



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005116246/06, 28.10.2003

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.10.2003(30) Конвенционный приоритет:
28.10.2002 US 60/421,737

(43) Дата публикации заявки: 27.01.2006

(45) Опубликовано: 27.10.2009 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 505858 A, 04.05.1976. SU 1834470 A1,
20.07.1995. RU 2051288 C1, 27.12.1995. RU
2117893 C1, 20.08.1998. WO 0202201 A,
10.01.2002. US 5944092 A, 31.08.1999. US
6058711 A, 09.05.2000.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную
фазу: 30.05.2005(86) Заявка РСТ:
US 03/34165 (28.10.2003)(87) Публикация РСТ:
WO 2004/040218 (13.05.2004)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву

(72) Автор(ы):

**КРОЛИЧЕК Эдвард Дж. (US),
НИКИТКИН Майкл (US),
ВУЛФ Дэвид А. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

СВЭЙЛЗ ЭНД АССОШИЭЙТС, ИНК. (US)

(54) ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩАЯ СИСТЕМА

(57) Реферат:

Изобретение предназначено для теплопередачи и может быть использовано в теплотехнике. Теплопередающая система для циклической теплообменной системы выполнена с возможностью работы с использованием термодинамического цикла и заполнена хладагентом. Теплопередающая система содержит испаритель, окружающий часть циклической теплообменной системы и имеющий стенку, выполненную с возможностью термического соединения с

частью циклической теплообменной системы для регулирования температуры указанной части, первичный фитиль, соединенный по текучей среде со стенкой, и канал удаления пара, который находится на поверхности раздела между первичным фитилем и стенкой, и конденсатор, соединенный по текучей среде с испарителем для образования замкнутого контура, который вмещает рабочую текучую среду для теплопередающей системы. Термодинамическая система содержит циклическую теплообменную систему. Способ

регулирования температуры части циклической теплообменной системы, которая заполнена хладагентом, включает термическое соединение стенки испарителя с циклической теплообменной системой для регулирования температуры части циклической

теплообменной системы. Изобретение обеспечивает повышение эффективности термодинамической системы и способа регулирования температуры. 3 н. и 28 з.п. ф-лы, 87 ил.

RU 2 3 7 1 6 5 3 C 2

RU 2 3 7 1 6 5 3 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2005116246/06, 28.10.2003**
 (24) Effective date for property rights:
28.10.2003
 (30) Priority:
28.10.2002 US 60/421,737
 (43) Application published: **27.01.2006**
 (45) Date of publication: **27.10.2009 Bull. 30**
 (85) Commencement of national phase: **30.05.2005**
 (86) PCT application:
US 03/34165 (28.10.2003)
 (87) PCT publication:
WO 2004/040218 (13.05.2004)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B.Spaskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. S.A.Dorofeevu**

(72) Inventor(s):
**KROLICHEK Ehdvard Dzh. (US),
NIKITKIN Majkl (US),
VULF Dehvid A. (US)**
 (73) Proprietor(s):
SVEHLZ EhdND ASSOSHIEHJTS, INK. (US)

(54) HEAT EXCHANGE SYSTEM

(57) Abstract:
FIELD: heating.
SUBSTANCE: heat-exchange system for cyclic heat-exchange system is implemented with ability of operation with usage of thermodynamic cycle and filling by refrigerating fluid. Heat-exchange system contains evaporator, enveloping part of cyclic heat-exchange system and allows wall, implemented with ability of thermal bonding with part of cyclic heat-exchange system for regulation of temperature of specified part, initial wick, connected by fluid to wall, and channel of steam removal, which is on interface between initial wick and wall; and

condenser, connected by fluid with evaporator for formation of closed loop, which contains operating fluid for heat-exchange system. Thermodynamic system contains cyclic heat-exchange system. Method of temperature regulation of part of cyclic heat-exchange system, which is filled by refrigerating fluid, includes thermal bonding of evaporator wall with cyclic heat-exchange system for temperature regulation of part cyclic heat-exchange system.

EFFECT: effectiveness increase of thermodynamic system and method of temperature regulation.

31 cl, 87 dwg

RU 2 371 653 C2

RU 2 371 653 C2

Текст описания приведен в факсимильном виде.

Перекрестные ссылки на родственные заявки

5 Эта заявка основана на предварительной заявке № 60/421737, поданной 28 октября 2002 г., которая упоминается здесь в качестве ссылки.

10 Предварительная заявка под названием «ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ СИСТЕМЫ», поданная 28 октября 2003 г., упоминается здесь в качестве ссылки.

15 Эта заявка является частичным продолжением заявки на полезную модель под названием «ИСПАРИТЕЛЬ ДЛЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ», поданной 2 октября 2003 г., которая также упоминается
20 здесь в качестве ссылки.

25 Эта заявка является частичным продолжением американской заявки № 10/602022, поданной 24 июня 2003 г., в которой заявляется приоритет заявки № 60/391006, поданной 24 июня 2002 г., и является частичным продолжением американской заявки
30 № 09/896561, поданной 29 июня 2001 г., в которой заявляется приоритет заявки № 60/215588, поданной 30 июня 2000 г. Все эти
35 заявки упоминаются здесь в качестве ссылок.

Область техники, к которой относится изобретение

40 Это изобретение относится к теплопередающим системам для использования в циклических теплообменных системах.

Предшествующий уровень техники

45 Теплопередающие системы используются для переноса тепла из одного места (источника тепла) в другое место (теплоотвод).

50

Теплопередающие системы можно использовать в наземных и
внеземных применениях. Например, теплопередающие системы могут
5 быть встроены в спутниковое оборудование, которое работает в
средах с нулевой или малой гравитацией. В качестве другого
10 примера следует отметить, что теплопередающие системы можно
использовать в электронном оборудовании, которое часто требует
схлаждения во время работы.

15 Контурные нагревательные трубы (КНТ) и капиллярные насосные
контуры (КНС) являются пассивными двухфазными теплопередающими
системами. Каждая из них включает испаритель, термически
20 связанный с источником тепла, конденсатор, термически связанный
с теплоотводом, текучую среду, которая проходит между
испарителем и конденсатором, и резервуар текучей среды,
25 предназначенный для расширения текучей среды. Текучую среду
внутри теплопередающей системы можно назвать рабочей текучей
средой. Тепло, полученное испарителем, переносится в конденсатор
и выводится им. Испаритель включает фитиль и сердечник, в
котором выполнен проточный канал текучей среды. Тепло,
35 полученное испарителем, передается в конденсатор и рассеивается
им. В этих системах используется капиллярное давление,
40 развиваемое в мелкопористом фитиле внутри испарителя, чтобы
способствовать циркуляции рабочей текучей среды из испарителя в
конденсатор и обратно в испаритель. Основной отличительной
45 характеристикой между КНТ и КНС является местоположение
резервуара контура, который используется для хранения избыточной
текучей среды, выводимой из контура во время работы. В общем
50 случае, резервуар КНС расположен на расстоянии от испарителя, а

резервуар КНТ расположен вблизи испарителя.

Краткое изложение сущности изобретения

5 В одном общем аспекте, теплопередающая система для
циклической теплообменной системы включает испаритель, имеющий
стенку, конфигурация которой предусматривает соединение с частью
10 циклической теплообменной системы, и первичный фитиль,
соединенный с этой стенкой, а также конденсатор, подсоединенный
15 к испарителю для образования замкнутого контура, в котором
заклучена рабочая текучая среда.

Воплощения могут предусматривать один или более из следующих
20 аспектов. Например, конденсатор включает впускной канал пара и
выпускной канал жидкости, а теплопередающая система включает
линию пара, обеспечивающую сообщение посредством текучей среды
25 между выпускным каналом пара и впускным каналом пара, и линию
возврата жидкости, обеспечивающую сообщение посредством текучей
30 среды между выпускным каналом жидкости и впускным каналом
жидкости.

Испаритель включает стенку-барьер для жидкости, причем на
35 внутренней стороне этой стенки-барьера для жидкости содержится
рабочая текучая среда, и эта рабочая текучая среда проходит
только по внутренней стороне стенки-барьера для жидкости, при
40 этом первичный фитиль расположен между нагреваемой стенкой и
внутренней стороной стенки-барьера для жидкости, канал удаления
45 пара, который находится на поверхности раздела между первичным
фитилем и нагреваемой стенкой, причем канал удаления пара
проходит к выпускному каналу пара, и проточный канал жидкости,
50 находящийся между стенкой-барьером для жидкости и первичным

фитилем, причем проточный канал жидкости принимает жидкость из впускного канала жидкости.

5 Рабочая текучая среда перемещается через теплопередающую систему пассивно.

10 Рабочая текучая среда перемещается через теплопередающую систему без использования внешнего перекачивания.

15 Рабочая текучая среда внутри теплопередающей системы изменяется между жидкостью и паром, когда эта рабочая текучая среда проходит через одну или более таких частей, как испаритель, конденсатор, линия пара и линия возврата жидкости, 20 или внутри этих частей системы.

25 Рабочая текучая среда перемещается через эту теплопередающую систему с использованием фитиля.

30 Теплопередающая система дополнительно включает ребра, термически связанные с конденсатором, для отвода тепла в окружающую среду.

35 В другом общем аспекте, термодинамическая система включает циклическую теплообменную систему и теплопередающую систему, подсоединенную к циклической теплообменной системе для охлаждения части циклической теплообменной системы.

40 Теплопередающая система включает испаритель, имеющий стенку, конфигурация которой предусматривает соединение с частью циклической теплообменной системы, и первичный фитиль, 45 соединенный с этой стенкой, а также конденсатор, подсоединенный к испарителю для образования замкнутого контура, в котором заключена рабочая текучая среда.

50 Воплощения могут предусматривать один или более из следующих

признаков. Испаритель выполнен как единое целое с циклической теплообменной системой. Испаритель термически связан с частью циклической теплообменной системы. Циклическая теплообменная система включает теплообменную систему Стирлинга. Циклическая теплообменная система включает холодильную систему. Теплопередающая система подсоединена к горячей стороне циклической теплообменной системы. Теплопередающая система термодинамической системы подсоединена к холодной стороне циклической теплообменной системы.

В другом общем аспекте, предложен способ, предусматривающий применение вышеуказанных систем.

Испаритель можно использовать в любой двухфазной теплопередающей системе, предназначенной для применения в наземных или внеземных применениях. Например, теплопередающие системы можно использовать в электронном оборудовании, которое часто требует охлаждения во время работы, или в применениях, предусматривающих наличие лазерных диодов.

Плоский испаритель можно использовать в любой теплопередающей системе, в которой источник тепла выполнен в форме плоской поверхности. Кольцевой испаритель можно использовать в любой теплопередающей системе, в которой источник тепла выполнен в форме цилиндрической поверхности.

В теплопередающей системе, где применяется кольцевой испаритель, можно преимущественно использовать гравитацию, когда такая система используется в наземных применениях, что делает КНТ пригодными для массового производства. Наземные применения часто диктуют ориентацию теплопринимающих поверхностей и

теплоотвода, в кольцевом испарителе используется преимущественно работа в условиях гравитации.

5 Теплопередающая система обеспечивает термически эффективную и пространственно эффективную систему для охлаждения циклической
10 теплообменной системы, поскольку испаритель теплопередающей системы термически и пространственно связан с частью циклической теплообменной системы, которая охлаждается теплопередающей
15 системой. Например, если часть, подлежащая охлаждению (также известная под названием «источник тепла»), имеет цилиндрическую геометрию, теплопередающая система может включать кольцевой
20 испаритель. Использование теплопередающей системы обеспечивает эксплуатацию цилиндрических теплообменных систем, которые выполнены с возможностью использования в коммерчески практичном
25 применении охлаждения камер.

Встраивание испарителя или конденсатора как единого целого с
30 источником тепла циклической теплообменной системы может минимизировать габариты с уплотнением компоновки. С другой стороны, если испаритель или конденсатор установлен на источник
35 тепла с помощью хомута, облегчается ввод их в действие и замена деталей.

40 Теплопередающую систему можно использовать для охлаждения циклической теплообменной системы, имеющей цилиндрическую геометрию, например, такой, которая работает в свободнопоршневом
45 цикле Стирлинга. Теплопередающая система обеспечивает эффективное соединение линий текучей среды (соединитель одной линии паровой фазы и одной линии возврата переохлажденной
50 жидкости) в столь же эффективно упакованный узел кольцевого

конденсатора.

Теплопередающая система включает конденсатор, который
5 эффективно упакован как плоский пластинчатый конденсатор,
который выполнен с кольцевыми секциями, к которым прикреплены
протяженные поверхностные элементы для теплообмена с воздухом,
10 например, в форме волнистой ребристой радиаторной секции.

Теплообменная система объединяет эффективные механизмы
15 теплопередачи (испарение и конденсацию) для подачи текучей среды
(гелия) из цикла Стирлинга к конечному теплоотводу (в окружающий
воздух). Вследствие этого, обеспечивается значительное повышение
20 кпд цикла Стирлинга (например, до 50%).

Испаритель и конденсатор теплообменной системы можно
25 выполнить конструктивно независимыми и оптимизировать. Это
позволяет реализовать любое количество вариантов подсоединения к
циклической теплообменной системе. Кроме того, теплопередающая
30 система нечувствительна к гравитационной ориентации, поскольку
фитиль встроен в испаритель.

Теплопередающая система обеспечивает эффективное охлаждение
35 камеры, например холодильной машины или торгового автомата, при
малых габаритах и коммерчески приемлемой стоимости.

В соответствии с одним воплощением, кольцевой испаритель
40 установлен с помощью хомута на циклическую теплообменную систему
и термически связан с внутренним компаундом консистентной смазки
45 для обеспечения легкой сборки и обслуживания. В соответствии с
другим воплощением, кольцевой сепаратор посажен с натягом на
циклическую теплообменную систему для обеспечения легкой сборки
50 с повышенным термическим кпд. В соответствии с дополнительным

воплощением, кольцевой испаритель выполнен как единое целое с цилиндрической теплообменной системой для обеспечения еще более
5 высокого термического КПД.

Теплопередающая система включает конденсатор, имеющий ребристые внутреннюю и внешнюю кольцевые части для обеспечения
10 эффективной теплопередачи в воздух при уменьшенном пространстве упаковки. Конденсатор может быть выполнен посредством соединения прокаткой или посредством экструзии.
15

Контурная нагревательная труба согласно настоящему изобретению обеспечивает эффективную упаковку с цилиндрическим
20 холодильником за счет адаптации обычной цилиндрической геометрии КНТ-испарителя к планарной «плоско-пластинчатой» геометрии, которая может быть представлена в кольцевой форме.
25

Упаковка теплопередающей системы описана здесь применительно к нескольким возможным воплощениям, но не следует считать, что
30 она ограничивается этими возможными воплощениями. Хотя описание приводится в контексте использования для охлаждения камеры, например бытового холодильника, торгового автомата или
35 холодильного агрегата, расположенного на месте продажи, специалист в данной области техники поймет, что возможны многочисленные другие полезные применения компактного,
40 энергетически эффективного и безвредного для окружающей среды холодильного агрегата, в котором используется описанная здесь теплопередающая система.
45

Другие признаки и преимущества станут очевидными из описания, чертежей и формулы изобретения.
50

Описание чертежей

На фиг.1 изображена схема теплопереносящей системы.

5 На фиг.2 изображена схема воплощения теплопереносящей системы, схематически показанной на фиг.1.

10 На фиг.3 изображена блок-схема последовательности операций процедуры переноса тепла с использование теплопереносящей системы.

15 На фиг.4 изображен график, иллюстрирующий профили различных элементов теплопереносящей системы во время прохождения процесса согласно фиг.3.

20 На фиг.5А изображена схема трехпутевого основного испарителя, показанного внутри теплопереносящей системы согласно фиг.1.

25 На фиг.5В изображено сечение основного испарителя, проведенное вдоль линии 5В-5В, показанной на фиг.5А.

30 На фиг.6 изображена схема четырехпутевого основного испарителя, который может быть встроен в теплопереносящую систему, показанную на фиг.1.

35 На фиг.7 изображена схема воплощения теплопереносящей системы.

40 На фиг. 8А, 8В, 9А и 9В изображены перспективные виды применений, предусматривающих использование теплопереносящей системы.

45 На фиг.8С изображено сечение линии текучей среды вдоль линии 8С-8С, показанной на фиг.8А.

50 На фиг. 8D и 9С изображены условные схемы воплощений теплопереносящих систем согласно фиг. 8А и 9а, соответственно.

На фиг.10 изображено сечение глоского испарителя.

На фиг.11 изображено осевое сечение кольцевого испарителя.

5 На фиг.12 изображено радиальное сечение кольцевого испарителя, показанного на фиг.11.

10 На фиг.13 изображен вид в увеличенном масштабе части радиального сечения кольцевого испарителя, показанного на фиг.12.

15 На фиг.14А изображен перспективный вид кольцевого испарителя, показанного на фиг.11.

20 На фиг.14В изображен вид сверху с частичным вырезом кольцевого испарителя, показанного на фиг.14А.

25 На фиг.14С изображено сечение в увеличенном масштабе части кольцевого испарителя, показанного на фиг.14В.

На фиг.14D изображено сечение кольцевого испарителя, показанного на фиг.14В, проведенное вдоль линии 14D-14D.

30 На фиг. 14Е и 14F изображены виды в увеличенном масштабе частей кольцевого испарителя, показанного на фиг.14D.

35 На фиг.14G изображен перспективный вид с частичным вырезом кольцевого испарителя, показанного на фиг.14А.

40 На фиг.14Н изображен перспективный вид с частичным вырезом детали кольцевого испарителя, показанного на фиг.14G.

45 На фиг.15А изображен вид плоской детали стенки-барьера для жидкости, выполненной в форме элемента оболочечного кольца кольцевого испарителя, показанного на фиг.14А.

На фиг.15В изображено сечение стенки-барьера для жидкости, показанной на фиг.15А, проведенное вдоль линии 15В-15В.

50 На фиг.16А изображен перспективный вид первичного фитиля

кольцевого испарителя, показанного на фиг.14А.

5 На фиг.16В изображен вид сверху первичного фитиля, показанного на фиг.16А.

10 На фиг.16С изображено сечение первичного фитиля, показанного на фиг.16В, проведенное вдоль линии 16С-16С.

На фиг.16D изображен вид в увеличенном масштабе части первичного фитиля, показанного на фиг.16С.

15 На фиг.17А изображен перспективный вид нагреваемой стенки, выполненной в виде кольца круглой формы кольцевого испарителя, показанного на фиг.14А.

20 На фиг.17В изображен вид сверху нагреваемой стенки, показанной на фиг.17А.

25 На фиг.17С изображено сечение нагреваемой стенки, показанной на фиг.17В, проведенное вдоль линии 17С-17С.

30 На фиг.17D изображен вид в увеличенном масштабе части нагреваемой стенки, показанной на фиг.17С.

35 На фиг.18А изображен перспективный вид кольца, отделяющего нагреваемую стенку, показанную на фиг.17А, от стенки-барьера для жидкости, показанной на фиг.15А.

40 На фиг.18В изображен вид сверху кольца, показанного на фиг.18А.

45 На фиг.18С изображено сечение кольца, показанного на фиг.18В, проведенное вдоль линии 18С-18С.

На фиг.18D изображен вид в увеличенном масштабе части кольца, показанного на фиг.18С.

50 На фиг.19А изображен перспективный вид кольца кольцевого сепаратора, показанного на фиг.14А.

На фиг.19В изображен вид сверху кольца, показанного на фиг.19А.

5 На фиг.19С изображено сечение кольца, показанного на фиг.19В, проведенное вдоль линии 19С-19С.

10 На фиг.19D изображен вид в увеличенном масштабе части кольца, показанного на фиг.19С.

15 На фиг.20 изображен перспективный вид циклической теплообменной системы, которую можно охлаждать с использованием теплопередающей системы.

20 На фиг.21 изображено сечение циклической теплообменной системы, такой, как циклическая теплообменная система, показанная на фиг.20.

25 На фиг.22 изображен вид сбоку циклической теплообменной системы, такой, как циклическая теплообменная система, показанная на фиг.20.

30 На фиг.23 изображена условная схема первого воплощения циклической теплообменной системы, включающего циклическую теплообменную систему и теплопередающую систему.

35 На фиг.24 изображена условная схема второго воплощения циклической теплообменной системы, включающего циклическую теплообменную систему и теплопередающую систему.

40 На фиг.25 изображена условная схема теплопередающей системы, в которой используется испаритель, разработанный в соответствии с принципами, проиллюстрированными на фиг. 10-13.

45 На фиг.26 изображен функциональный вид с разделением деталей теплопередающей системы, показанной на фиг.25.

50 На фиг.27 изображен подробный вид в частичном сечении

испарителя, используемого в теплопередающей системе, показанной на фиг.25.

5 На фиг.28 изображен перспективный вид теплообменника, используемого в теплопередающей системе, показанной на фиг.25.

10 На фиг.29 изображен график зависимости температуры источника тепла циклической теплообменной системы от площади поверхности, присущей поверхности раздела между теплопередающей системой и источником тепла циклической теплообменной системы.

15 На фиг.30 изображен вид сверху теплопередающей системы, упакованной вокруг части циклической теплообменной системы.

20 На фиг.31 изображена фронтальная проекция в частичном сечении (проведенном вдоль линии 31-31) теплопередающей системы, упакованной вокруг циклической теплообменной системы, показанной на фиг.30.

25 На фиг.32 изображена фронтальная проекция в частичном сечении (проведенном на детали 3200) поверхности раздела между теплопередающей системой и циклической теплообменной системой, показанной на фиг.30.

35 На фиг.33 изображен перспективный вид сверху теплопередающей системы, установленной на циклическую теплообменную систему.

40 На фиг.34 изображен перспективный вид снизу теплопередающей системы, установленной на циклическую теплообменную систему, показанную на фиг.33.

45 На фиг.35 изображено частичное сечение поверхности раздела между испарителем теплопередающей системы и циклической теплообменной системой, причем испаритель установлен с помощью хомута на эту циклическую теплообменную систему.

На фиг.36 изображен вид сбоку зажима, используемого для
установки испарителя с помощью хомута на циклическую
5 теплообменную систему, показанную на фиг.35.

На фиг.37 изображено частичное сечение поверхности раздела
между испарителем теплопередающей системы и циклической
10 теплообменной системой, в которой эта поверхность раздела
образована посредством посадки с натягом между испарителем и
циклической теплообменной системой.

На фиг.38 изображено сечение поверхности раздела между
испарителем теплопередающей системы и циклической теплообменной
20 системой, в которой эта поверхность раздела образована
посредством выполнения испарителя как единого целого с
циклической теплообменной системой.

На фиг.39 изображен вид сверху конденсатора теплопередающей
системы.

На фиг.40 изображено частичное сечение конденсатора,
30 показанного на фиг.39, проведенное вдоль линии 40-40.

На фиг. 41-43 изображены подробные сечения конденсатора,
35 имеющего конструкцию, выполненную посредством наслаивания.

На фиг.44 изображено подробное сечение конденсатора,
40 имеющего конструкцию, выполненную посредством экструзии.

На фиг.45 изображен перспективный вид и сечение детали
конденсатора, имеющего конструкцию, выполненную посредством
45 экструзии.

На фиг.46 изображено сечение одной стороны теплопередающей
системы, упакованной вокруг циклической теплообменной системы.

50 Одинаковые ссылочные номера на различных чертежах обозначают

одни и те же элементы.

Подробное описание

5 Как обсуждалось выше, в контурной нагревательной трубе (КНТ)
резервуар расположен рядом с испарителем, поэтому резервуар
термически и гидравлически связан с испарителем посредством
10 коллектора типа нагревательной трубы. Таким образом, жидкость
можно перекачивать из резервуара в испаритель, гарантируя тем
самым, что первичный фитиль испарителя достаточно смачивается
15 или «заправляется» во время запуска. Кроме того, конструкция КНТ
предусматривает уменьшение жидкости из первичного фитиля
испарителя во время работы испарителя в установившемся или
20 переходном режиме в пределах теплопереносящей системы. Кроме
того, пар и/или пузырьки неконденсируемого газа (пузырьки НКГ)
25 выходят из сердечника испарителя по каналу типа нагревательной
трубы в резервуар.

30 Обычные КНТ требуют, чтобы жидкость присутствовала в
резервуаре перед запуском, то есть, требуют приложения мощности
к испарителю КНТ. Однако, если рабочая текучая среда в КНТ
35 находится в надкритическом состоянии перед запуском КНТ,
жидкости в резервуаре перед запуском не будет. Надкритическое
состояние – это состояние, в котором температура КНТ превышает
40 критическую температуру рабочей текучей среды. Критическая
температура текучей среды – это наивысшая температура, при
45 которой в текучей среде возможно равновесие между жидкостью и
паром. Например, КНТ может находиться в надкритическом
состоянии, если рабочая текучая среда является криогенной
50 текучей средой, то есть, текучей средой, имеющей температуру

кипения ниже -150°C , или если рабочая текучая среда является
низкотемпературной текучей средой, то есть, текучей средой,
5 имеющей температуру кипения ниже температуры окружающей среды, в
которой работает КНТ.

