерода по реакциям:  $Mg + CO_2 = MgO + CO + 318,5$  кДж/моль,  $Mg + CO_2 = MgO + C + 491,3$  кДж/моль,  $C + CO_2 = 2CO - 172$  кДж/моль образуются твердая и газовая фазы, которые разделяются в сепараторе 5. Твердая фаза складывается в накопителе 4, а газовая фаза по линии 6 подается в реактор 7, в котором в результате взаимодействия магния с окисью углерода по реакции  $Mg + CO = MgO + C + 491,3$  кДж/моль, образуется твердая фаза - оксид магния и углерод, которая складываются в накопителе 8.

Не прореагировавшая окись углерода отделяется в сепараторе 9 от твердой фазы и по рециркуляционной линии 10 нагнетателем 11 снова подается в реактор 7. Теплота химических реакций, протекающих в реакторе 3, передается через контур с промежуточным теплоносителем 2 рабочему телу двигателя Стирлинга 1. Теплота химических реакций, протекающих в реакторе 7, передается через контур с промежуточным теплоносителем 13 рабочему телу теплоиспользующей холодильной машины 12. Двуокись углерода из емкости 14, через запорно-регулирующий вентиль 15, теплообменник 16, в котором воспринимает теплоту твердой фазы, аккумулированную в накопителе 8 реактора 7, и далее через теплообменник 17, в котором воспринимает теплоту, аккумулированную в накопителе 4, подается в реактор 3.

Источники информации

1. Батырев А.Н., Кошеваров В.Д., Лейкин О.Ю. Корабельные ядерные энергетические установки зарубежных стран. - СПб.: Судостроение, 1994, стр. 205.
2. Архипов А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Теория и расчет криогенных систем. М.: Машиностроение, 1978. -стр. 305.
3. Кириллов Н. Г. Пароэжекторная холодильная установка. Патент РФ 2164646, F 25 В 1/08, Бюл. 9 от 27.03.2001.
4. Холодильные машины. Справочник. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, с. 155-166.
5. Валов А.Е., Кустов К.А., Шевцов В.И. Спектроскопическое исследование горения одиночных частиц магния в воздухе и углекислом газе. // ФГВ. -1994. -30, 4. -с. 34.
6. Глинка Н. Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов. - 22-е изд., испр. / Под ред. Рабиновича В.А. - Л.: Химия, 1982. -с. 443.
7. Тодес О.М., Цитович О.Б. Аппараты с кипящим слоем: гидравлические и тепловые основы работы. - Л.: Химия, 1981. - 296 с.

**Формула изобретения:**

RU 2214566 C1

Холодильная система с двигателем Стирлинга для объектов, функционирующих без связи с атмосферой, включающая в себя двигатель Стирлинга и теплоиспользующую холодильную машину, снабжена линией подачи углекислого газа, включающей в себя емкость для его хранения, запорно-регулирующий вентиль и теплообменники, а также двумя реакторами с щелочноземельным металлом, соединенные между собой линией подведения не

5 прореагировавшей окиси углерода, при этом линия подачи углекислого газа проходит через реакторы, двигатель Стирлинга через контур промежуточного теплоносителя подсоединен к одному из реакторов, а теплоиспользующая холодильная машина через свой контур промежуточного теплоносителя подсоединена к другому реактору, который снабжен линией рециркуляции не прореагировавшей окиси углерода.  
10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

RU 2214566 C1