Обычные КНТ также требуют, чтобы жидкость, возвращающаяся в
10 испаритель, была переохлажденной, то есть, охлажденной до
температуры, которая ниже, чем температура кипения рабочей
15 текучей среды. Такое ограничение делает неосуществимой
эксплуатацию КНТ при пониженной температуре. Например, если
рабочая текучая среда представляет собой криогенную текучую
20 среду, то КНТ, по всей видимости, работает в окружающей среде,
имеющей температуру, более высокую, чем температура кипения
текучей среды.

25 Обращаясь к фиг.1, следует отметить, что теплопереносящая
система 100 предназначена для преодоления недостатков обычных
30 КНТ. Теплопереносящая система 100 включает теплопередающую
систему 105 и заправочную систему 110. Заправочной системе 110
придана конфигурация, обеспечивающая превращение текучей среды в
35 пределах теплопередающей системы 105, в жидкость и тем самым –
заправку теплопередающей системы 105. В том смысле, в каком он
40 употребляется в этом описании, термин «текучая среда» – это
родовой термин, относящийся к веществу, которое является и
жидкостью, и паром в равновесном состоянии насыщения.

45 Теплопередающая система 105 включает основной испаритель 115
и конденсатор 120, подсоединенный к основному испарителю 115
посредством линии 125 жидкости и линии 130 пара. Конденсатор 120
50 термически связан с теплоотводом 165, а основной испаритель 115

термически связан с источником Q_{in} 116 тепла. Система 105 может включать горячий резервуар 147, подсоединенный к линии 130 пара, чтобы внутри него - при необходимости - можно было поддерживать дополнительное давление. В частности, горячий резервуар 147 увеличивает объем системы 100. Если рабочая текучая среда имеет температуру, превышающую ее критическую температуру, то есть, наивысшую температуру, при которой в текучей среде возможно равновесие между жидкостью и паром, то ее давление пропорционально массе (заправки) в системе 100 и обратно пропорционально объему системы. Увеличение объема с помощью горячего резервуара 147 понижает давление заполнения.

Основной испаритель 115 включает контейнер 117, в котором заключен первичный фитиль 140, внутри которого ограничен сердечник 135. Основной испаритель 115 включает байонетную трубку 142 и вторичный фитиль 145 внутри сердечника 135. Байонетная трубка 142, первичный фитиль 140 и вторичный фитиль 145 ограничивают канал 143 текучей среды, первый канал 144 пара и второй канал 146 пара. Вторичный фитиль 145 обеспечивает управление фазами, то есть, разделение жидкости и газа в сердечнике 135, что рассмотрено в американской заявке № 09/856561, поданной 29 июня 2001 г. и упомянутой здесь в качестве ссылки. Как показано на чертежах, основной испаритель 115 имеет три канала: впускной канал 137 жидкости, ведущий в канал 143 жидкости, выпускной канал 132 пара, ведущий в линию 130 пара из второго канала 146 пара, и выпускной канал 139 текучей среды, ведущей из канала 143 жидкости (и возможно первого канала 144 пара, что рассмотрено ниже). Дополнительные

подробности трехпутевого испарителя рассматриваются ниже в связи с фиг. 5А и 5В.

5 Заправочная система 110 включает вспомогательный или
заправочный испаритель 150, подсоединенный к линии 130 пара, и
резервуар 155, расположенный рядом со вспомогательным
10 испарителем 150. Резервуар 155 подсоединен к сердечнику 135
основного испарителя 115 посредством вспомогательной линии 160
текучей среды и вспомогательного конденсатора 122.
15 Вспомогательная линия 160 сообщается с выпускным каналом 139
текучей среды основного испарителя 115. Заправочная система 110
20 также включает управляемый источник Qsp 151 тепла, термически
связанный со вспомогательным испарителем 150.

25 Вспомогательный испаритель 150 включает контейнер 152, в
котором заключен первичный фитиль 190, внутри которого ограничен
сердечник 185. Вспомогательный испаритель 150 включает
30 байонетную трубку 153 и вторичный фитиль 190, который проходит
из сердечника 185 по трубе 175 в резервуар 155. Вторичный фитиль
180 обеспечивает капиллярную линию связи между резервуаром 155 и
35 вспомогательным испарителем 150. Байонетная трубка 153,
первичный фитиль 190 и вторичный фитиль 180 ограничивают канал
40 182 жидкости, подсоединенный к линии 160 текучей среды, первый
канал 181 пара, подсоединенный к резервуару 155, и второй канал
183 пара, подсоединенный к линии 130 пара. Резервуар 155
45 термически и гидравлически связан с сердечником 185
вспомогательного испарителя 150 посредством канала 182 жидкости,
вторичного фитиля 180 и первого канала 181 пара. Пар и/или
50 пузырьки НКТ из сердечника 185 вспомогательного испарителя 150

переносятся по первому каналу 181 пара в резервуар 155, а конденсируемая жидкость возвращается из резервуара 155 во вспомогательный канал 181 через вторичный фитиль 180. Первичный фитиль 190 гидравлически связывает жидкость внутри сердечника 185 с источником Q_{sp} 151 тепла, позволяя жидкости на внешней поверхности первичного фитиля испаряться и образовывать пар внутри второго канала 183 пара, когда к вспомогательному испарителю 150 прикладывается тепло.

Резервуар 155 является смещенным в сторону охлаждения, и поэтому он охлаждается посредством источника охлаждения, что позволяет резервуару работать, если он не подогрет, при температуре, которая ниже, чем температура, при которой работает теплопередающая система 105. В одном воплощении, резервуар 155 и вспомогательный конденсатор 122 термически связаны с теплоотводом 165, который термически связан с конденсатором 120. Например, резервуар 155 может быть установлен на теплоотвод 165 с использованием шунта 170, который может быть выполнен из альбумина или любого теплопроводного материала. Таким образом, температура резервуара 165 «отслеживает» температуру конденсатора 120.

На фиг.2 показан пример воплощения теплопереносящей системы 100. В этом воплощении, конденсаторы 120 и 122 установлены на криогенный холодильный аппарат 200, который действует как холодильник, передавая тепло от конденсаторов 120, 122 к теплоотводу 165. Кроме того, в воплощении, показанном на фиг.2, линии 125, 130, 160 выполнены извивающимися, чтобы уменьшить требования к пространству, занимаемому теплопереносящей системой

100.

Хотя это и не показано на фиг. 1 и 2, элементы, например,
5 такие, как резервуар 155 и основной испаритель 115, могут быть
оснащены датчиками температуры, которые можно использовать в
целях диагностики или испытаний.

10 Обращаясь также к фиг.3, следует отметить, что система 100
выполняет процедуру 300 переноса тепла от источника Q_{in} 116
15 тепла и предназначена для того, чтобы гарантировать, что
основной испаритель 115 смачивается жидкостью до запуска.
Процедура 300 полезна, в частности, когда теплопередающая
20 система 105 находится в надкритическом состоянии. Перед
иницированием процедуры 300, систему 100 заполняют рабочей
текучей средой под некоторым конкретным давлением, называемым
25 «давлением заполнения».

Сначала осуществляют смещение резервуара 155 в сторону
30 охлаждения, например, путем установки резервуара 155 на
теплоотвод 165 (этап 305). Смещение резервуара 155 в сторону
охлаждения можно осуществить до температуры ниже критической
35 температуры рабочей текущей среды; как уже упоминалось,
критическая температура является наивысшей температурой, при
40 которой возможно равновесие жидкости и пара в рабочей текущей
среде. Например, если текущей средой является этан, который
имеет критическую температуру 33°C, резервуар 155 охлаждают до
45 температуры ниже 33°C. Когда температура резервуара 155 падает
ниже критической температуры рабочей текущей среды, резервуар
50 155 заполняют, в частности, жидким конденсатом, образованным
рабочей текущей средой. Образование жидкости внутри резервуара

155 вызывает смачивание вторичного фитиля 180 и первичного фитиля 190 вспомогательного испарителя 150 (этап 310).

5 Между тем, мощность прикладывается к заправочной системе 110
путем приложения тепла из источника Q_{sp} 151 тепла к
10 вспомогательному испарителю 150 (этап 315) для интенсификации
или инициирования циркуляции текучей среды внутри
теплопередающей системы 105. Пар, выпускаемый вспомогательным
15 испарителем 150, перекачивается через линию 130 пара и через
конденсатор 120 (этап 320) благодаря капиллярному давлению на
поверхности раздела между первичным фитилем 190 и вторым каналом
20 183 пара. Когда пар достигает конденсатора 120, он превращается в
жидкость (этап 325). Жидкость, образовавшаяся в конденсаторе
25 120, перекачивается в основной испаритель 115 теплопередающей
системы 105 (этап 330). Когда основной испаритель 115 имеет
более высокую температуру, чем критическая температура текучей
30 среды, жидкость, попадающая в основной испаритель 115,
испаряется и охлаждает основной испаритель 115. Этот процесс
(этапы 315–330) продолжается, вызывая достижение испарителем 115
35 температуры установки (этап 335), и в этот момент испаритель 115
способен сохранять жидкость и увлажняться, а также работать как
капиллярный насос. В одном воплощении, температура установки –
40 это температура, до которой охлажден резервуар 155. В другом
воплощении, температура установки – это температура, которая
45 ниже критической температуры рабочей текучей среды. В
дополнительном воплощении, температура установки – это
температура, которая выше температуры, до которой охлажден
50 резервуар 155.

Если температура установки достигается (этап 335), система 100 работает в основном режиме (этап 340), в котором тепло из источника Q_{in} 116 тепла, которое прикладывается к основному испарителю 115, передается посредством теплопередающей системы 105. В частности, в основном режиме основной испаритель 115 осуществляет капиллярное перекачивание, способствуя циркуляции рабочей текучей среды через теплопередающую систему 105. Кроме того, в основном режиме температура установки резервуара 105 снижается. Темп, с которым охлаждается теплопередающая система 105 во время основного режима, зависит от смещения резервуара 155 в сторону охлаждения, поскольку температура основного испарителя 115 «точно отслеживает» температуру резервуара 155. В дополнительном варианте – хотя это и не является необходимым, – можно использовать нагреватель для дополнительного управления температурой или регулирования температуры резервуара 155 во время основного режима. Помимо этого, в основном режиме мощность, прикладываемая к вспомогательному испарителю 150 посредством источника Q_{sp} 151 тепла, уменьшается, что вызывает переход теплопередающей системы 105 к нормальной рабочей температуре для текучей среды. Например, в основном режиме тепловая нагрузка, прикладываемая от источника Q_{sp} 151 тепла к вспомогательному испарителю 150, поддерживается на уровне значения, равного тому, которое соответствует условиям нагревания, или превышающего его, что рассматривается ниже. В одном воплощении, тепловая нагрузка, прикладываемая от источника Q_{sp} 151 тепла, поддерживается составляющей примерно 5-10% тепловой нагрузки, прикладываемой к основному испарителю 115 от

источника Q_{in} 116 тепла.

В этом конкретном воплощении, переключение в основной режим
5 осуществляется посредством определения того, что температура
установки достигнута (этап 335). В других воплощениях основной
режим может начинаться в другие моменты времени или в
10 соответствии с другими механизмами переключения. Например,
основной режим может начинаться после смачивания заправочной
системы (этап 310), или после осуществления смещения резервуара
15 в сторону охлаждения (этап 305).

В любой момент в процессе эксплуатации, теплопередающая
20 система 105 может подвергаться воздействию таких условий
нагревания, как те, которые возникают в результате проводки
тепла сквозь первичный фитиль 140 и приложения паразитной
25 теплоты к линии 125 жидкости. Оба условия вызывают образование
пара на той стороне испарителя, где присутствует жидкость. В
30 частности, условие нагревания поперек первичного фитиля 140
может вызывать формирование жидкостью, присутствующей в
сердечнике 135, пузырьков пара, которые, если остаются внутри
35 сердечника 135, могут расти и блокировать подачу жидкости к
первичному фитилю 140, вызывая тем самым отказ основного
испарителя 115. Паразитная теплота, вносимая в линию 125
40 жидкости (именуемая «притоками паразитной теплоты») может
вызвать образование пара жидкостью внутри линии 125 жидкости.

45 Чтобы уменьшить вредное влияние условий нагревания,
описанное выше, заправочная система 110 работает на уровне
мощности источника Q_{sp} 151 тепла, большем, чем сумма параметров,
50 соответствующих условиям нагревания и притокам паразитной

теплоты. Например, как упоминалось выше, заправочная система может работать на 5-10% мощности теплопередающей системы 105. В
5 частности, текучая среда, которая включает совокупность пузырьков пара и жидкости, переносится из сердечника 135, выходя во вспомогательную линию 160 текучей среды, ведущую к
10 вспомогательному испарителю 122. В частности, пар, который образуется внутри сердечника 135, проходит вокруг байонетной трубки 143 непосредственно в выпускной канал 139 текучей среды.
15 Пар, который образуется внутри первого канала 144 пара, проходит в выпускной канал 139 текучей среды, проходя либо через вторичный фитиль 145 (если размер пор вторичного фитиля 145
20 достаточно велик, чтобы они вмещали пузырьки пара), либо через отверстие в конце вторичного фитиля 145 около выпускного канала 139, которое обеспечивает беспрепятственное прохождение из
25 первого канала 144 пара в выпускной канал 139. Вспомогательный конденсатор 122 конденсирует пузырьки в текучей среде и выталкивает текучую среду в резервуар 155 для повторного введения в теплопередающую систему 105.

35 Аналогично, чтобы уменьшить паразитную теплоту, вносимую в линию 125 жидкости, вспомогательная линия 160 текучей среды и линия 125 жидкости могут образовывать коаксиальную конфигурацию,
40 а вспомогательная линия 160 текучей среды при этом окружает и изолирует линию 125 жидкости от окружающего тепла. Это воплощение дополнительно рассматривается ниже со ссылками на
45 фиг. 8А и 8В. Вследствие этой конфигурации, окружающее тепло получает возможность вызывать образование пузырьков пара во вспомогательной линии 160 текучей среды, а не в линии 125
50

жидкости. Как обсуждалось выше, посредством капиллярного
воздействия, оказываемого во вторичном фитиле 145, текучая среда
5 проходит из основного испарителя 115 во вспомогательный
испаритель 122. Ввиду этого прохождения текучей среды и
относительно низкой температуры вспомогательного конденсатора
10 122, пузырьки пара проносятся внутри вспомогательной линии 160
текучей среды через конденсатор 122, где они конденсируются,
15 превращаясь в жидкость, которая перекачивается в резервуар 155.

Как показано на фиг.4, здесь иллюстрируются данные
контрольного режима. В этом воплощении, перед запуском основного
20 испарителя 115 при температуре 410, температура 400 основного
испарителя 115 значительно выше, чем температура 405 резервуара
155, который смещен в сторону охлаждения до достижения
25 температуры установки (этап 305). Когда заправочная система 110
смачивается (этап 310), мощность Q_{sp} 450 прикладывается к
30 вспомогательному испарителю 150 (этап 315) в момент 452 времени,
что вызывает перекачивание жидкости в основной испаритель 115
(этап 330); температура 400 основного испарителя 115 падает до
35 тех пор, пока она не достигает температуры 405 резервуара 155 в
moment 410 времени. Мощность Q_{in} 460 прикладывается к основному
испарителю 115 в момент 462 времени, когда система 100 работает
40 в режиме КНТ (этап 340). Как показано на чертеже, мощность Q_{in}
460, подводимая к основному испарителю 115, поддерживается
45 относительно малой, при этом основной испаритель 115
охлаждается. Также показаны температуры 470 и 475,
соответственно, вспомогательной линии 160 текучей среды и линии
50 125 жидкости. После наступления момента 410 времени, температуры

470 и 475 «отслеживают» температуру 400 основного испарителя 115. Кроме того, температура 415 вспомогательного испарителя 150
5 оказывается близкой к температуре 405 резервуара 155 вследствие термической связи между вспомогательным испарителем 150 и резервуаром 155.

10 Как упоминалось, в одном воплощении можно использовать этан в качестве текучей среды в теплопередающей системе 105. Хотя критическая температура этана составляет 33°C, по причинам, в
15 целом описанным выше, систему 100 можно запускать из надкритического состояния, в котором система 100 имеет температуру 70°C. Когда мощность Q_{sp} прикладывается к
20 вспомогательному испарителю 150, температуры конденсатора 120 и резервуара 155 быстро падают (между моментами 452 и 510 времени). Для управления температурой резервуара 155, а значит -
25 и конденсатора 120, с доведением ее до -10°C, можно использовать балансирующий нагреватель. Для запуска основного испарителя 115 с надкритической температуры, тепловую нагрузку или
30 подводимую мощность величиной 10 Вт прикладывают к вспомогательному испарителю 150. Сразу же после заправки
35 основного испарителя 115, можно уменьшить и мощность, подводимую из источника Q_{sp} 151 тепла к вспомогательному испарителю 150, и мощность, прикладываемую к балансирующему нагревателю и
40 посредством него, чтобы снизить температуру системы 100 до номинальной рабочей температуры порядка -50°C. Например, во
45 время основного режима, если подводимая мощность 40 Вт прикладывается к основному испарителю 115, то можно уменьшить мощность Q_{sp} , прикладываемую к вспомогательному испарителю 150,
50

приблизительно до 3 Вт, работая при температуре -45°C , чтобы
компенсировать составляющие 3 Вт потери из-за условий нагревания
5 (рассмотренных выше). В еще одном примере, основной испаритель
115 может работать с подводимой мощностью Q_{in} в диапазоне от
примерно 10 Вт до примерно 40 Вт, при этом к вспомогательному
10 испарителю 150 прикладываются 5 Вт, а температура резервуара 155
находится на уровне приблизительно -45°C .

15 Обращаясь к фиг. 5А и 5В, следует отметить, что в одном
воплощении основной испаритель 115 выполнен в форме трехпутевого
испарителя 500 (который имеет конструкцию, показанную на фиг.1).
20 Вообще говоря, жидкость в трехпутевом испарителе 500 проходит во
впускной канал 505 жидкости и попадает в сердечник 510,
ограниченный первичным фитилем 540, а текучая среда, выходящая
25 из сердечника 510, выходит из выпускного канала 512 текучей
среды в резервуар (такой, как резервуар 155), смещенный в
30 сторону охлаждения. Текучая среда и сердечник 510 заключены
внутри контейнера 515, изготовленного, например, из алюминия. В
частности, текучая среда, выходящая из впускного канала 505
35 жидкости в сердечник 510, проходит по байонетной трубке 520 в
канал 521 текучей среды, который проходит вдоль байонетной
40 трубки 520 вокруг нее. Текучая среда может проходить через
вторичный фитиль 525 (такой, как вторичный фитиль 145 испарителя
115), изготовленный из фитильного материала 530, и по кольцевой
45 линии 535. Фитильный материал 530 отделяет кольцевую линию 535
от первого канала 560 пара. Когда мощность из источника Q_{in} 116
тепла прикладывается к испарителю 500, жидкость из сердечника
50 510 попадает в первичный фитиль 540 и испаряется, образуя пар,

который может проходить по второму каналу 565 пара, который
включает одну или более канавок 545 пара, и выходить из
5 выпускного канала 550 пара в линию 130 пара. Пузырьки пара,
которые образуются внутри первого канала 560 пара или сердечника
10 510, переносятся из сердечника 510 по первому каналу 560 пара в
выпускной канал 512 текучей среды. Как обсуждалось выше,
пузырьки пара, находящиеся внутри первого канала 560 пара, могут
15 проходить через вторичный фитиль 525, если размер пор вторичного
фитиля 525 достаточно велик, чтобы они могли вмещать пузырьки
пара. В альтернативном или дополнительном варианте, пузырьки
20 пара, находящиеся внутри первого канала 560 пара, могут
проходить через отверстие вторичного фитиля 525, выполненное в
любом подходящем месте вдоль вторичного фитиля 525, и попадать в
25 канал 521 текучей среды или выпускной канал 512 текучей среды.

Обращаясь к фиг.6, следует отметить, что в еще одном
30 воплощении основной испаритель 115 выполнен в форме
четырёхпутевого испарителя 600, конструкция которого описана в
американской заявке № 09/896561, поданной 29 июня 2001 г. Если
35 говорить кратко и подчеркивать аспекты, которые отличаются от
конфигурации трёхпутевого испарителя, то жидкость проходит в
испаритель 600 через впускной канал 605 жидкости, проходит через
40 байонет 610 и попадает в сердечник 615. Жидкость внутри
сердечника 615 проходит в первичный фитиль 62 и испаряется,
45 образуя пар, который может проходить по канавкам 625 пара и
выходить в выпускной канал 630 пара, попадая в линию 130 пара.
Вторичный фитиль 633 внутри сердечника 615 отделяет жидкость,
50 находящуюся внутри сердечника, от пара или пузырьков в

сердечнике (которые образуются, когда жидкость в сердечнике 615
нагревается). Жидкость, несущая пузырьки, образовавшиеся в
5 первом канале 635 текучей среды изнутри от вторичного фитиля
633, выходит из выпускного канала 640 текучей среды, а пар или
пузырьки, образовавшиеся внутри канала 642 пара, расположенного
10 между вторичным фитилем 633 и первичным фитилем 620, выходят из
выпускного канала 645 пара.

15 Обращаясь также к фиг.7, следует отметить, что здесь
показана теплопереносящая система 700, в которой основной
испаритель является четырехпутевым испарителем 600. Система 700
20 включает одну или более теплопередающих систем 705 и заправочную
систему 710, которой придана конфигурация, обеспечивающая
преобразование текучей среды в пределах теплопередающих систем
25 705, в жидкость для заправки теплопередающих систем 705.
Четырехпутевые испарители 600 подсоединены к одному или более
30 конденсаторам 715 посредством линии 720 пара и линии 725 текучей
среды. Заправочная система 710 включает резервуар 730, смещенный
в сторону охлаждения, гидравлически и термически связанный с
35 заправочным испарителем 735.

Конструкторские соображения относительно теплопереносящей
40 системы 100 предусматривают запуск основного испарителя 115 из
надкритического состояния, управление паразитными утечками
тепла, теплопроводность через первичный фитиль 140, смещение в
45 холодную сторону холодного резервуара 155 и наличие давления при
температурах окружающей среды, которые выше, чем критическая
температура рабочей текучей среды в пределах теплопередающей
50 системы 105. Чтобы учесть эти конструкторские соображения,

корпус или контейнер (такой, как контейнер 515) испарителя 115 или 150 можно изготовить из экструдированного алюминия марки 6063, а первичные фитили 140 и/или 190 можно изготовить из мелкопористого фитильного материала. В одном воплощении, внешний диаметр испарителя 115 или 150 составляет приблизительно 0,625 дюйма, а длина контейнера составляет приблизительно 6 дюймов. Резервуар 155 может быть смещен в сторону охлаждения путем установки на концевую панель радиатора 165 с использованием алюминиевого шунта 170. Кроме того, на стороне резервуара 155 можно закрепить нагреватель (известный как каптоновый нагреватель).

В одном воплощении, линия 130 пара выполнена из гладкостенной трубы из нержавеющей стали, имеющей внешний диаметр (ВД) 3/16 дюйма, а линия 125 жидкости и вторая вспомогательная линия 160 текучей среды выполнены из гладкостенной трубы из нержавеющей стали, имеющей ВД 1/8 дюйма. Линии 125, 130, 160 могут быть изогнуты по извилистой траектории и иметь гальваническое покрытие из золота, чтобы минимизировать притоки паразитной теплоты. Кроме того, линии 125, 130, 160 могут быть заключены в кожухе из нержавеющей стали с нагревателями, чтобы смоделировать конкретную окружающую среду во время испытаний. Кожух из нержавеющей стали может быть изолирован многослойной изоляцией (МСИ), чтобы минимизировать утечки тепла через панели теплоотвода 165.

В одном воплощении, конденсатор 122 и вспомогательная линия 160 текучей среды выполнены из трубы, имеющей ВД 0,25 дюйма. Эта труба скреплена с панелями теплоотвода 165 с использованием,

например, эпоксидной смолы. Каждая панель теплоотвода 165 имеет
алюминиевый радиатор прямой конденсации размером 8x19 дюймов, в
5 котором используется облицовочный лист толщиной 1/16 дюйма. К
панелям теплоотвода 165 около конденсатора 120 можно прикрепить
10 каптоновые нагреватели, чтобы предотвратить замерзание рабочей
текучей среды. Во время работы, для контроля температуры по всей
системе 100 можно использовать датчики температуры, такие, как
15 термопары.

Теплопереносящая система 100 может быть воплощена в любых
обстоятельствах, при которых критическая температура рабочей
20 текучей среды теплопередающей системы 105 меньше, чем
температура окружающей среды, в которой работает система 100.
Теплопереносящую систему 100 можно использовать для охлаждения
25 элементов конструкции, которые требуют криогенного охлаждения.

Обращаясь к фиг. 8A-8D, следует отметить, что
30 теплопереносящую систему можно выполнить в виде
миниатюризированной криогенной системы 800. В
миниатюризированной системе 800, линии 125, 130, 160 выполнены
35 из гибкого материала, чтобы обеспечить конфигурации 805 витков,
которые экономят пространство. Миниатюризированная система 800
может работать при -238°C за счет использования текучей среды,
40 которой является неон. Подводимая мощность источника Qin 116
тепла составляет приблизительно 0,3-2,5 Вт. Миниатюризированная
45 система 800 термически связывает криогенный элемент 816
конструкции (или источник тепла, который требует криогенного
охлаждения) с источником криогенного охлаждения, таким, как
50 криогенный холодильный аппарат 810, подсоединенный для

охлаждения конденсаторов 120, 122.

Миниатюризированная система 800 обеспечивает уменьшение
5 массы, увеличение гибкости и обеспечивает возможность
термического переключения по сравнению с традиционными
термически переключаемыми системами, изолированными от вибрации.
10 Традиционные термически переключаемые системы, изолированные от
вибрации, требуют наличия двух гибких проводящих звеньев (ГПЗ),
15 криогенного термовыключателя (КТВ) и проводящей штанги (ПШ)
которые образуют контур для передачи тепла от криогенного
элемента конструкции к источнику криогенного охлаждения. В
20 миниатюризированной системе 800 термическая рабочая
характеристика улучшена, поскольку уменьшено количество
механических сопряжений. Условия нагревания в механических
25 сопряжениях позволяют компенсировать большой процент притоков
теплоты, имеющий место внутри традиционных термически
30 переключаемых систем, изолированных от вибрации. ПШ и два ГПЗ
заменены гибкой тонкостенной трубкой малой массы, используемой
для конфигураций 805 витков миниатюризированной системы 800.

35 Кроме того, миниатюризированная система 800 может
функционировать в широком диапазоне расстояний теплопереноса,
40 что позволяет получить конфигурацию, в которой источник
охлаждения (такой, как криогенный холодильный аппарат 810)
удален от криогенного элемента 816 конструкции. Конфигурации 805
45 витков имеют малую массу и малую площадь поверхности, тем самым,
уменьшая притоки паразитной теплоты по линиям 125 и 160.
Конфигурация источника 810 охлаждения в пределах
50 миниатюризированной системы 800 облегчает интеграцию и упаковку

системы 800 и уменьшает вибрации на источнике 810 охлаждения, что становится важным, в частности, в приложениях датчиков инфракрасного излучения. В одном воплощении, миниатюризованную систему 800 испытывали с использованием неона, работая при температурах 25-40°K.

Обращаясь к фиг. 9А-9С, следует отметить, что теплопереносящую систему 100 можно выполнить в виде системы 1005, которая установлена с возможностью регулирования или в карданном подвесе и в которой основной испаритель 115 и участки линий 125, 160 и 130 установлены с возможностью поворота в пределах $\pm 45^\circ$ вокруг оси 1020 возвышения, а участки линий 125, 160 и 130 установлены с возможностью поворота в диапазоне $\pm 220^\circ$ вокруг оси 1025 азимута. Линии 125, 160, 130 выполнены из тонкостенной трубки малой массы и обвиты вокруг каждой оси поворота. Система 1005 термически связывает криогенный элемент 1116 конструкции (или источник тепла, который требует криогенного охлаждения), такой, как датчик криогенного телескопа, с источником криогенного охлаждения, таким, как криогенный холодильный аппарат 1010, подсоединенный для охлаждения конденсаторов 120, 122. Источник 1010 охлаждения находится на стационарном кронштейне 1060, тем самым, уменьшая массу на криогенном телескопе. Повышены такие рабочие характеристики, как крутящий момент двигателя, необходимый для того, чтобы управлять поворотом линий 125, 160, 130, требования к мощности системы 1005, требования к управлению кронштейном 1060 и точность настройки датчика 1016. Криогенный холодильный аппарат 1010 и радиатор или теплоотвод 165 могут быть удалены от

датчика 1016, что уменьшает вибрацию внутри датчика 1016. В
одном воплощении, систему 1005 испытывали на предмет работы в
5 пределах диапазона температур 70–115°K, когда рабочей текущей
средой является азот.

Теплопередающую систему 105 можно использовать в медицинских
10 применениях, или в применениях, где аппаратуру нужно охлаждать
до температур ниже температуры окружающей среды. В качестве еще
15 одного примера следует отметить, что теплопередающую систему 105
можно использовать для охлаждения датчика инфракрасного
излучения (ИК-датчика), который работает при криогенных
20 температурах, чтобы уменьшить окружающий шум. Теплопередающую
систему 105 можно использовать для охлаждения торгового
автомата, в котором часто заключены элементы, которые необходимо
25 быстро охлаждать до температур ниже температуры окружающей
среды. Теплопередающую систему 105 можно использовать для
охлаждения таких элементов конструкции, как дисплей или
30 накопитель на жестких дисках компьютера, такого, как дорожный
компьютер (лэптоп), карманный компьютер или настольный
35 компьютер. Теплопередающую систему 105 можно использовать для
охлаждения одного или более элементов конструкции транспортного
средства, такого, как автомобиль или самолет.

Другие воплощения находятся в рамках объема притязаний
нижеследующей формулы изобретения. Например, конденсатор 120 и
45 теплоотвод 165 могут быть выполнены, как единая система,
например, такая, как радиатор. Аналогично, вспомогательный
конденсатор 122 и теплоотвод 165 могут быть выполнены и не в
50 форме радиатора. Теплоотвод 165 может быть пассивным

теплоотводом (таким, как радиатор) или криогенным холодильным аппаратом, который активно охлаждает конденсаторы 120, 122.

5 В еще одном воплощении, температурой резервуара 155 управляют с использованием нагревателя. В дополнительном воплощении, резервуар 155 нагревают, используя паразитную
10 теплоту.

В еще одном воплощении, формируют коаксиальное кольцо изоляции и размещают его между линией 125 жидкости и
15 вспомогательной линией 160 текучей среды, которая окружает кольцо изоляции

20 Конструкция испарителя

Испарители являются неотъемлемыми элементами конструкции двухфазных теплопередающих систем. Например, как показано на
25 фиг. 5А и 5В, испаритель 500 включает корпус испарителя или контейнер 515, находящийся в контакте с первичным фитилем 540, который окружает сердечник 510. Сердечник 510 ограничивает
30 проточный канал для рабочей текучей среды. Первичный фитиль 540 окружен по его периферии множеством периферийных проточных
35 каналов или канавок 545 пара. Каналы 545 собирают пар на поверхности раздела между фитилем 540 и корпусом 515 испарителя.
40 Каналы 545 находятся в контакте с выпускным каналом 550 пара, который ведет в линию пара, подающую его в конденсатор, для обеспечения удаления пара, образовавшегося внутри испарителя
45 115.

Испаритель 500 и другие испарители, обсуждавшиеся выше, часто имеют цилиндрическую геометрию, то есть, сердечник
50 испарителя образует цилиндрический канал, по которому проходит

рабочая текучая среда. Цилиндрическая геометрия испарителя
полезна для применений, предусматривающих охлаждение, в которых
5 теплопринимающая поверхность является полой цилиндрической.
Многие применения, предусматривающие охлаждение, требуют
реализовать передачу тепла от источника тепла, имеющего плоскую
10 поверхность. В применениях такого типа, испаритель можно
модифицировать с тем, чтобы он включал плоскую проводящую опору,
соответствующую проекции источника тепла, имеющего плоскую
15 поверхность. Такая конструкция иллюстрируется, например, в
патенте США № 6382309.

20 Цилиндрическая геометрия испарителя способствует
соответствию термодинамическим ограничениям эксплуатации КНТ (то
есть, минимизации утечек тепла в резервуар). Ограничения
25 эксплуатации КНТ вытекают из учета того, что для нормальной
работы в состоянии равновесия следует обеспечить переохлаждение
30 КНТ. Кроме того, цилиндрическая геометрия испарителя
обуславливает относительную простоту формования,
транспортировки, механизации и обработки.

35 Вместе с тем, как будет описано ниже, испаритель можно
выполнить, придавая ему планарную форму, чтобы проще было
40 крепить его к плоскому источнику тепла.

Планарная конструкция

Обращаясь к фиг.10, следует отметить, что испаритель 1000
45 для теплопередающей системы включает нагреваемую стенку 1005,
стенку-барьер 1010 для жидкости, первичный фитиль 1015 между
нагреваемой стенкой и внутренней стороной стенки-барьера 1010
50 для жидкости, каналы 1020 удаления пара и проточные каналы 1025

жидкости.

Нагреваемая стенка 1005 находится в тесном контакте с
5 первичным фитилем 1015. Стенка-барьер 1010 для жидкости имеет
рабочую текучую среду на внутренней стороне этой стенки-барьера
1010 для жидкости, так что рабочая текучая среда проходит только
10 вдоль внутренней стороны стенки-барьера 1010 для жидкости.
Стенка-барьер 1010 для жидкости замыкает оболочку испарителя и
15 обеспечивает прохождение рабочей текучей среды и распределение
ее через проточные каналы 1025 жидкости. Каналы 1020 удаления
пара находятся на поверхности раздела между поверхностью 1017
20 испарения первичного фитиля 1015 и нагреваемой стенкой 1005.
Проточные каналы 1025 жидкости находятся между стенкой-барьером
1010 для жидкости и первичным фитилем 1015.

25 Нагреваемая стенка 1005 действует как поверхность,
получающая тепло, для источника тепла. Нагреваемая стенка 1005
30 выполнена из теплопроводного материала, например, такого, как
листовой материал. Материал, выбираемый для нагреваемой стенки
1005, в типичном случае способен выдерживать внутреннее давление
35 рабочей текучей среды.

Каналы 1020 удаления пара выполнены с возможностью
40 балансировки гидравлического сопротивления каналов 1020 с
обеспечением проведения тепла сквозь нагреваемую стенку 1005 в
первичный фитиль 1015. Каналы 1020 могут быть получены путем
45 электролитического травления, механической обработки или
формирования в поверхности любым другим удобным способом.

50 Каналы 1020 удаления пара показаны в виде канавок во
внутренней стороне нагреваемой стенки 1005. Однако каналы

удаления пара могут быть выполнены и расположены несколькими
разными способами, в зависимости от выбранного конструкторского
5 подхода. Например, в соответствии с другими применениями, каналы
1020 удаления пара заглубляют во внешнюю поверхность первичного
фитиля 1015, или прокладывают внутрь первичного фитиля 1015
10 таким образом, что они оказываются под поверхностью первичного
фитиля. Конструкцию каналов 1020 удаления пара выбирают так,
15 чтобы упростить и сделать более удобным изготовление, а также
обеспечить близкое соответствие одному или более из
нижеследующих правил.

20 Во-первых, гидравлический диаметр каналов 1020 удаления пара
должен быть достаточным, чтобы манипулировать потоком пара,
образующимся на поверхности 1017 испарения первичного фитиля
25 1015, без значительного падения давления. Во-вторых, поверхность
контакта между нагреваемой стенкой 1005 и первичным фитилем 1015
30 должна быть максимальной, чтобы обеспечить эффективную
теплопередачу от источника тепла к поверхности испарения
первичного фитиля 1015. В-третьих, толщина 1030 нагреваемой
35 стенки 1005, которая находится в контакте с первичным фитилем
1015, должна быть минимизирована. При увеличении толщины 1030,
40 испарение на поверхности первичного фитиля 1015 уменьшается, и
уменьшается перенос пара по каналам 1020 удаления пара.

Испаритель 1000 может быть собран из отдельных частей. В
45 альтернативном варианте, испаритель 1000 может быть выполнен в
виде единственной части путем спекания «по месту» первичного
фитиля 1015 между двумя стенками, имеющими специальные оправки
50 для образования каналов на обеих сторонах фитиля.

Первичный фитиль 1015 обеспечивает поверхность 1017 испарения и перекачивает или подает рабочую текучую среду из проточных каналов 1025 жидкости к поверхности испарения первичного фитиля 1015.

Размеры и конструкция первичного фитиля 1015 обусловлены несколькими условиями. Теплопроводность первичного фитиля 1015 должна быть достаточно малой, чтобы уменьшить утечку тепла с поверхности 1017 испарения через первичный фитиль 1015 в проточные каналы 1025 жидкости. На утечку тепла также могут влиять линейные размеры первичного фитиля 1015. По этой причине, линейные размеры первичного фитиля 1015 должны быть надлежащим образом оптимизированы, чтобы уменьшить утечку тепла. Например, увеличение толщины 1019 первичного фитиля 1015 может уменьшить утечку тепла. Однако увеличенная толщина 1019 может увеличить гидравлическое сопротивление первичного фитиля 1015 протеканию текучей среды. Из-за первичного фитиля 1015, гидравлическое сопротивление рабочей текучей среды в работающих конструкциях КНТ может быть значительным, так что важным оказывается надлежащее согласование этих факторов.

Сила, которая приводит в движение или перекачивает рабочую текучую среду теплопередающей системы, обуславливается разностью температур или давлений между сторонами пара и жидкости первичного фитиля. Разность давлений поддерживается первичным фитилем, при этом она поддерживается путем надлежащего управления температурным балансом поступающей рабочей текучей среды.

Жидкость, возвращающаяся в испаритель из конденсатора,

проходит по линии возврата жидкости и оказывается немного переохлажденной. Степень переохлаждения вызывает смещение утечки
5 тепла через первичный фитиль и утечки тепла из окружающей среды в резервуар внутри линии возврата жидкости. Переохлаждение жидкости поддерживает температурный баланс резервуара.

10 Один способ заключается в организованном теплообмене между резервуаром и окружающей средой. Для испарителей, имеющих планарную конструкцию, таких, как те, которые часто используются
15 для наземных применений, теплопередающая система включает теплообменные ребра на резервуаре и/или на стенке-барьере 1010 для жидкости испарителя 1000. Силы естественной конвекции на
20 этих ребрах обеспечивают переохлаждение и уменьшают механическое напряжение на конденсаторе и резервуаре теплообменной системы.

25 Температура резервуара или разность температур между резервуаром и поверхностью 1017 испарения первичного фитиля 1015 поддерживает циркуляцию рабочей текучей среды через теплопередающую систему. Некоторым теплопередающим системам
30 может потребоваться дополнительная величина переохлаждения. Требуемая величина может оказаться большей, чем может дать конденсатор, даже если этот конденсатор полностью блокирован.

40 При разработке испарителя 1000 приходится управлять тремя переменными. Во-первых, требуется определить организацию и провести проектирование проточных каналов 1025 жидкости. Во-
45 вторых, следует принять во внимание выпуск пара из проточных каналов 1025 жидкости. В третьих, испаритель 1000 должен быть спроектирован с обеспечением гарантии того, что жидкость
50 заполняет проточные каналы 1025 для жидкости. Эти три переменные

взаимосвязаны, и поэтому их следует рассматривать и оптимизировать совместно, чтобы сформировать эффективную теплообменную систему.

Как уже упоминалось, важно получить надлежащий баланс между утечкой тепла в сторону жидкости испарителя и перекачивающей способностью первичного фитиля. Этот процесс балансировки не может быть проведен независимо от оптимизации конденсатора, которая обеспечивает переохлаждение, поскольку, чем больше утечка тепла, допускаемая в конструкции испарителя, тем большее переохлаждение требуется получать в конденсаторе. Чем длиннее конденсатор, тем больше гидравлические потери в линиях текучей среды, что может потребовать применения другого фитильного материала с лучшей перекачивающей способностью.

При эксплуатации, когда мощность из источника тепла прикладывается к испарителю 1000, жидкость из проточных каналов 1025 жидкости попадает в первичный фитиль 1015 и испаряется, образуя пар, который может проходить по каналам 1020 удаления пара. Прохождение жидкости в испаритель 1000 обеспечивается посредством проточных каналов 1025 жидкости. Проточные каналы 1025 жидкости питают первичный фитиль 1015 достаточным количеством жидкости, чтобы заменить жидкость, которая превращается в пар на стороне пара первичного фитиля 1015, и чтобы заменить жидкость, которая превращается в пар на стороне жидкости первичного фитиля 1015.

Испаритель 1000 может включать вторичный фитиль 1040, который обеспечивает управление фазами на стороне жидкости испарителя 1000 и поддерживает подпитку в первичный фитиль 1015

в критических режимах работы (как обсуждалось выше). Вторичный фитиль 1040 выполнен между проточными каналами 1025 жидкости и первичным фитилем 1015. Вторичный фитиль может быть ситом (как показано на фиг.10) или усовершенствованной и усложненной питающей линией, или может принимать форму пластинчатой фитильной конструкции. Кроме того, испаритель 1000 может включать канал 1045 выпуска пара на поверхности раздела между первичным фитилем 1015 и вторичным фитилем 1040.

Распространение тепла через первичный фитиль 1015 может инициировать испарение рабочей текучей среды не в том месте, где это нужно, т.е. на стороне жидкости испарителя 1000 около проточных каналов 1025 жидкости или внутри их. Канал 1045 выпуска пара обуславливает отвод нежелательного пара от фитиля в двухфазный резервуар.

Мелкопористая структура первичного фитиля 1015 может создавать значительное сопротивление течению жидкости. Следовательно, важно оптимизировать количество, геометрию и конструкцию проточных каналов 1025 жидкости. Цель этой оптимизации состоит в том, чтобы поддерживать однородный или близкий к однородному питающий поток к поверхности 1017 испарения. Более того, поскольку толщина 1019 первичного фитиля 1015 уменьшается, проточные каналы 1025 жидкости можно отодвинуть дальше друг от друга.

Испарителю 1000 может потребоваться значительное давление пара для работы с конкретной рабочей текучей средой внутри испарителя 1000. Использование рабочей текучей среды с высоким давлением пара может вызвать серьезные проблемы с выдерживанием давления

оболочкой испарителя. Традиционные решения проблемы выдерживания давления, такие, как увеличение толщины стенок испарителя, не
5 всегда эффективны. Например, в плоских испарителях, имеющих значительную площадь поверхности, стенки становятся настолько толстыми, что разность температур увеличивается, а коэффициент
10 теплопередачи испарителя за счет теплопроводности снижается. Кроме того, даже микроскопическое отклонение стенок из-за необходимости выдерживать давление приводит к потере контакта
15 между этими стенками и первичным фитилем. Такая потеря контакта влияет на теплопередачу через испаритель. Микроскопическое отклонение стенок создает также затруднения с поверхностями
20 раздела между испарителем и источникам тепла и любым внешним охлаждающим оборудованием.

Кольцевая конструкция

Обращаясь к фиг. 10-13, следует отметить, что кольцевой
30 испаритель 1100 выполнен, по существу, путем свертывания плоского испарителя 1000 таким образом, что первичный фитиль закольцовывается на себя и образует кольцевую форму. Испаритель
35 1100 можно использовать в применениях, в которых источники тепла имеют цилиндрический внешний профиль, или в применениях, в которых источнику тепла может быть придана форма цилиндра.
40 Кольцевая форма приводит к сочетанию прочности цилиндра, позволяющей выдерживать давление, и криволинейной поверхности сопряжения для наилучшего возможного контакта с источниками
45 тепла, имеющими цилиндрическую форму.

Испаритель 1100 включает нагреваемую стенку 1105, стенку-
50 барьер 1110 для текучей среды, первичный фитиль 1115,

расположенный между нагреваемой стенкой 1105 и внутренней
сторонай стенки-барьера 1110 для текучей среды, каналы 1120
удаления пара и проточные каналы 1125 жидкости. Стенка-барьер
5 1110 для текучей среды коаксиальна с первичным фитилем 1115 и
нагреваемой стенкой 1105.

10 Нагреваемая стенка 1105 находится в тесном контакте с
первичным фитилем 1115. Стенка-барьер 1110 для текучей среды
15 имеет рабочую текучую среду на внутренней стороне этой стенки-
барьера 1110 для текучей среды, так что рабочая текучая среда
проходит только вдоль внутренней стороны стенки-барьера 1110 для
20 жидкости. Стенка-барьер 1110 для жидкости замыкает оболочку
испарителя и обеспечивает прохождение рабочей текучей среды и
распределение ее через проточные каналы 1125 жидкости.

25 Каналы 1120 удаления пара находятся на поверхности раздела
между поверхностью 1117 испарения первичного фитиля 1115 и
30 нагреваемой стенкой 1105. Проточные каналы 1125 жидкости
находятся между стенкой-барьером 1110 для жидкости и первичным
фитилем 1115. Нагреваемая стенка 1105 действует как поверхность,
35 получающая тепло, пар, генерируемый на этой поверхности,
удаляется посредством каналов 1120 удаления пара.

40 Первичный фитиль 1115 заполняет объем между нагреваемой
стенкой 1105 и стенкой-барьером 1110 для жидкости испарителя
1100, чтобы обеспечить надежное испарение обратных менисков.

45 Испаритель 1100 также может быть оснащен теплообменными
ребрами 1150, которые контактируют со стенкой-барьером 1110 для
жидкости для осуществления смещения в сторону охлаждения стенки-
50 барьера 1110 для жидкости. Проточные каналы 1125 жидкости

принимают жидкость из впускного канала 1155 жидкости, а каналы
1120 удаления пара проходят к выпускному каналу 1160 пара и
5 обеспечивают подачу пара в него.

Испаритель 1100 можно использовать в теплопередающей
системе, которая включает кольцевой резервуар 1165 рядом с
10 первичным фитилем 1115. Резервуар 1165 может быть смещен в
сторону охлаждения с помощью теплопередающих ребер 1150, которые
15 проходят поперек резервуара 1165. Смещение в сторону охлаждения
резервуара 1165 позволяет использовать всю площадь конденсатора
без необходимости осуществления переохлаждения в конденсаторе.
20 Избыточное охлаждение, обеспечиваемое посредством смещения
резервуара 1165 и испарителя 1100 в сторону охлаждения,
компенсирует паразитные утечки тепла через первичный фитиль 1115
25 в сторону жидкости испарителя 1100.

В еще одном воплощении, конструкция испарителя может быть
30 инвертируемой, при этом особенности, обеспечивающие испарение,
могут располагаться на внешнем периметре, а особенности,
обеспечивающие возврат жидкости, могут располагаться на
35 внутреннем периметре.

Кольцевая форма испарителя 1100 может обеспечивать одно или
40 более следующих дополнительных преимуществ. Во-первых, в
кольцевом испарителе 1100 можно нивелировать или исключить
проблемы с выдерживанием давления. Во-вторых, может не
45 потребоваться первичный фитиль 1115, спеченный внутри, что
позволяет получить больше места для более сложной конструкции
сторон пара и жидкости первичного фитиля 1115.

50 Обращаясь также к фиг. 14А-Н, следует отметить, что здесь

показан кольцевой испаритель 1400, имеющий впускной канал 1455 жидкости и выпускной канал 1460 пара. Кольцевой испаритель 1400
5 включает нагреваемую стенку 1700 (фиг. 14G, 14Н и 17А-D), стенку-барьер 1500 для жидкости (фиг. 14G, 14Н, 15А и 15В), первичный фитиль 1600 (фиг. 14G, 14Н и 16А-D), расположенный
10 между нагреваемой стенкой 1700 и стенкой-барьером 1500 для жидкости, каналы 1465 удаления пара (фиг.14Н) и проточные каналы 1505 жидкости (фиг. 14Н и 15В). Кольцевой испаритель 1400 также
15 включает кольцо 1800 (фиг. 14G и 18А-D), которое гарантирует промежуток между нагреваемой стенкой 1700 и стенкой-барьером 1500 для жидкости, и кольцо 1900 (фиг. 14G, 14Н и 19А-D) у
20 основания испарителя 1400, которое гарантирует опору для стенки-барьера 1500 для жидкости и первичного фитиля 1600. Нагреваемая
25 стенка 1700, стенка-барьер 1500 для жидкости, кольцо 1800, кольцо 1900 и фитиль 1600 предпочтительно выполнены из
30 нержавеющей стали.

Верхняя часть испарителя 1400 (то есть, находящаяся над фитилем 1600) включает объем 1470 расширения (фиг.14Н). Подача в
35 проточные каналы 1505 жидкости, которые выполнены в стенке-барьере 1500 для жидкости, осуществляется посредством впускного канала 1455 жидкости. Фитиль 1600 отделяет проточные каналы 1505
40 жидкости от каналов 1465 удаления пара, которые ведут к выпускному каналу 1460 пара через кольцевое пространство 1475 пара (фиг.14Н), образованное в кольце 1900. Каналы 1465 пара
45 могут быть выполнены путем фототравления на поверхности нагреваемой стенки 1700.

50 Испарители, описанные здесь, могут работать при любом

сочетании материалов, размеров и компоновок в той степени, в
какой они воплощают признаки, описанные выше. Помимо упомянутых
5 здесь критериев, других ограничений нет; испаритель может быть
выполнен с приданием ему любой формы, размеров и из любого
материала. Единственными конструкторскими ограничениями являются
10 те, в соответствии с которыми применяемые материалы должны быть
совместимыми друг с другом, и те, в соответствии с которыми
15 рабочую жидкость выбирают с учетом конструкторских ограничений,
коррозии, генерирования неконденсируемых газов, а также с учетом
сроков службы.

20 Многие наземные применения могут включать КНТ с кольцевым
испарителем 1400. Ориентация кольцевого испарителя в поле
гравитации предопределяется характером применения и формой
25 горячей поверхности.

Циклическая теплообменная система

30 Циклическая теплообменная система может иметь конфигурацию с
одной или более теплопередающих систем для управления
температурой в области теплообменной системы. Этой циклической
35 теплообменной системой может быть любая система, которая
работает с использованием термодинамического цикла, например,
40 такая, как циклическая теплообменная система, теплообменная
система Стирлинга (также известная как двигатель Стирлинга), или
система кондиционирования воздуха.

45 Обращаясь к фиг.20, следует отметить, что в теплообменной
системе 2000 Стирлинга применяется безвредный для окружающей
среды и эффективный холодильный цикл. Система 2000 Стирлинга
50 функционирует, направляя рабочую текучую среду (например, гелий)

путем выполнения четырех операций, то есть, операции подвода
тепла при постоянной температуре, операции отвода тепла при
5 постоянном объеме, операции отвода тепла при постоянной
температуре и операции подвода тепла при постоянном объеме.

Система 2000 Стирлинга выполнена в форме свободнопоршневого
10 холодильного аппарата Стирлинга (СПХАС), такого, как холодильный
аппарат "Global Cooling" модели M100B (поставляемый фирмой
15 Global Cooling Manufacturing", 94 N. Columbus Rd., Афины, штат
Огайо, США). СПХАС 2000 включает секцию 2005 линейного
двигателя, в которой заключен линейный двигатель (не показан),
20 получающий подводимую мощность 2010 переменного тока. СПХАС 2000
включает акцептор 2015 тепла, регенератор 2020 и режектор 2025
тепла. СПХАС 2000 включает балансирующую массу 2030,
25 подсоединенную к корпусу линейного двигателя внутри секции 2005
линейного двигателя, для поглощения вибраций во время работы
СПХАС. СПХАС 2000 также включает заправочный канал 2035. СПХАС
30 2000 включает внутренние элементы, такие, как те, которые
показаны в СПХАС 2100 на фиг.21.

35 СПХАС 2100 включает линейный двигатель 2105, заключенный
внутри секции 2110 линейного двигателя. В секции 2110 линейного
двигателя заключен поршень 2115, который подсоединен к плоским
40 пружинам 2120 на одном конце и вытеснителю 2125 на другом конце.
Вытеснитель 2125 связан с пространством 2130 расширения и
45 пространством 2135 сжатия, которые образуют, соответственно,
холодную и горячую сторону. Акцептор 2015 тепла установлен на
холодную сторону 2130, а режектор тепла установлен на горячую
50 сторону 2135. СПХАС 2100 также включает балансирующую массу

2140, подсоединенную к секции 2110 линейного двигателя, для поглощения вибрация во время работы СПХАС 2100.

5 Обращаясь также к фиг.22, следует отметить, что в одном воплощении СПХАС 2200 включает режектор 2205 тепла, выполненный из медной втулки, и акцептор 2210 тепла может быть медной
10 втулкой. Режектор 2205 тепла имеет внешний диаметр (ВД) приблизительно 100 мм и ширину приблизительно 53 мм, что дает
15 теплоотводящую поверхность площадью 166 см^2 , способную обеспечивать поток величиной 6 Вт/см^2 при работе в диапазоне температур $20\text{--}70^\circ\text{C}$. Акцептор 2210 имеет ВД приблизительно 100 мм
20 и ширину приблизительно 37 мм, что дает теплопринимающую поверхность площадью 115 см^2 , способную обеспечивать поток величиной $5,2 \text{ Вт/см}^2$ при работе в диапазоне температур $-30\text{--}5^\circ\text{C}$.

25 Короче говоря, во время работы СПХАС 2000 заполнен хладагентом (например, таким, как газообразный гелий), который
30 перемещается назад и вперед под воздействием комбинированных движений поршня и вытеснителя. В идеальной системе, тепловая энергия отводится в окружающую среду посредством режектора
35 тепла, а хладагент сжимается поршнем, и тепловая энергия отбирается у окружающей среды посредством акцептора тепла, когда хладагент расширяется.
40

 Обращаясь к фиг.23, следует отметить, что термодинамическая система 2300 включает циклическую теплообменную систему, такую,
45 как циклическая теплообменная система 2305 (например, системы 2000, 2100, 2200), и теплопередающую систему 2310, термически связанную с частью 2315 циклической теплообменной системы 2305.
50 Циклическая теплообменная система 2305 является цилиндрической,

а теплопередающей системе 2310 придана такая форма, что она окружает часть 2315 циклической теплообменной системы 2305 с целью отвода тепла от этой части 2315. В этом воплощении, часть 2315 является горячей стороной (то есть, режектором тепла) циклической теплообменной системы 2305. Термодинамическая система 2300 также включает вентилятор 2320, расположенный на горячей стороне циклической теплообменной системы 2305, для нагнетания воздуха через конденсатор теплопередающей системы 2310 и тем самым сообщения дополнительного конвекционного охлаждения.

Холодная сторона 2335 (то есть, акцептор тепла) циклической теплообменной системы 2305 термически связана с CO₂-дефлегматором 2340 термосифона 2345. Термосифон 2345 включает теплообменник 2350 холодной стороны, которому придана конфигурация, обеспечивающая охлаждение воздуха внутри термодинамической системы 2300, который нагнетается через теплообменник 2350 посредством вентилятора 2355.

Обращаясь к фиг.24, следует отметить, что в еще одном воплощении термодинамическая система 2400 включает циклическую теплообменную систему, такую, как циклическая теплообменная система 2405 (например, системы 2000, 2100, 2200), и теплопередающую систему 2410, термически связанную с горячей стороной 2415 циклической теплообменной системы 2405. Термодинамическая система 2400 также включает теплопередающую систему 2420, термически связанную с холодной стороной 2425 циклической теплообменной системы 2405. Термодинамическая система 2400 также включает вентиляторы 2430, 2435. Вентилятор

2430 расположен на горячей стороне 2415 для нагнетания воздуха через конденсатор теплопередающей системы 2410. Вентилятор 2435
5 расположен на холодной стороне 2425 для нагнетания воздуха через конденсатор теплопередающей системы 2420.

Обращаясь к фиг.25, следует отметить, что в одном воплощении
10 термодинамическая система 2500 включает теплопередающую систему 2505, подсоединенную к циклической теплообменной системе, такой, как циклическая теплообменная система 2510. Теплопередающая
15 система 2505 используется для охлаждения горячей стороны 2515 циклической теплообменной системы 2510. Теплопередающая система 2505 включает кольцевой испаритель 2520, который включает емкость (или резервуар) 2525 расширения, линию 2530 возврата
20 жидкости, обеспечивающую сообщение посредством текучей среды между выпускными каналами 2535 жидкости конденсатора 2540 и выпускным каналом жидкости испарителя 2520. Теплопередающая
25 система 2505 также включает линию 2545 пара, обеспечивающую сообщение посредством текучей среды между выпускным каналом пара испарителя 2520 и впускными каналами 2550 пара конденсатора
30 2540.

Конденсатор 2540 выполнен из гладкостенной трубы и оснащен
40 теплообменными ребрами 2555 или ребристой радиаторной секцией для интенсификации теплообмена на наружной поверхности трубы.

Испаритель 2520 включает первичный фитиль 2560, заключенный
45 между нагреваемой стенкой 2565 и стенкой-барьером 2570 для жидкости и разделяющий жидкость и пар. Стенка-барьер 2570 для жидкости смещена в сторону охлаждения посредством теплообменных
50 ребер 2575, выполненных вдоль внешней поверхности стенки 2565.

Теплообменные ребра 2575 обеспечивают переохлаждение для резервуара 2525 и всей стороны жидкости испарителя 2520.

5 Теплообменные ребра 2575 испарителя 2520 могут быть выполнены отдельно от теплообменных ребер 2555 конденсатора 2540.

10 Линия 2530 возврата жидкости проходит в резервуар 2525, расположенный над первичным фитилем 2560, а пузырьки пара, если они есть, из линии 2530 возврата жидкости и каналов удаления
15 пара на поверхности раздела первичного фитиля 2560 и нагреваемой стенки 2565 отводятся в резервуар 2525. Типичные рабочие текущие среды для теплопередающей системы 2505 включают (но не в
20 ограничительном смысле) метанол, бутан, CO₂, пропилен и аммиак.

Испаритель 2520 прикреплен к горячей стороне 2515 циклической теплообменной системы 2510. В одном воплощении, это
25 крепление выполнено с образованием единого целого, так что испаритель 2520 представляет собой неотъемлемую часть циклической теплообменной системы 2510. В еще одном воплощении,
30 возможно осуществление крепления без образования единого целого, так что испаритель 2520 может быть прикреплен посредством хомута к внешней поверхности горячей стороны 2515. Теплопередающая
35 система 2505 охлаждается посредством стока теплоты принудительной конвекции, который может быть обеспечен посредством простого вентилятора 2580. В альтернативном
40 варианте, теплопередающая система 2505 охлаждается посредством естественной или вытяжной конвекции.
45

Сначала жидкая фаза рабочей текущей среды собирается в нижней части испарителя 2520, линии 2530 возврата текущей среды
50 и конденсаторе 2540. Первичный фитиль 2560 смачивается из-за

капиллярных сил. Как только прикладывается тепло (например, включается циклическая теплообменная система 2510), первичный фитиль 2560 начинает вырабатывать пар, который движется по каналам удаления пара (аналогичным каналам 1120 удаления пара испарителя 1100) испарителя 2520, по выпускному каналу пара испарителя 2520 и попадает в линию 2545 пара.

Затем пар попадает в конденсатор 2540 в верхней части этого конденсатора 2540. Конденсатор 2540 конденсирует пар, превращая его в жидкость, и эта жидкость собирается в нижней части конденсатора 2540. Жидкость проталкивается в резервуар 2525 под воздействием разности давлений между резервуаром 2525 и нижней частью конденсатора 2540. Жидкость из резервуара 2525 попадает в проточные каналы жидкости испарителя 2520. Проточные каналы жидкости испарителя 2520 имеют конфигурацию, аналогичную каналам 1125 испарителя 1100, а также надлежащие размеры и расположение для обеспечения адекватного пополнения жидкости взамен той, которая испарилась. Капиллярное давление, создаваемое первичным фитилем 2560, оказывается достаточным для того, чтобы выдерживать весь перепад давления в КНТ и предотвратить движение пузырьков пара через первичный фитиль 2560 по направлению к проточным каналам жидкости.

Проточные каналы жидкости испарителя 2520 можно заменить простым кольцевым пространством, если вышеупомянутого смещения в сторону охлаждения оказывается достаточно для компенсации повышенной утечки тепла через первичный фитиль 2560, что обуславливается увеличением площади поверхности, которую имеет поверхность теплообмена кольцевого пространства, по сравнению с

площадью поверхности проточных каналов жидкости.

5 Обращаясь к фиг. 26-28, следует отметить, что
теплопередающая система 2600 включает испаритель 2605,
10 подсоединенный к циклической теплообменной системе 2610, и
емкость 2615 расширения, связанную с испарителем 2605. Каналы
пара испарителя 2605 обеспечивают подачу в линию 2620 пара,
15 которая питает ряд каналов 2625 конденсатора 2630.
Теплопередающая система 2600 также включает ребристую
радиаторную секцию 2640, термически связанную с конденсатором
2630.

20 Испаритель 2605 включает нагреваемую стенку 2700, стенку-
барьер 2705 для жидкости, первичный фитиль 2710, расположенный
25 между нагреваемой стенкой 2700 и внутренней стороной стенки-
барьера 2705 для текучей среды, каналы 2715 удаления пара и
проточные каналы 2720 жидкости. Стенка-барьер 2705 для текучей
30 среды коаксиальна с первичным фитилем 2710 и нагреваемой стенкой
2700. Подача в проточные каналы 2720 жидкости осуществляется
35 посредством канала 2725 возврата жидкости, а каналы 2715
удаления пара осуществляют подачу в выпускной канал 2730 пара.

 Нагреваемая стенка 2700 находится в тесном контакте с
40 первичным фитилем 2710. Стенка-барьер 2705 для текучей среды
имеет рабочую текучую среду на внутренней стороне этой стенки-
барьера 2705 для текучей среды, так что рабочая текучая среда
45 проходит только вдоль внутренней стороны стенки-барьера 2705 для
жидкости. Стенка-барьер 2705 для жидкости замыкает оболочку
испарителя и обеспечивает прохождение рабочей текучей среды и
50 распределение ее через проточные каналы 2720 жидкости.

В одном воплощении, испаритель 2605 имеет высоту приблизительно 2 дюйма, а объем 2615 расширения имеет высоту приблизительно 1 дюйм. Испаритель 2605 и объем 2615 расширения окружают часть циклической теплообменной системы 2610, имеющей внешний диаметр 4 дюйма. Линия 2620 имеет радиус 1/8 дюйма. Циклическая теплообменная система 2610 включает приблизительно 58 каналов 2625 конденсатора, причем каждый канал 2625 конденсатора имеет длину 2 дюйма и радиус 0,012 дюйма, причем каналы 2625 простираются таким образом, что ширина конденсатора 2630 составляет приблизительно 40 дюймов. Канал 2725 возврата жидкости имеет радиус 1/16 дюйма. Теплообменник 2800 (который включает конденсатор 2630 и ребристую радиаторную секцию 2640, имеет длину приблизительно 40 дюймов и «свернут» таким образом, что образуется внутренний и внешний контур (см. фиг. 30, 33 и 34), с получением цилиндрического теплообменника, имеющего внешний диаметр приблизительно 8 дюймов. Испаритель 2605 имеет ширину 2750 поперечного сечения приблизительно 1/8 дюйма, ограниченную нагреваемой стенкой 2700 и стенкой-барьером 2705 для жидкости. Каналы 2715 удаления пара имеют ширины приблизительно 0,020 дюйма и глубины приблизительно 0,020 дюйма и отделены друг от друга на расстоянии приблизительно 0,020 дюйма для получения 25-ти каналов на дюйм.

Как упоминалось выше, теплообменная система (такая, как система 2310) термически связана с частью (такой, как часть 2315) циклической теплообменной системы. Термическая связь между теплообменной системой и упомянутой частью можно реализовать любым способом. В одном воплощении, если испаритель

теплопередающей системы термически связан с горячей стороной циклической теплообменной системы, испаритель может окружать горячую сторону, находясь в контакте с ней, а термическая связь может быть гарантирована за счет компаунда термической консистентной смазки, нанесенной между горячей стороной и испарителем. В еще одном воплощении, если испаритель теплопередающей системы термически связан с горячей стороной циклической теплообменной системы, испаритель может быть выполнен как единое целое с горячей стороной циклической теплообменной системы за счет выполнения каналов пара проходящими непосредственно в горячую сторону циклической теплообменной системы.

Обращаясь к фиг. 30–32, следует отметить, что теплопередающая система 3000 унакована вокруг циклической теплообменной системы 3005. Теплопередающая система 3000 включает конденсатор 3010, окружающий испаритель 3015. Рабочая текучая среда, которая испарилась, покидает испаритель 3015 через выпускной канал 3020 пара, подсоединенный к конденсатору 3010. Конденсатор 3010 загнут внутрь на себя с удвоением толщины в соединении 3025.

Циклическая теплообменная система 3005 окружена испарителем 3015, расположенным вокруг ее теплоотводящей поверхности 3100. Испаритель 3015 находится в плотном контакте с теплоотводящей поверхностью 3100. Холодильный агрегат (который представляет собой соединение циклической теплообменной системы 3005 и теплопередающей системы 3000) установлен в трубе 3205, причем на одном конце трубы 3205 установлен вентилятор 3210 для нагнетания

воздуха через ребра 3030 конденсатора 3010 в отводные каналы 3035.

5 Испаритель 3015 имеет фитиль 3215, в котором рабочая текучая среда поглощает тепло из теплоотводящей поверхности 3100 и
10 изменяет фазу с жидкой на паровую. Теплопередающая система 3000 включает резервуар 3220 вверху испарителя 3015, который обеспечивает объем расширения. Для упрощения иллюстрации,
15 испаритель 3015 изображен на этом виде как простой заштрихованный блок, внутренние детали которого не показаны. Эти внутренние детали рассматриваются в другом месте в этом
20 описании.

Испарившаяся рабочая среда выходит из испарителя 3015 по
25 выпускному каналу 3020 пара и попадает в линию 3040 пара конденсатора 3010. Рабочая текучая среда проходит вниз из линии 3040 пара по каналам 3045 конденсатора 3010 в линию 3050
30 возврата жидкости. Когда рабочая текучая среда проходит по каналам 3045 конденсатора 3010, она теряет тепло посредством ребер 3030, отдавая его воздуху, проходящему между ребрами, что
35 приводит к изменению фазы с паровой на жидкую. Воздух, который прошел через ребра 3030 конденсатора 3010, выходит наружу по отводному каналу 3035. Сжиженная рабочая текучая среда (и
40 возможно некоторый неконденсированный пар) выходит из линии 3050 возврата жидкости обратно в испаритель 3015 через канал 3055 возврата жидкости.
45

Обращаясь к фиг. 33 и 34, следует отметить, что
50 теплопереносящая система 3300 включает часть циклической теплообменной системы 3302, которая в свою очередь окружена

отводящими каналами 3305. Теплопереносящая система 3300 включает испаритель 3310, имеющий верхнюю часть, которая окружает циклическую теплообменную систему 3302. Канал 3315 пара соединяет испаритель 3310 с линией 3312 пара конденсатора 3320. Линия 3312 пара включает внешнюю область, которая обвивается вокруг испарителя 3310, а затем загибается обратно на себя с удвоением толщины в соединении 3325, образуя внутреннюю область, которая обвивается вокруг испарителя 3310 в противоположном направлении. Теплопереносящая система 3300 также включает ребра 3330 на конденсаторе 3320.

Теплопереносящая система 3300 также включает канал 3400 возврата жидкости, который обеспечивает путь для конденсированной рабочей текучей среды, возвращающейся из линии 3405 жидкости конденсатора 3320 в испаритель 3310.

Как упоминалось выше, поверхность раздела между испарителем 3310 и теплоотводящей поверхностью циклической теплообменной системы может быть выполнена в соответствии с одним из нескольких альтернативных воплощений.

Обращаясь к фиг.35, следует отметить, что в одном воплощении испаритель 3500 скользит по теплоотводящей поверхности 3502 циклической теплообменной системы 3505. Испаритель 3500 включает нагреваемую стенку 3510, стенку-барьер 3515 для жидкости и фитиль 3520, заключенный между стенками 3510 и 3515. Фитиль 3520 снабжен каналами 3525 пара, а проточные каналы 3530 жидкости показаны выполненными в стенке-барьере 3515 для жидкости - для ясности.

Испаритель 3500 скользит по циклической теплообменной

системе 3505 и может удерживаться на месте с помощью хомута 3600 (показанного на фиг.36). Чтобы способствовать теплопередаче, между циклической теплообменной системой 3505 и нагреваемой стенкой 3510 испарителя 3500 заключена теплопроводная консистентная смазка. В альтернативном воплощении, каналы 5325 пара выполнены в нагреваемой стенке 3525, а не в фитиле 3520.

Обращаясь к фиг.37, следует отметить, что в еще одном воплощении испаритель 3700 расположен над теплоотводящей поверхностью 3702 циклической теплообменной системы 3705 посредством посадки с натягом. Испаритель 3700 включает нагреваемую стенку 3710, стенку-барьер 3715 для жидкости и фитиль 3720, заключенный между стенками 3710 и 3715. Испаритель 3700 имеет размеры, позволяющие осуществлять посадку с натягом на теплоотводящую поверхность 3702 циклической теплообменной системы 3705.

Испаритель 3700 нагревают таким образом, что его внутренний диаметр увеличивается, позволяя ему скользить поверх нагретой теплоотводящей поверхности 3702. Когда испаритель 3700 охлаждается, он сжимается, закрепляясь на циклической теплообменной системе 3705 посредством посадки с натягом. Ввиду натяга, обеспечиваемого такой посадкой, теплопроводная консистентная смазка для интенсификации теплообмена не требуется. Фитиль 3720 снабжен каналами 3725 пара. В альтернативном воплощении, каналы пара выполнены в нагреваемой стенке 3710, а не в фитиле 3720. Проточные каналы 3730 жидкости показаны выполненными в стенке-барьере 3715 для жидкости - для ясности.

Обращаясь к фиг.38, следует отметить, что в еще одном воплощении испаритель 3800 расположен над теплоотводящей поверхностью 3802 циклической теплообменной системы 3805, а конструктивные элементы, которые в ранее описанных воплощениях выполнялись бы внутри испарителя 3800, теперь выполнены как единое целое с теплоотводящей поверхностью 3802. В частности, испаритель 3800 и теплоотводящая поверхность 3802 объединены друг с другом в виде единого узла. Теплоотводящая поверхность 3802 модифицирована и имеет каналы 3825 пара; таким образом, теплоотводящая поверхность 3802 действует как нагреваемая стенка испарителя 3800.

Испаритель 3800 включает фитиль 3820 и стенку-барьер 3815 для жидкости, образованную вокруг модифицированной теплоотводящей поверхности 3802, причем фитиль 3820 и стенка-барьер 3815 для жидкости связаны воедино с теплоотводящей поверхностью 3802 для образования уплотненного испарителя 3800. Проточные каналы 3830 жидкости изображены в упрощенной форме – для ясности. Таким образом, сформирована гибридная циклическая теплообменная система со встроенным испарителем. Эта интегральная конструкция обеспечивает улучшенную температурную рабочую характеристику по сравнению с конструкцией, предусматривающей наличие хомута, и конструкцией, предусматривающей посадку с натягом, поскольку тепловое сопротивление между циклической теплообменной системой и фитилем испарителя уменьшается.

Обращаясь к фиг.29, следует отметить, что графики 2900 и 2905 иллюстрируют зависимость между максимальной температурой

поверхности той части циклической теплообменной системы, которую
следует охлаждать посредством теплопередающей системы, и
5 площадью поверхности раздела между теплопередающей системой и
подлежащей охлаждению частью циклической теплообменной системы.
Максимальная температура указывает максимальное количество
10 отводимого тепла. На графике 2900 отражен факт наличия компаунда
термической консистентной смазки на поверхности раздела между
упомянутой частью и теплопередающей системой. На графике 2905
15 отражен тот факт, что теплопередающая система выполнена как
единое целое с упомянутой частью.

20 Как показано на чертеже, при расходе воздуха, составляющем
300 куб.фт/мин, если максимальное количество отводимого тепла
окажется в пределах, определяемых максимальной температурой 2907
25 теплоотводящей поверхности (например, 70°C) и площадью 2910
теплообменной поверхности (например, 100 фт²). Когда испаритель
30 выполнен как единое целое с упомянутой частью путем формирования
каналов пара непосредственно в теплоотводящей поверхности, эта
теплоотводящая поверхность будет работать при температуре,
35 которая ниже максимальной температуры теплоотводящей поверхности
за счет наличия поверхности раздела, на которой имеется
термическая консистентная смазка, при значительно меньшей
40 площади теплообменной поверхности.

Обращаясь к фиг.39, следует отметить, что конденсатор 3900
45 выполнен с ребрами 3905, которые обеспечивают термическую связь
между воздухом или окружающей средой и линией 3910 пара
конденсатора 3900. Линия 3910 пара подсоединена к выпускному
50 каналу 3915 пара, которая соединена с испарителем 3920,

расположенным внутри конденсатора 3900.

Обращаясь к фиг. 40-43, следует отметить, что в одном
5 воплощении конденсатор 3900 является слоистым и выполнен с
проточными каналами, которые проходят через плоскую пластину
4000 конденсатора 3900 между сборником 3925 пара и сборником
10 3930 жидкости. Подходящим материалом для использования при
изготовлении слоистого конденсатора является медь. Конденсатор
15 3900 слоистой структуры включает основание 4200, имеющее
выполненные в нем проточные каналы 4205 жидкости (показанные
пунктирной линией), а с основанием 4200 скреплен верхний слой
20 4210, накрывающий и уплотняющий проточные каналы 4205 жидкости.
Проточные каналы 4205 жидкости выполнены в форме бороздок в
основании 4200 и уплотнены под верхним слоем 4210. Бороздки для
25 проточных каналов 4205 жидкости могут быть выполнены посредством
процессов химического травления, электрохимического травления,
30 механической обработки на станках или обработки посредством
электрического разряда.

Обращаясь к фиг. 44 и 45, следует отметить, что в еще одном
35 воплощении конденсатор 3900 получен посредством экструзии, а
малые проточные каналы 4400 проходят сквозь плоскую пластину
4405 конденсатора 3900. Подходящим материалом для использования
40 в таком конденсаторе, полученном посредством экструзии, является
алюминий. Полученная посредством экструзии плоская пластина 4405
45 с микроканалами проходит между сборником 4410 пара и сборником
4415 жидкости. Кроме того, с обеими сторонами плоской пластины
4405 скреплена (например, посредством пайки твердым припоем или
50 склеивания) волнистая ребристая секция 4420.

Обращаясь к фиг.46, следует отметить, что здесь представлено сечение одной стороны теплопередающей системы 4600, которая
5 подсоединена к циклической теплообменной системе 4605. На этом виде показаны относительные размеры, которые обеспечивают, в частности, компактную упаковку теплопередающей системы. Для
10 упрощения изображения, на этом виде ребра 4610 показаны смещенными друг от друга на угол 90 градусов. Для охлаждения теплоотводящей поверхности 4615 циклической теплообменной
15 системы 4605, имеющей диаметр 4 дюйма, испаритель 4620 имеет толщину 0,25 дюйма, а радиальная толщина конденсатора составляет 1,75 дюйма. Это обеспечивает габаритный размер упаковки (соединение теплопередающей системы 4600 и циклической
20 теплообменной системы 4605), составляющий 8 дюймов.

Как обсуждалось выше, испаритель, используемый в теплопередающей системе, снабжен фитилем. Поскольку фитиль
30 используется внутри испарителя теплопередающей системы, конденсатор может быть расположен в любом месте относительно испарителя и относительно силы тяжести. Например, конденсатор
35 может быть расположен над испарителем (относительно силы тяжести), или рядом с испарителем, вследствие чего будет испытывать воздействие той же силы тяжести, что и испаритель.
40

В рамках объема притязаний нижеследующей формулы изобретения возможны и другие воплощения.

45 Следует отметить, что при описании нескольких воплощений употреблялись термины «двигатель Стирлинга», «теплообменная система Стирлинга» и «свободнопоршневой холодильный аппарат
50 Стирлинга». Однако признаки и принципы, описанные в связи с

этим воплощениями, также могут быть применены к другим двигателям, выполненным с возможностью осуществления преобразований между механической энергией и тепловой энергией.

Кроме того, признаки и принципы, описанные выше, могут быть применены к любому тепловому двигателю, который является термодинамической системой, которая может работать в цикле, то есть, в рамках последовательности превращений, в конечном счете, возвращающих его в исходное состояние. Если каждое превращение в цикле является обратимым, то цикл также будет обратимым, и теплопередачи будут осуществляться в противоположном направлении, а величина проделанной работы будет менять знак. Простейшим обратимым циклом является цикл Карно, в котором происходит теплообмен между двумя нагретыми резервуарами.

Формула изобретения

1. Теплопередающая система для циклической теплообменной системы, которая выполнена с возможностью работы с использованием термодинамического цикла и заполнена хладагентом, содержащая испаритель, окружающий часть циклической теплообменной системы и имеющий стенку, выполненную с возможностью термического соединения с частью циклической теплообменной системы для регулирования температуры указанной части, первичный фитиль, соединенный по текучей среде со стенкой, и канал удаления пара, который находится на поверхности раздела между первичным фитилем и стенкой, и конденсатор, соединенный по текучей среде с испарителем для образования замкнутого контура, который вмещает рабочую текучую среду для теплопередающей системы.

2. Теплопередающая система по п.1, в которой конденсатор содержит впускной канал пара и выпускной канал жидкости, дополнительно содержащая линию пара, обеспечивающую сообщение по текучей среде между выпускным каналом пара и впускным каналом пара, и линию возврата жидкости, обеспечивающую сообщение по текучей среде между выпускным каналом жидкости и впускным каналом жидкости.

3. Теплопередающая система по п.2, в которой канал удаления пара проходит к выпускному каналу пара, а испаритель содержит: стенку-барьер для жидкости, причем на внутренней стороне этой стенки-барьера для жидкости содержится рабочая текучая среда, так что рабочая текучая среда проходит только по внутренней стороне стенки-барьера для жидкости, при этом первичный фитиль расположен между стенкой и внутренней стороной стенки-барьера для жидкости, и проточный канал жидкости, находящийся между стенкой-барьером для жидкости и первичным фитилем, причем проточный канал жидкости принимает жидкость из впускного канала жидкости.

4. Теплопередающая система по п.1, в которой рабочая текучая среда перемещается

через теплопередающую систему пассивно.

5. Теплопередающая система по п.4, в которой рабочая текучая среда перемещается через теплопередающую систему без использования внешнего перекачивания.

5 6. Теплопередающая система по п.2, в которой рабочая текучая среда изменяется между жидкостью и паром, когда рабочая текучая среда проходит через одну или более таких частей, как испаритель, конденсатор, линия пара и линия возврата жидкости.

10 7. Теплопередающая система по п.1, в которой испаритель имеет коцевую форму и окружает часть циклической теплообменной системы.

8. Теплопередающая система по п.1, в которой рабочая текучая среда перемещается через теплопередающую систему с использованием фитиля.

15 9. Теплопередающая система по п.1, дополнительно содержащая ребра, термически соединенные с конденсатором, для отвода тепла в окружающую среду.

15 10. Теплопередающая система по п.1, в которой указанная часть представляет собой теплоотводящую поверхность циклической теплообменной системы, а испаритель имеет внутренний диаметр, который увеличивается для скольжения поверх указанной части.

20 11. Теплопередающая система по п.1, в которой циклическая теплообменная система включает в себя одну циклическую теплообменную систему.

12. Теплопередающая система по п.1, в которой стенка испарителя термически соединена с внешней поверхностью части циклической теплообменной системы.

25 13. Теплопередающая система по п.1, в которой конденсатор окружает испаритель, при этом теплоотводящая поверхность циклической теплообменной системы окружена испарителем.

14. Теплопередающая система по п.1, в которой стенка контактирует с частью циклической теплообменной системы.

30 15. Теплопередающая система по п.14, в которой стенка контактирует с указанной частью посредством посадки с натягом.

35 16. Теплопередающая система по п.1, дополнительно содержащая теплопроводящий материал, расположенный между стенкой и указанной частью, при этом стенка термически соединена с указанной частью через теплопроводящий материал.

17. Теплопередающая система по п.1, в которой испаритель выполнен за одно целое с циклической теплообменной системой, а канал удаления пара образован в стороне циклической теплообменной системы.

40 18. Теплопередающая система по п.1, в которой канал удаления пара образован в первичном фитиле.

19. Термодинамическая система, содержащая циклическую теплообменную систему, которая заполнена хладагентом и теплопередающую систему, термически соединенную с циклической теплообменной системой для охлаждения части

45 циклической теплообменной системы, при этом теплопередающая система содержит испаритель, окружающий часть циклической теплообменной системы и имеющий стенку, выполненную с возможностью термического соединения с частью циклической теплообменной системы, первичный фитиль, соединенный по текучей среде со
50 стенкой, и канал удаления пара, который находится на поверхности раздела между первичным фитилем и стенкой и конденсатор, соединенный по текучей среде с испарителем для образования замкнутого контура, который вмещает рабочую текучую среду для теплопередающей системы.

20. Термодинамическая система по п.19, в которой испаритель выполнен за одно целое с циклической теплообменной системой.

21. Термодинамическая система по п.19, в которой испаритель прикреплен к циклической теплообменной системе.

5 22. Термодинамическая система по п.19, в которой циклическая теплообменная система содержит двигатель Стирлинга.

23. Термодинамическая система по п.19, в которой циклическая теплообменная система содержит холодильную систему.

10 24. Термодинамическая система по п.19, в которой теплопередающая система подсоединена к горячей стороне циклической теплообменной системы.

25. Термодинамическая система по п.19, в которой теплопередающая система подсоединена к холодной стороне циклической теплообменной системы.

15 26. Термодинамическая система по п.19, в которой теплопередающая система окружает часть циклической теплообменной системы.

27. Термодинамическая система по п.19, в которой испаритель имеет внутренний диаметр, который увеличивается для скольжения поверх теплоотводящей поверхности циклической теплообменной системы.

20 28. Термодинамическая система по п.19, в которой циклическая теплообменная система содержит одну циклическую теплообменную систему.

29. Термодинамическая система по п.19, в которой стенка испарителя термически соединена с внешней поверхностью части цилиндрической теплообменной системы.

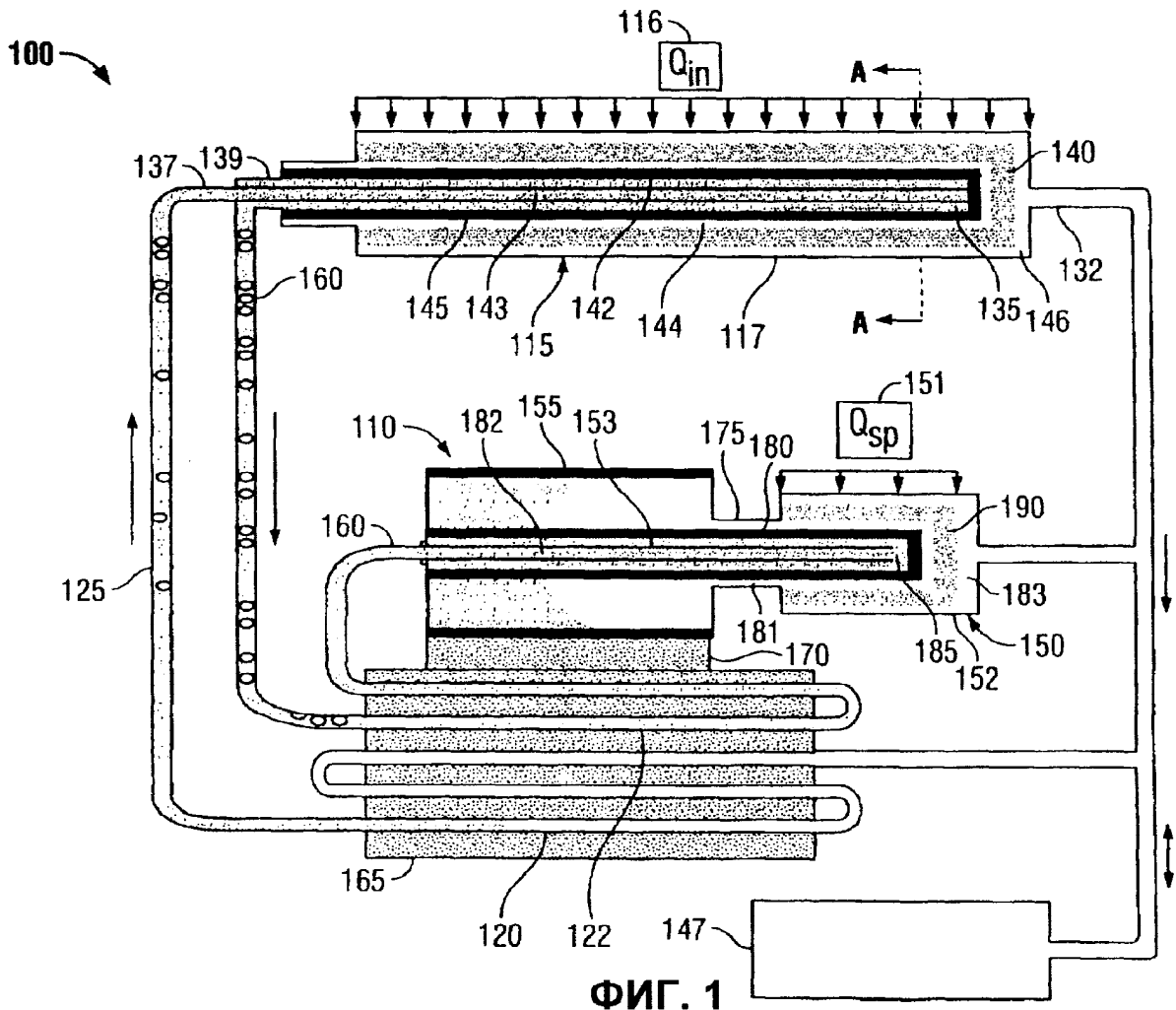
25 30. Термодинамическая система по п.19, в которой конденсатор окружает испаритель, при этом теплоотводящая поверхность циклической теплообменной системы окружена испарителем.

31. Способ регулирования температуры части циклической теплообменной системы, которая заполнена хладагентом, включающий термическое соединение стенки испарителя с циклической теплообменной системой для регулирования температуры части циклической теплообменной системы посредством окружения стенкой части циклической теплообменной системы; соединение по текучей среде первичного фитиля со стенкой; образование канала удаления пара на поверхности раздела между первичным фитилем и стенкой, и соединение по текучей среде конденсатора с испарителем для образования замкнутого контура, который вмещает рабочую текучую среду для теплопередающей системы.

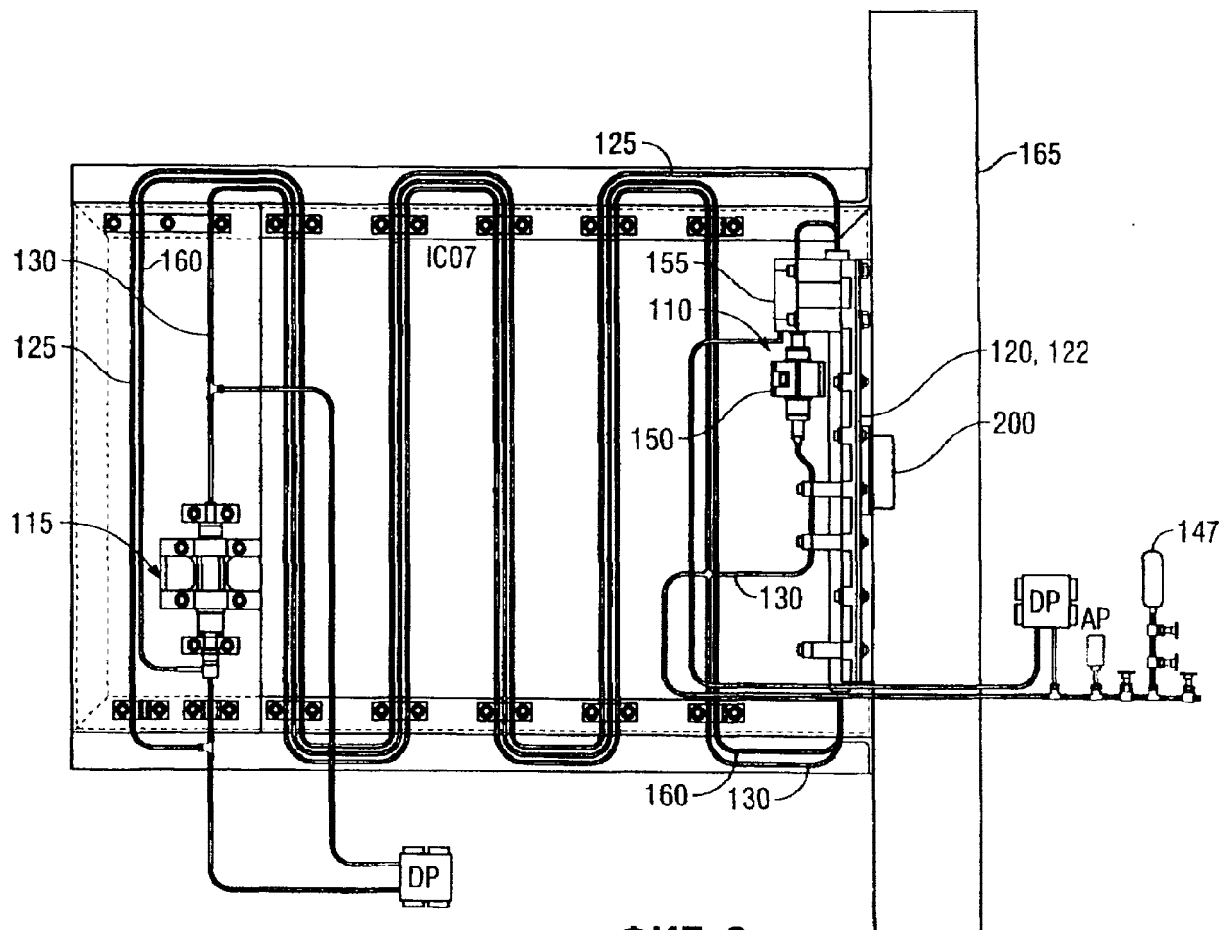
40

45

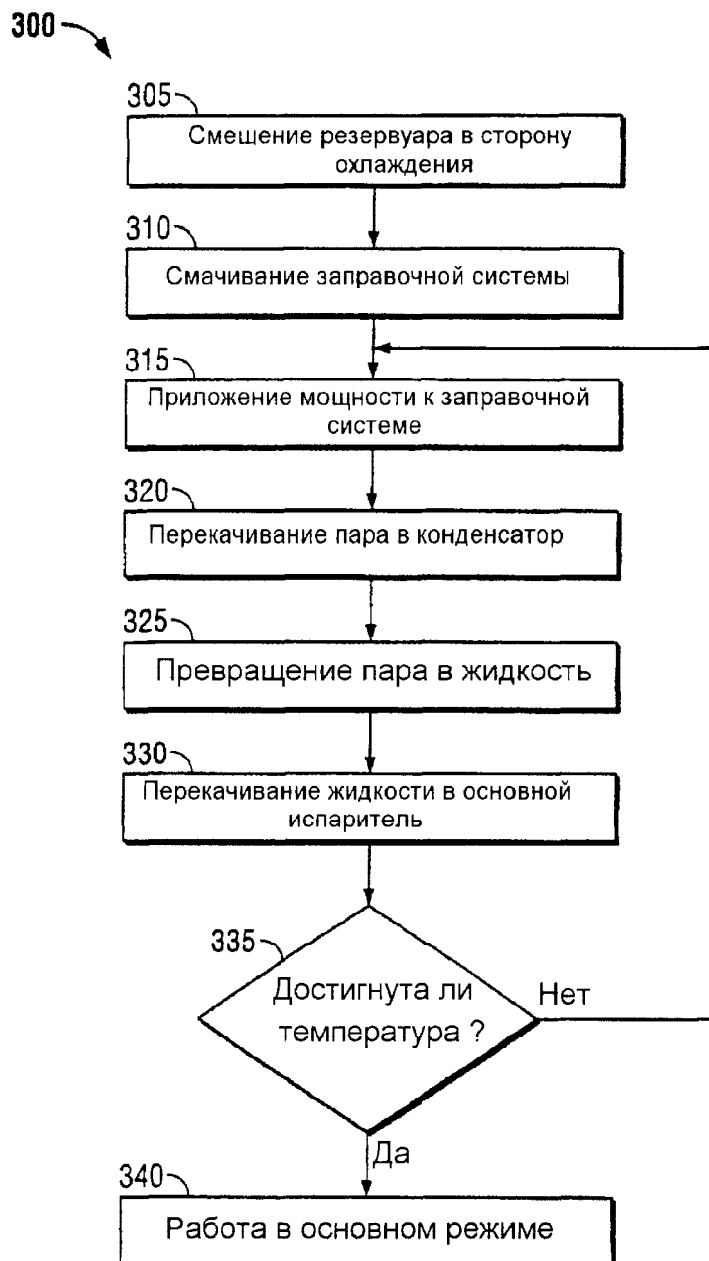
50



ФИГ. 1



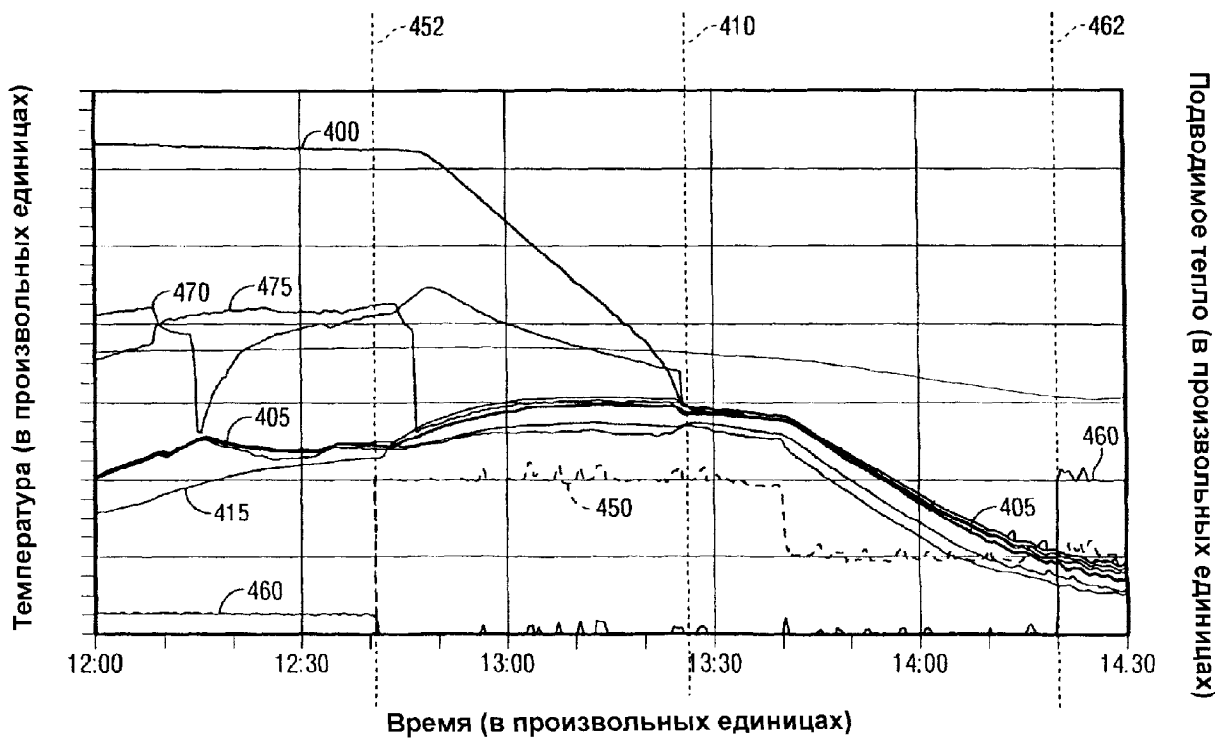
ФИГ. 2



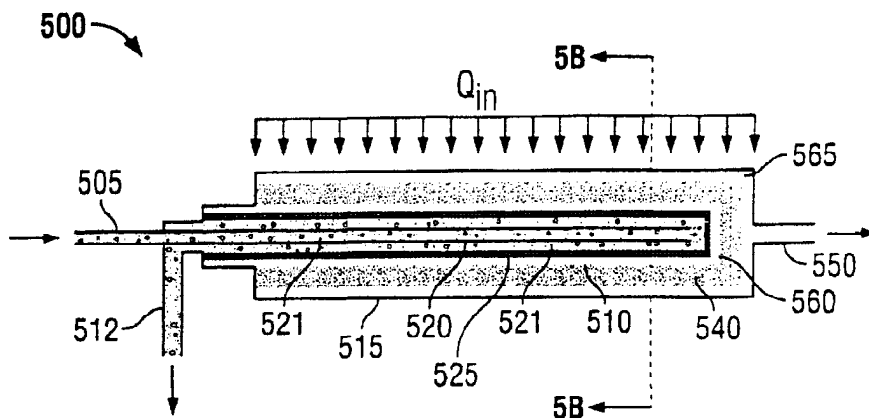
ФИГ. 3

Данные термических испытаний в вакууме

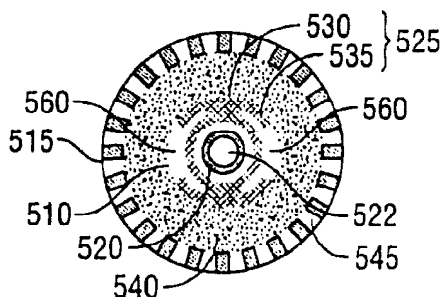
Охлаждение



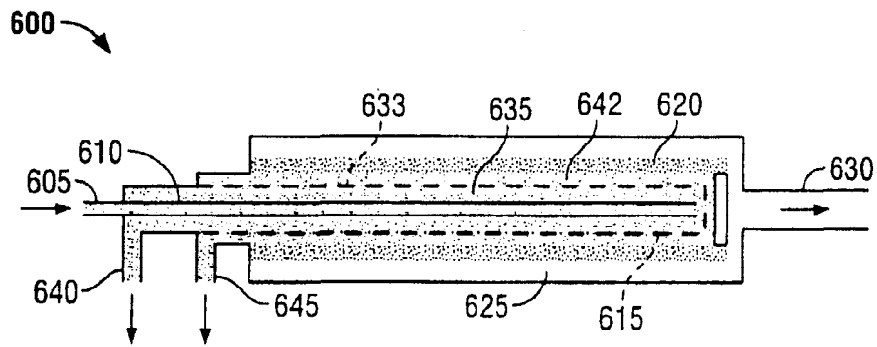
ФИГ. 4



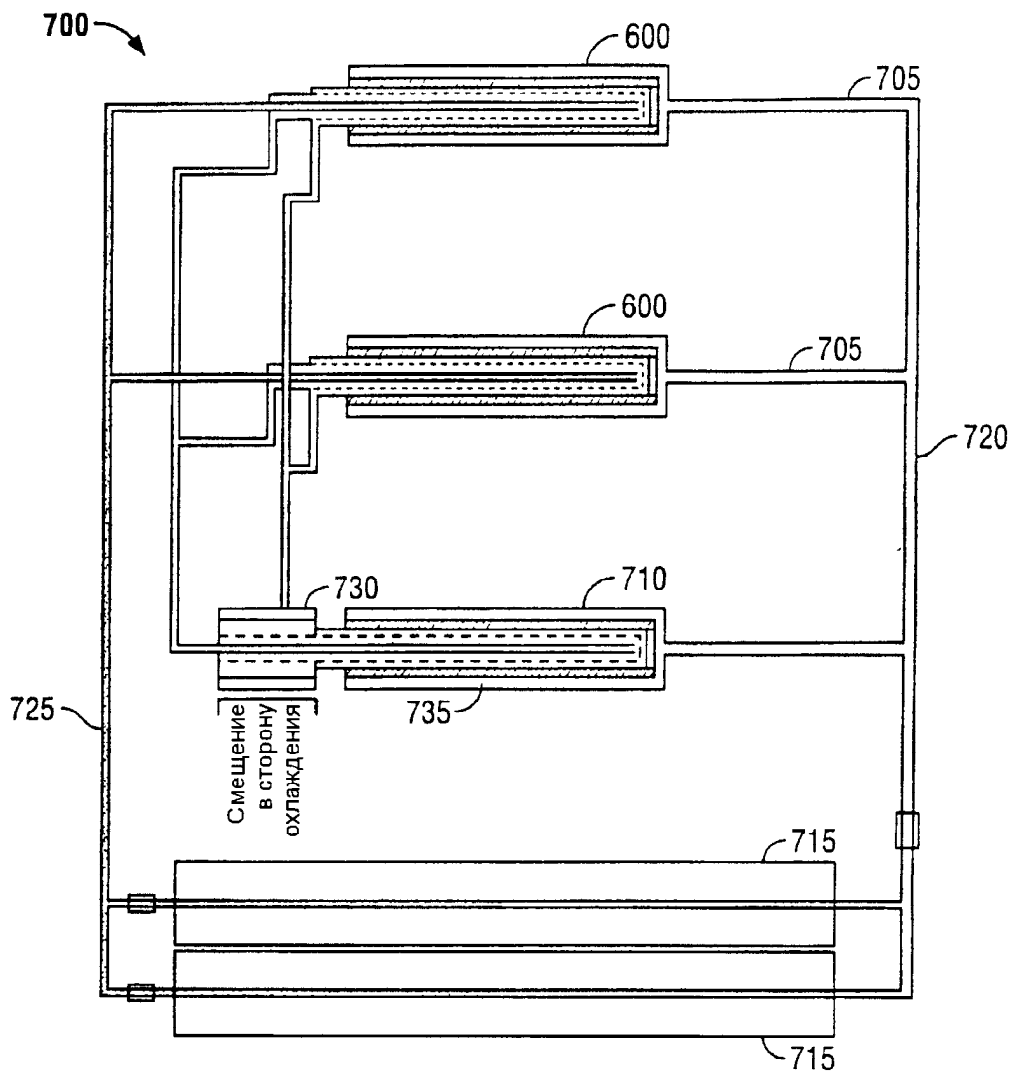
ФИГ. 5А



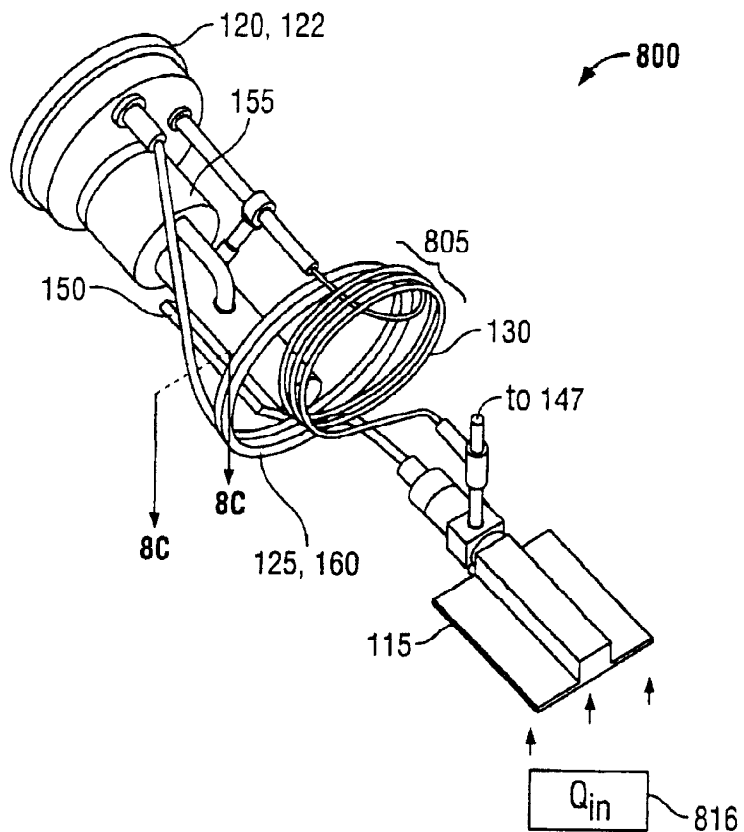
ФИГ. 5В



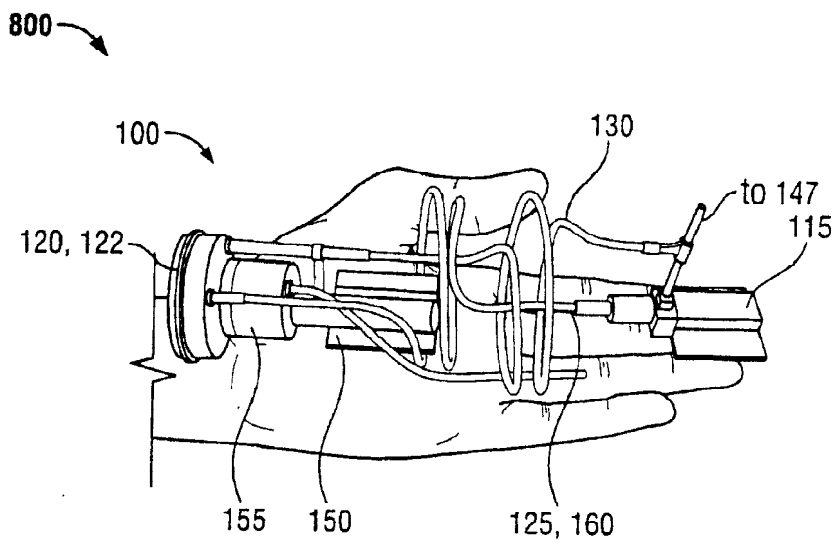
ФИГ. 6



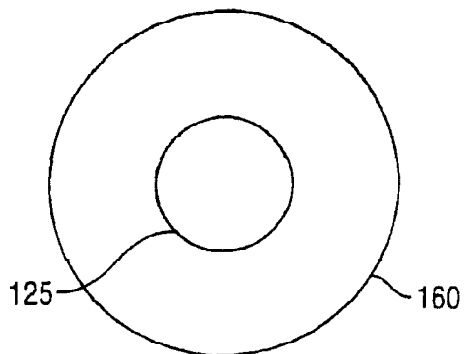
ФИГ. 7



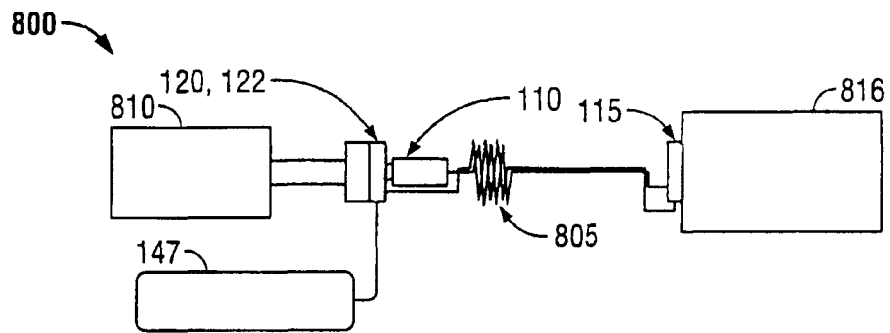
ФИГ. 8А



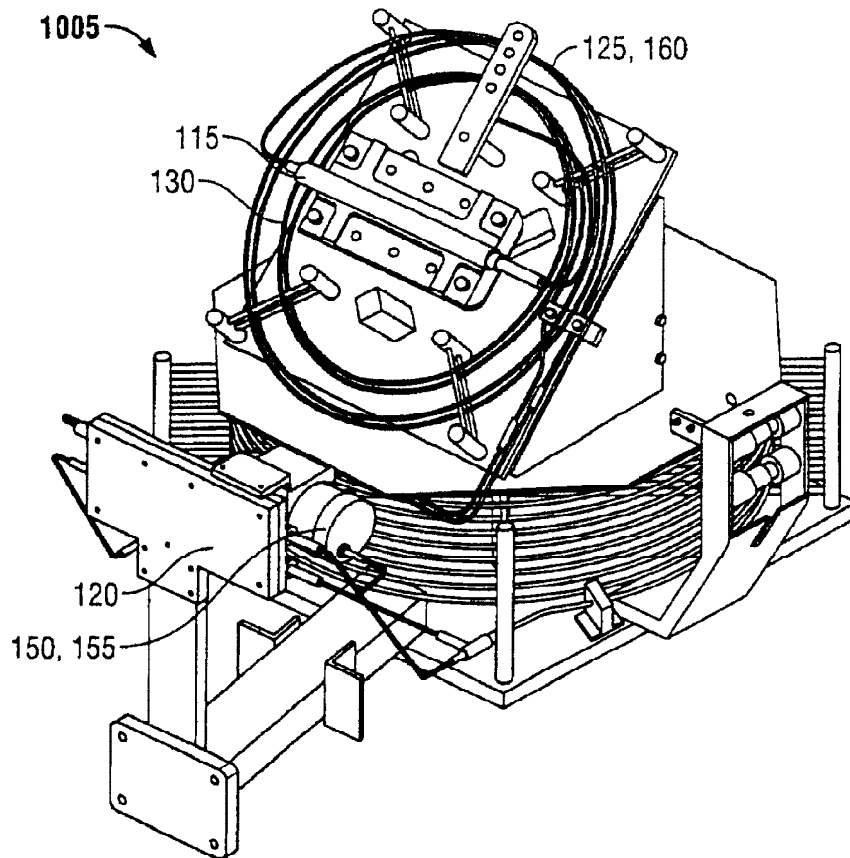
ФИГ. 8В



ФИГ. 8С

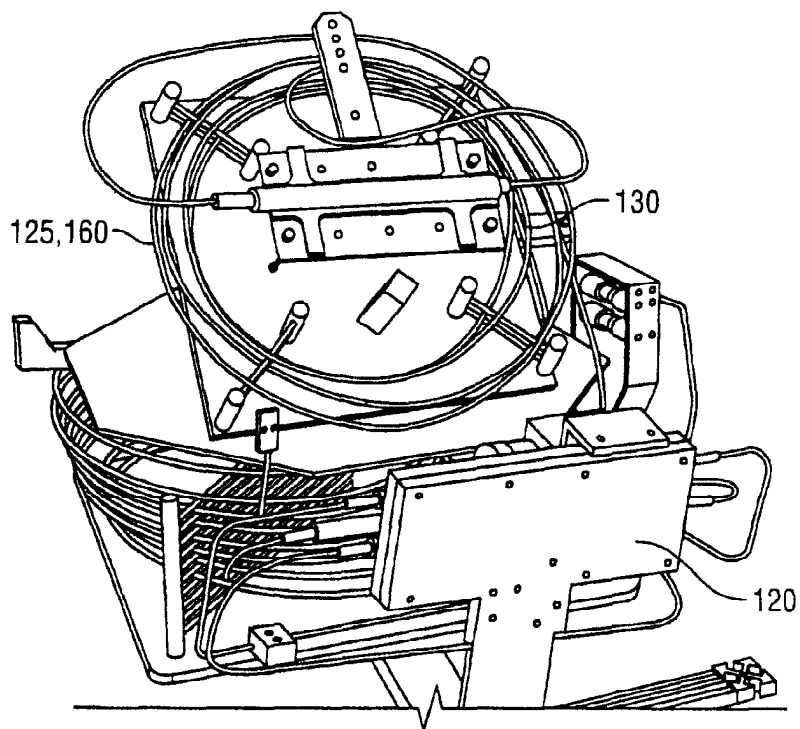


ФИГ. 8D



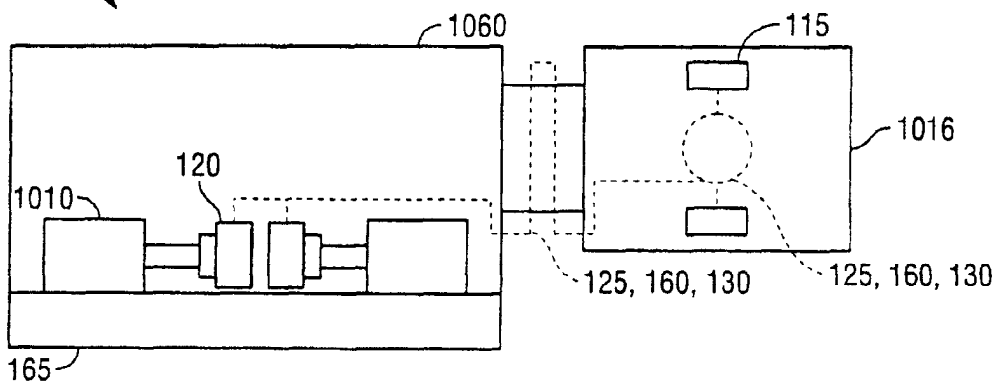
ФИГ. 9A

1005 →

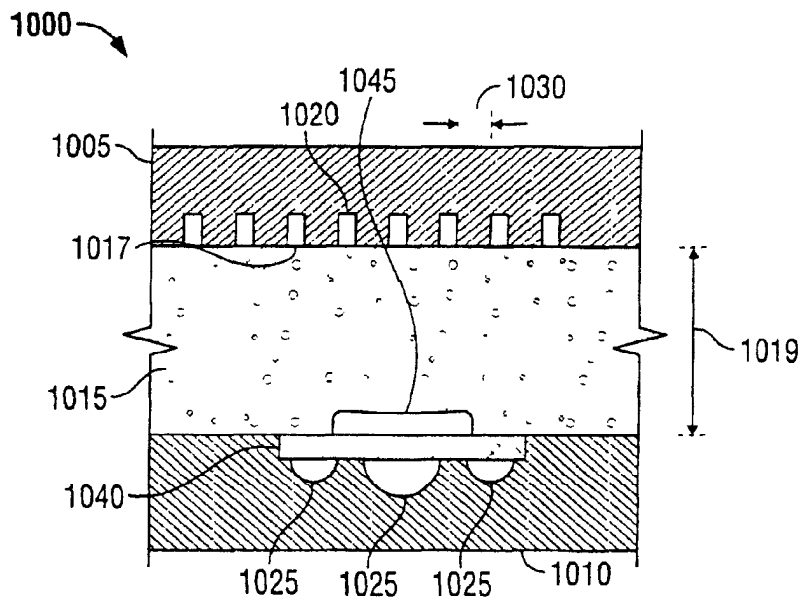


ФИГ. 9В

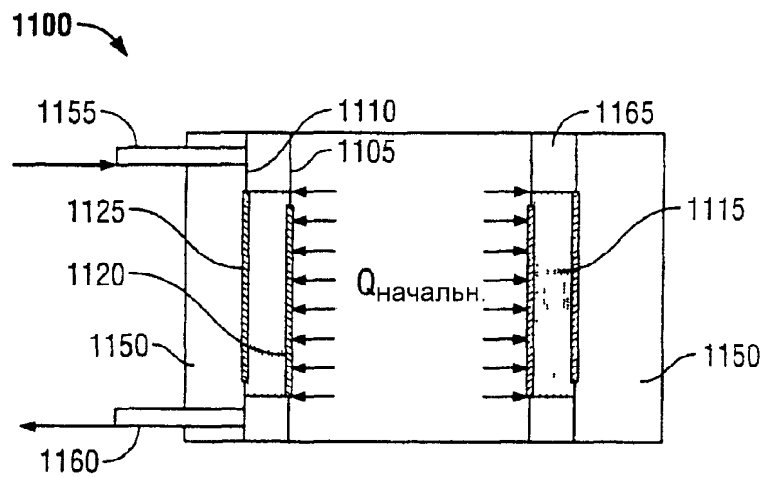
1005 →



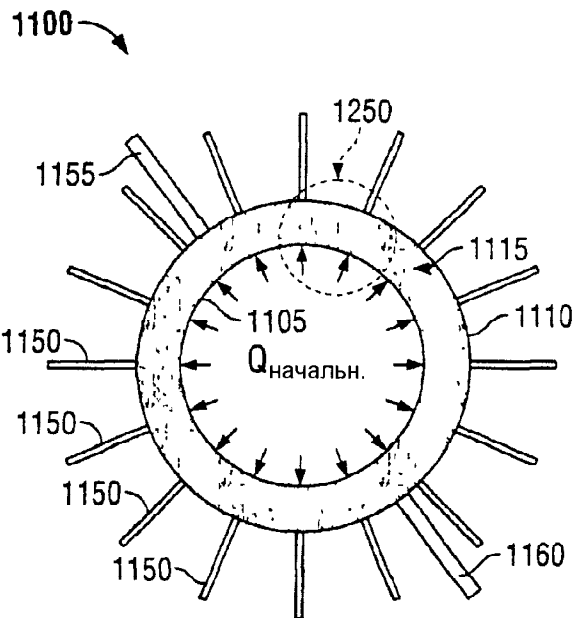
ФИГ. 9С



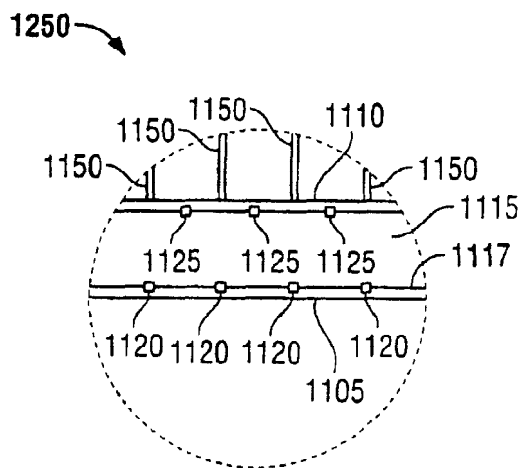
ФИГ. 10



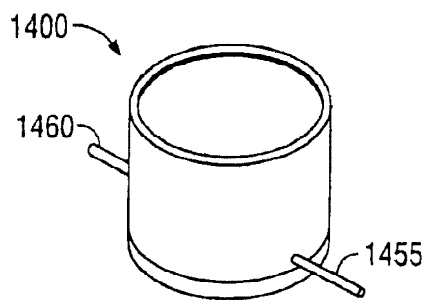
ФИГ. 11



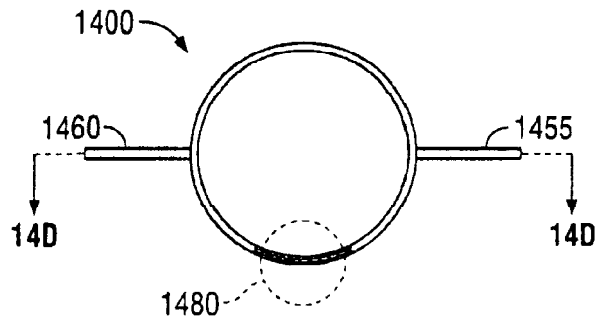
ФИГ. 12



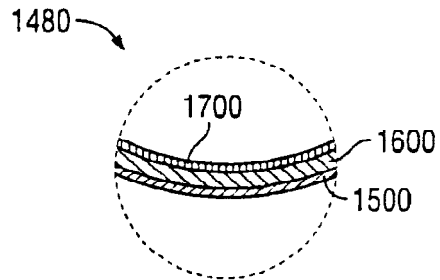
ФИГ. 13



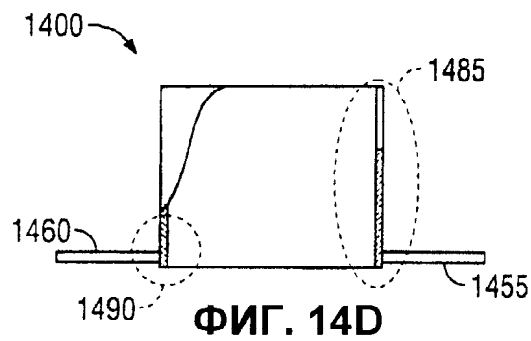
ФИГ. 14А



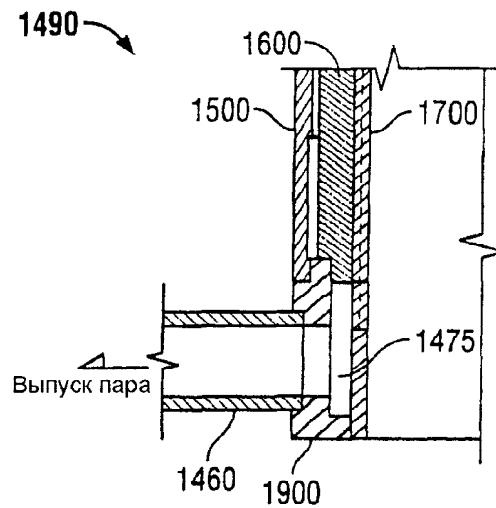
ФИГ. 14В



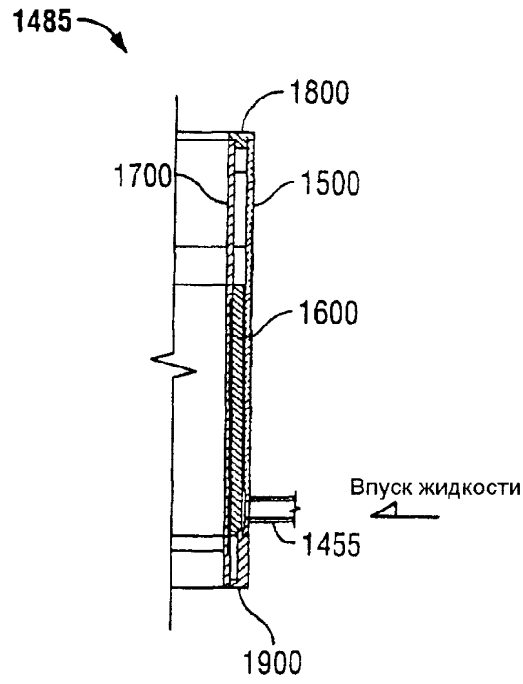
ФИГ. 14С



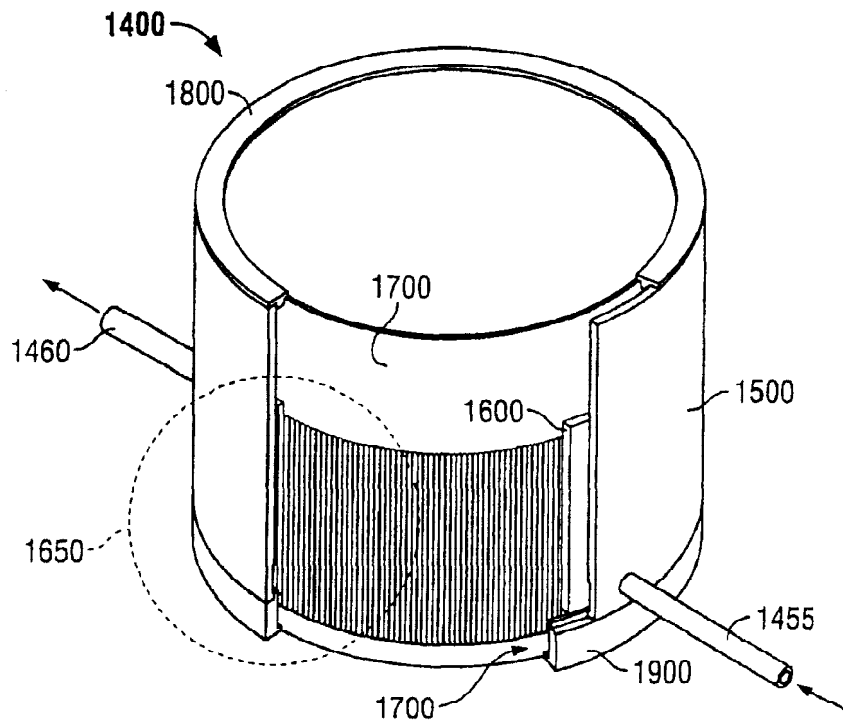
ФИГ. 14D



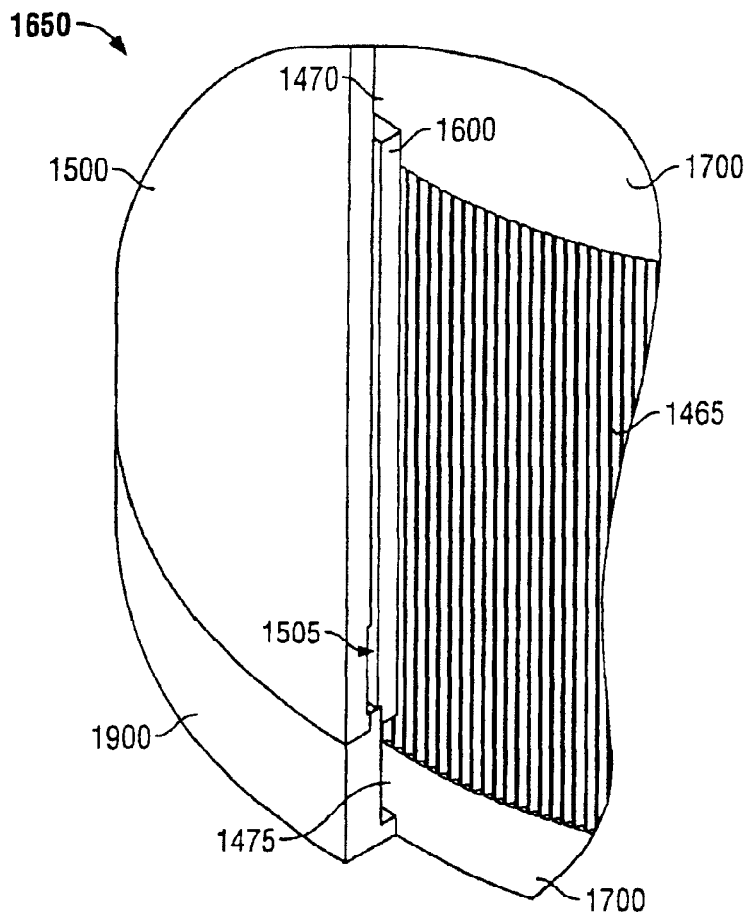
ФИГ. 14Е



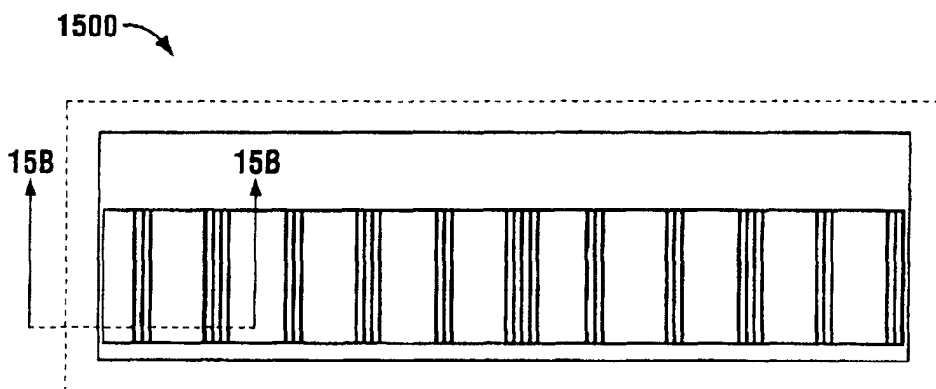
ФИГ. 14F



ФИГ. 14G



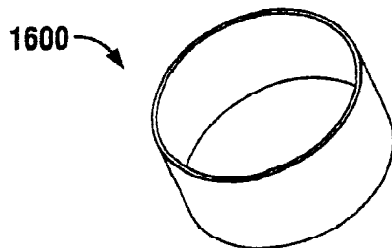
ФИГ. 14H



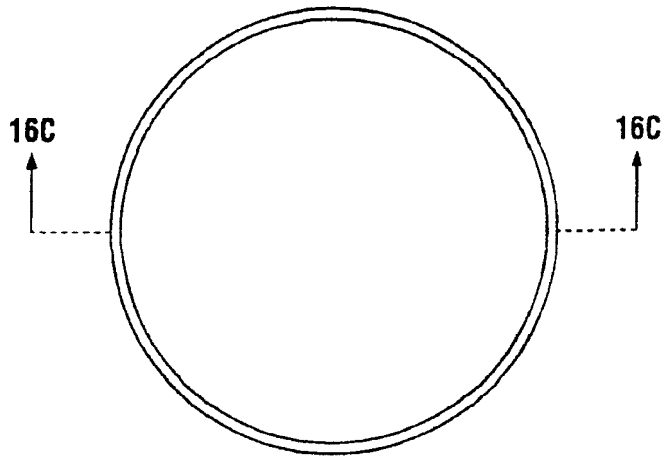
ФИГ. 15A



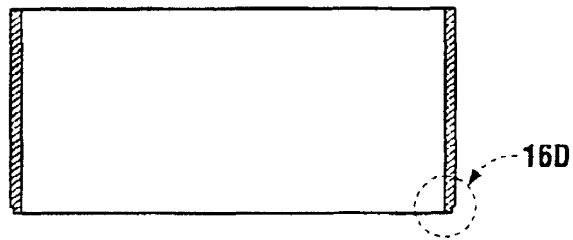
ФИГ. 15B



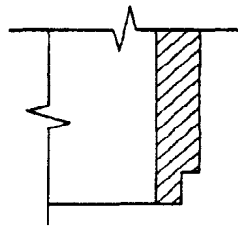
ФИГ. 16A



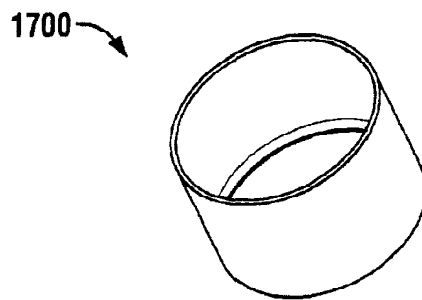
ФИГ. 16В



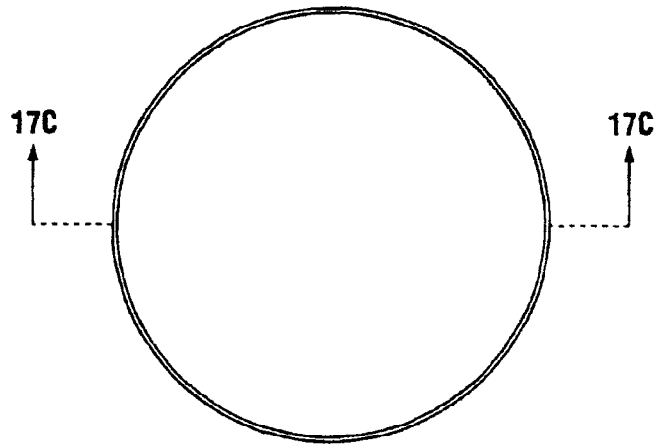
ФИГ. 16С



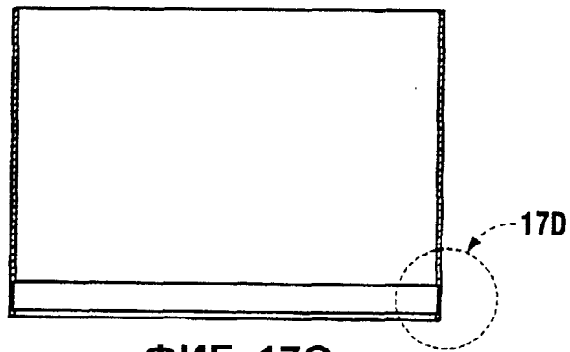
ФИГ. 16D



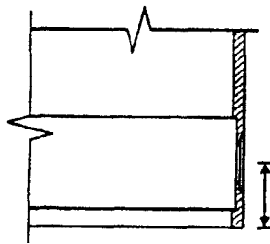
ФИГ. 17А



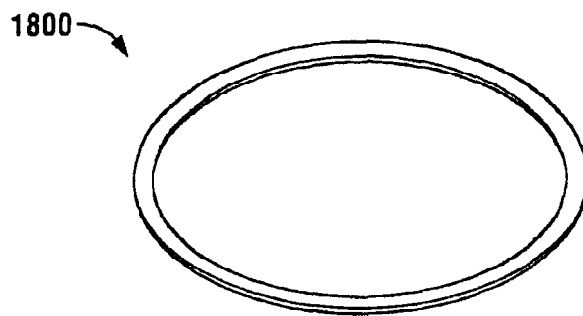
ФИГ. 17В



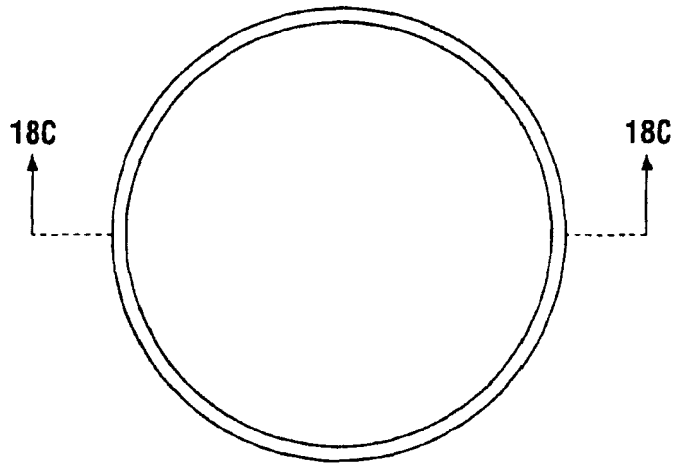
ФИГ. 17С



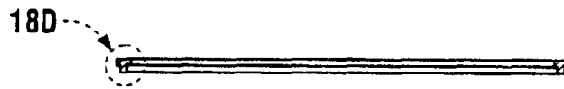
ФИГ. 17D



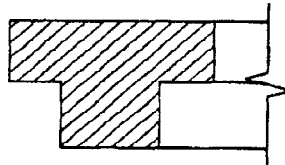
ФИГ. 18А



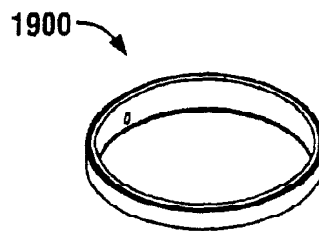
ФИГ. 18В



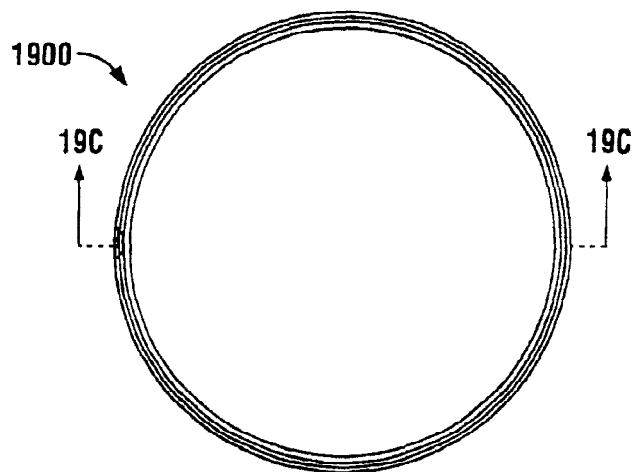
ФИГ. 18С



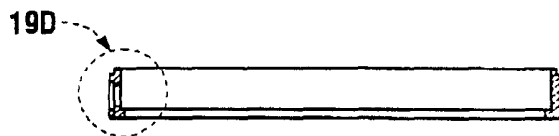
ФИГ. 18D



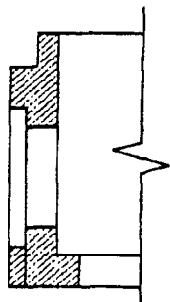
ФИГ. 19А



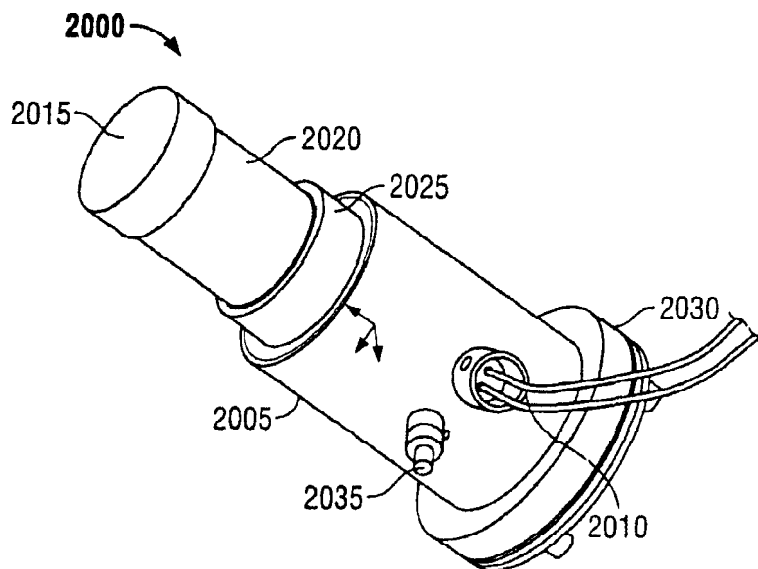
ФИГ. 19В



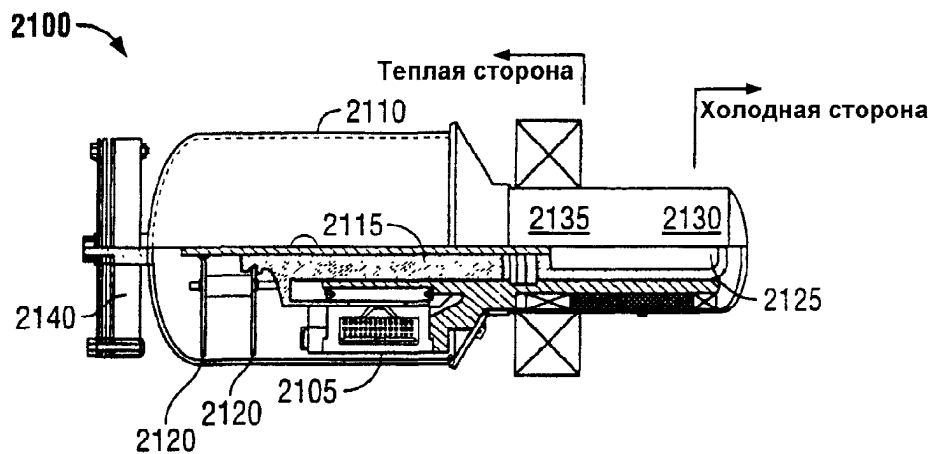
ФИГ. 19С



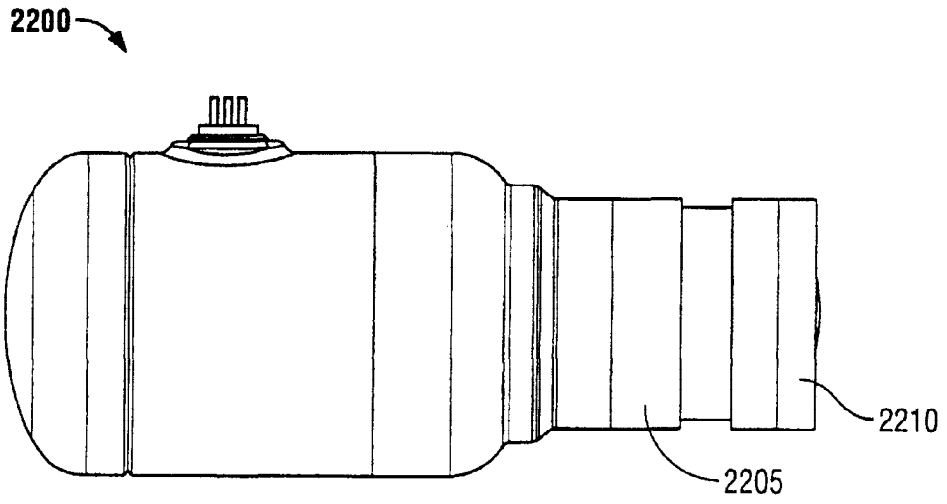
ФИГ. 19D



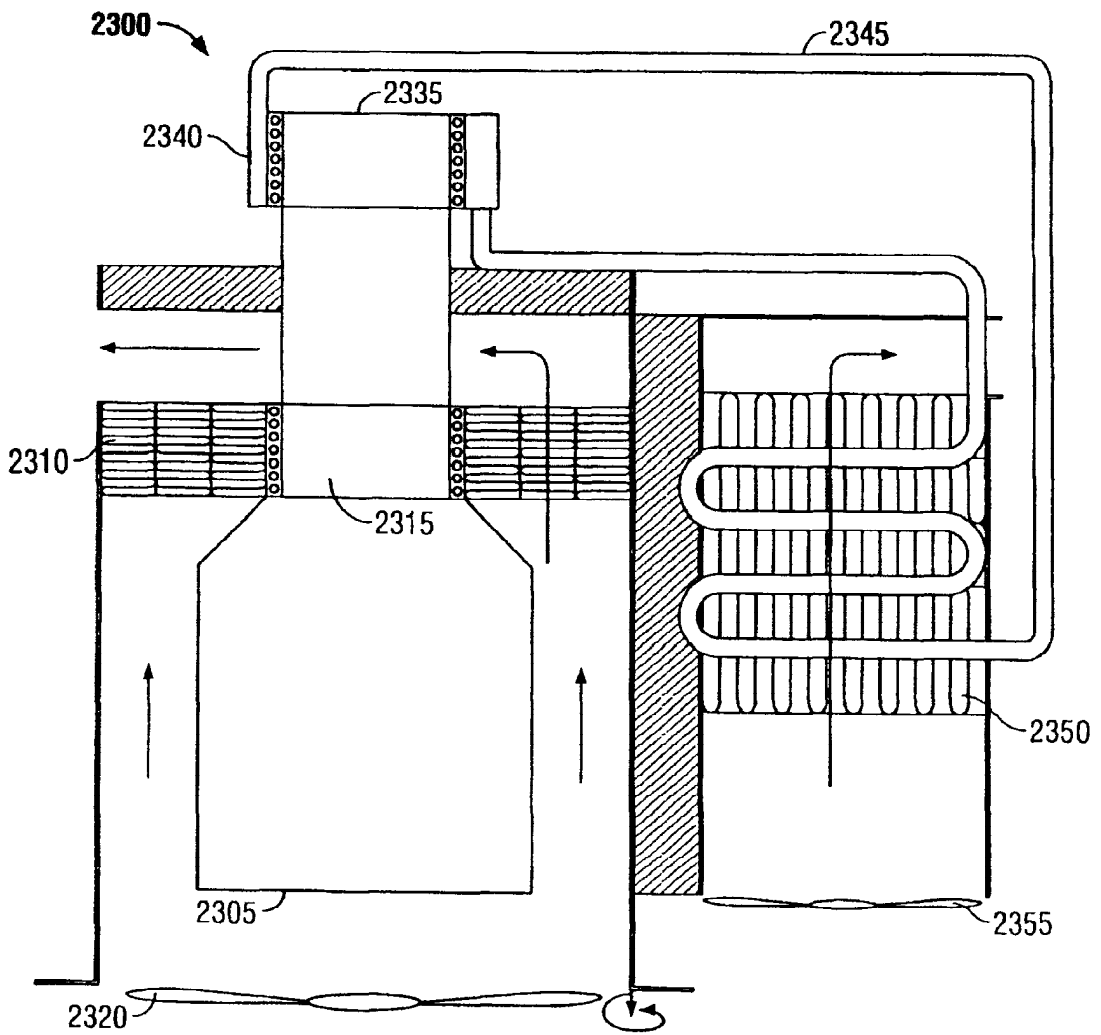
ФИГ. 20



ФИГ. 21

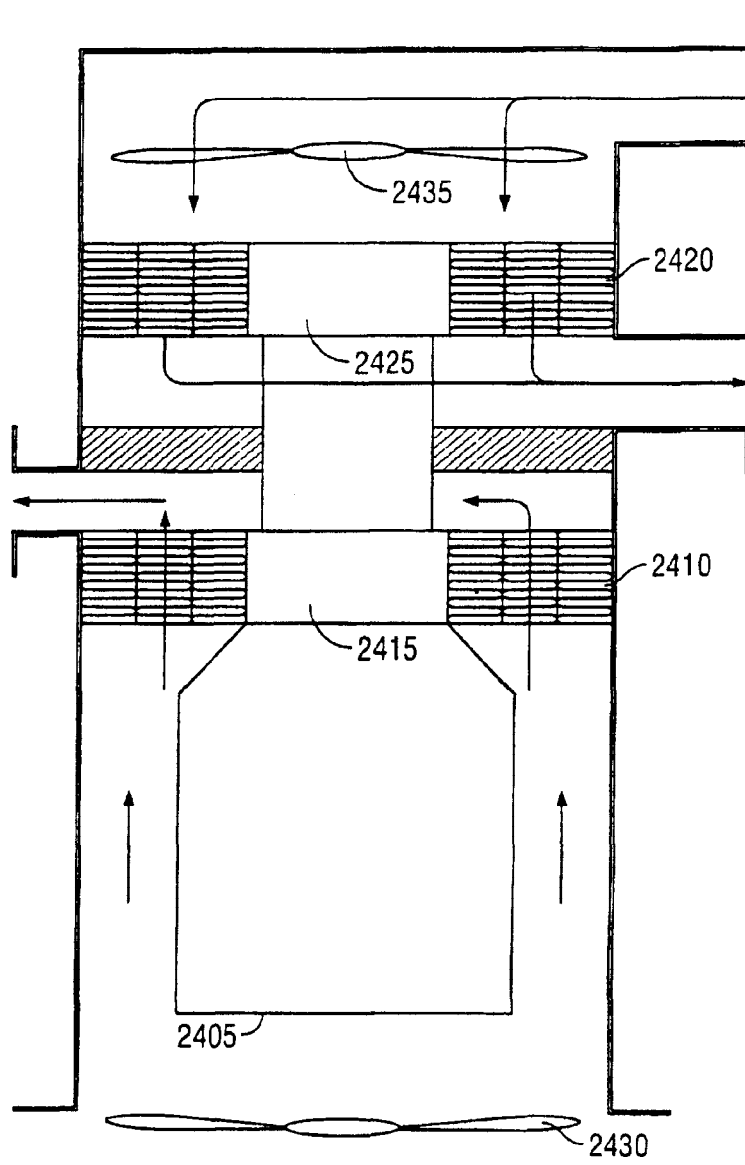


ФИГ. 22

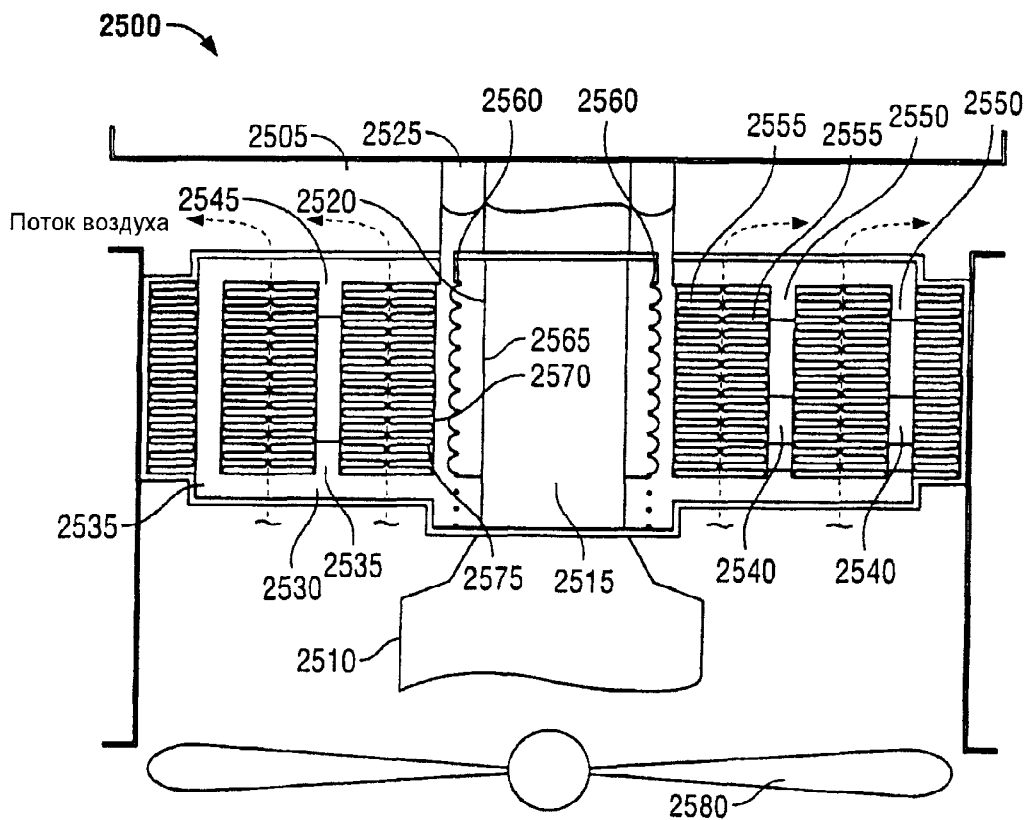


ФИГ. 23

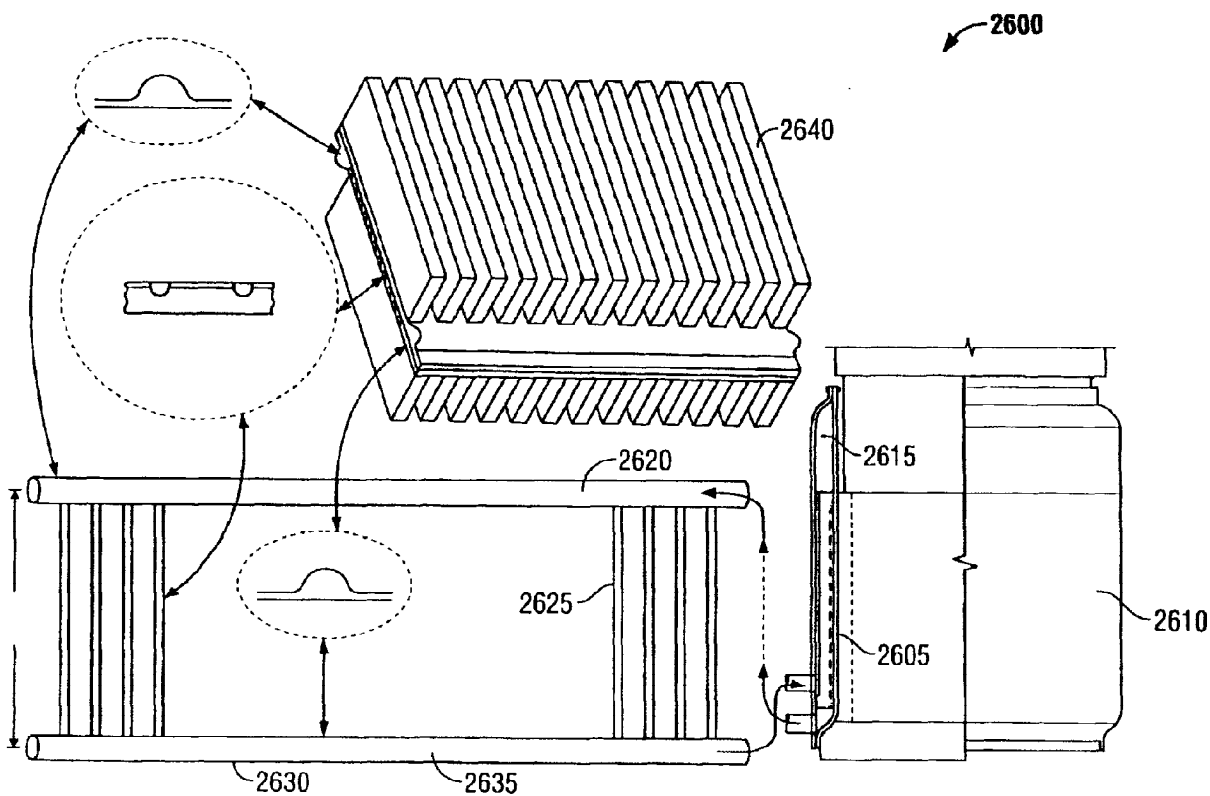
2400



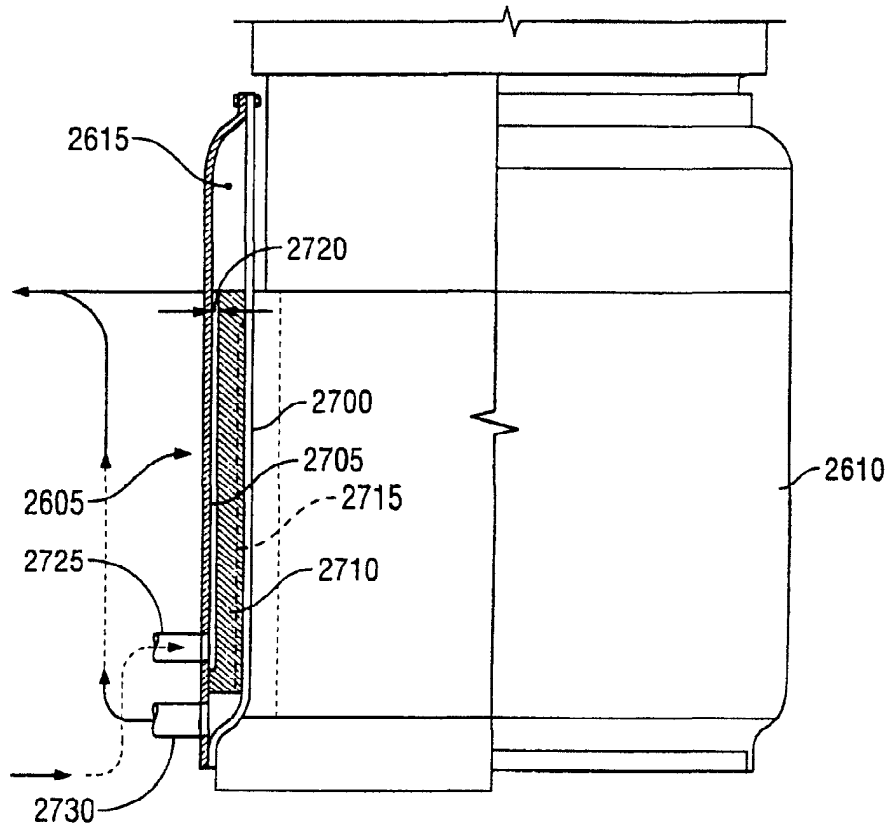
ФИГ. 24



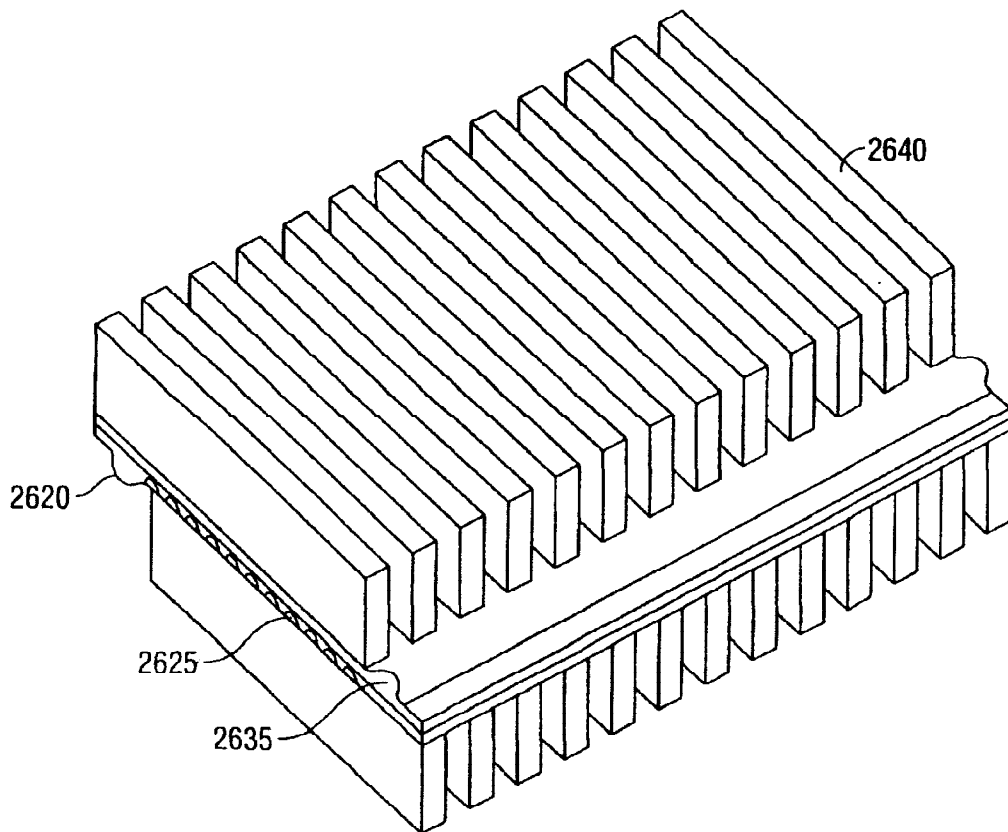
ФИГ. 25



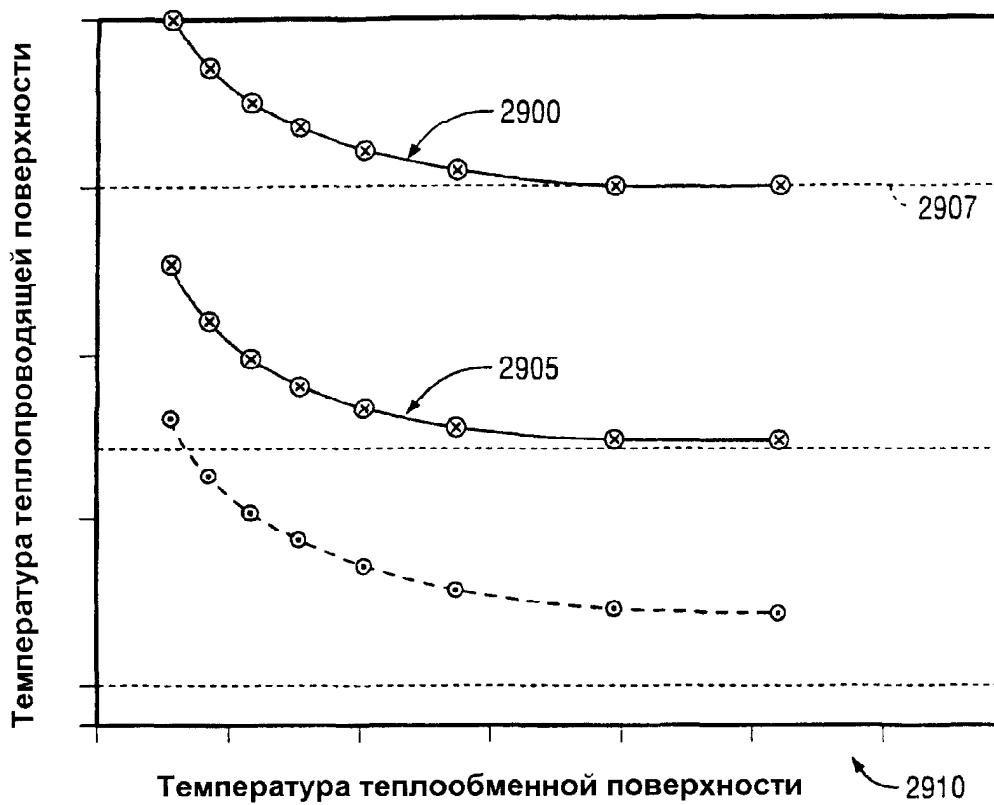
ФИГ. 26



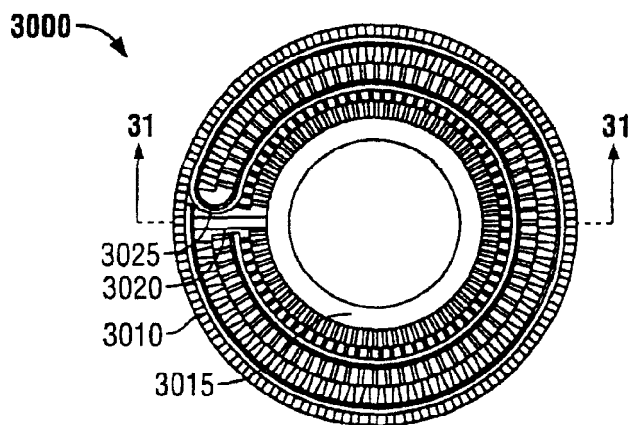
ФИГ.27



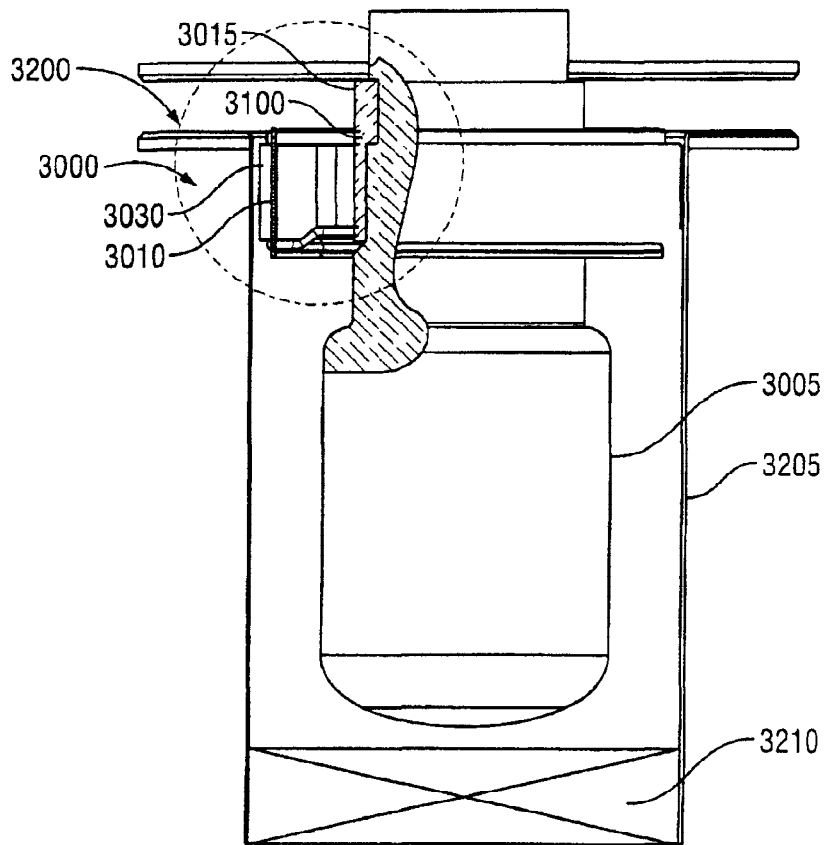
ФИГ. 28



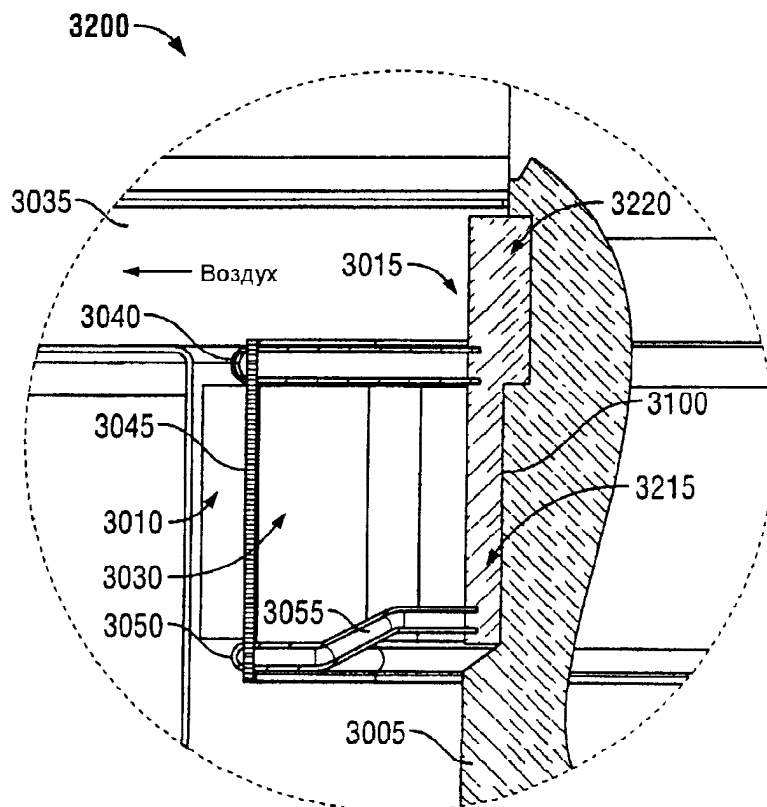
ФИГ. 29



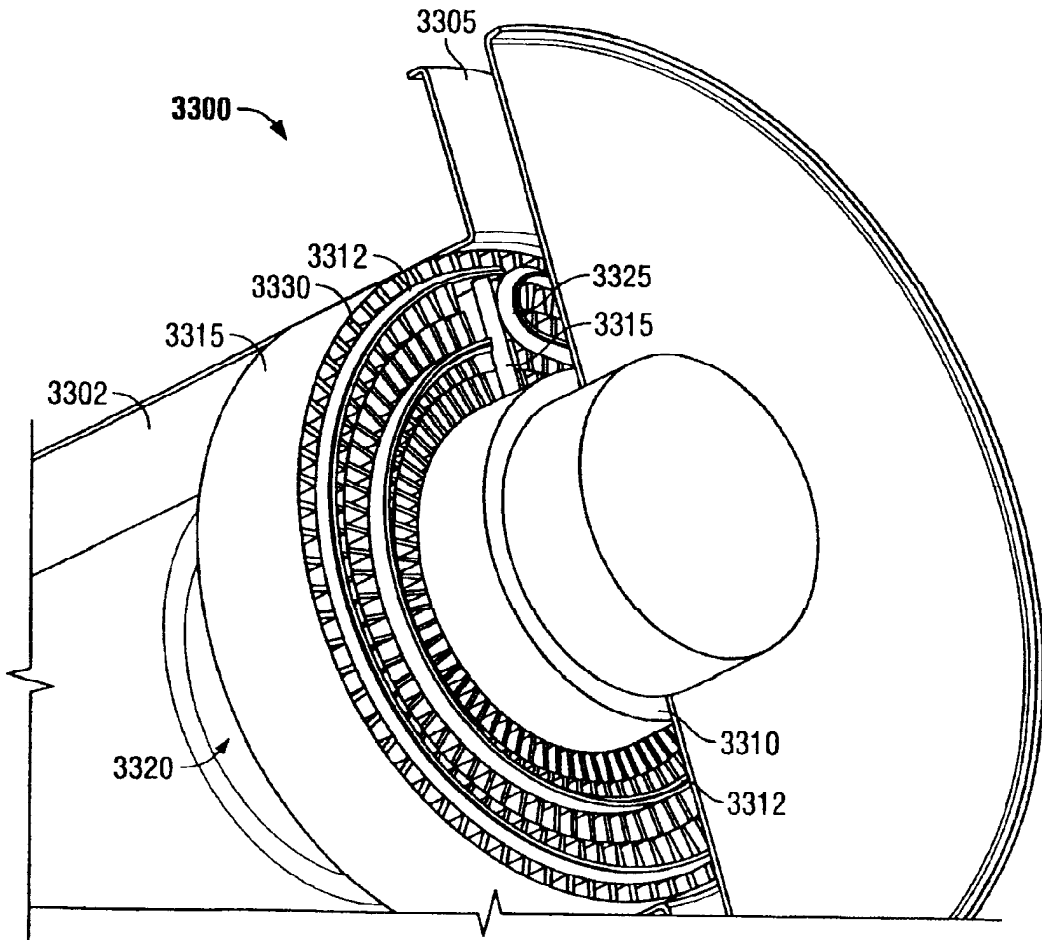
ФИГ. 30



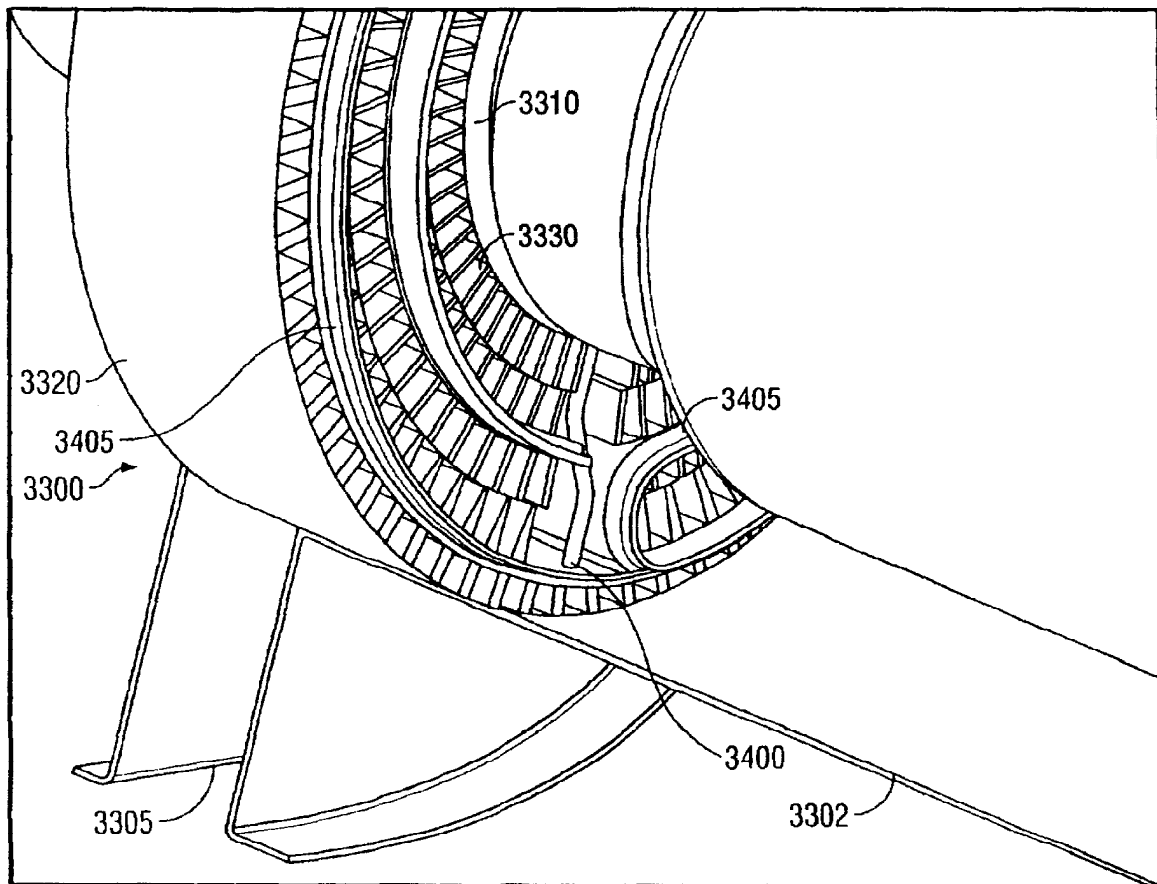
ФИГ. 31



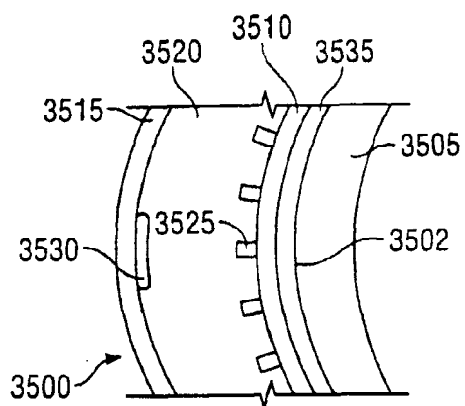
ФИГ. 32



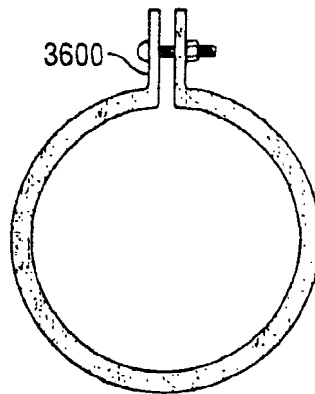
ФИГ. 33



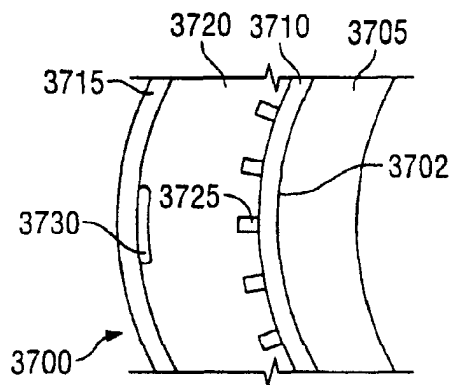
ФИГ. 34



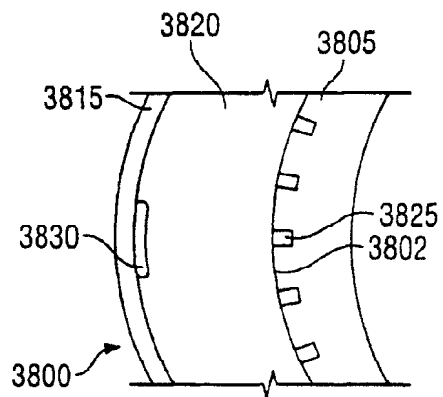
ФИГ. 35



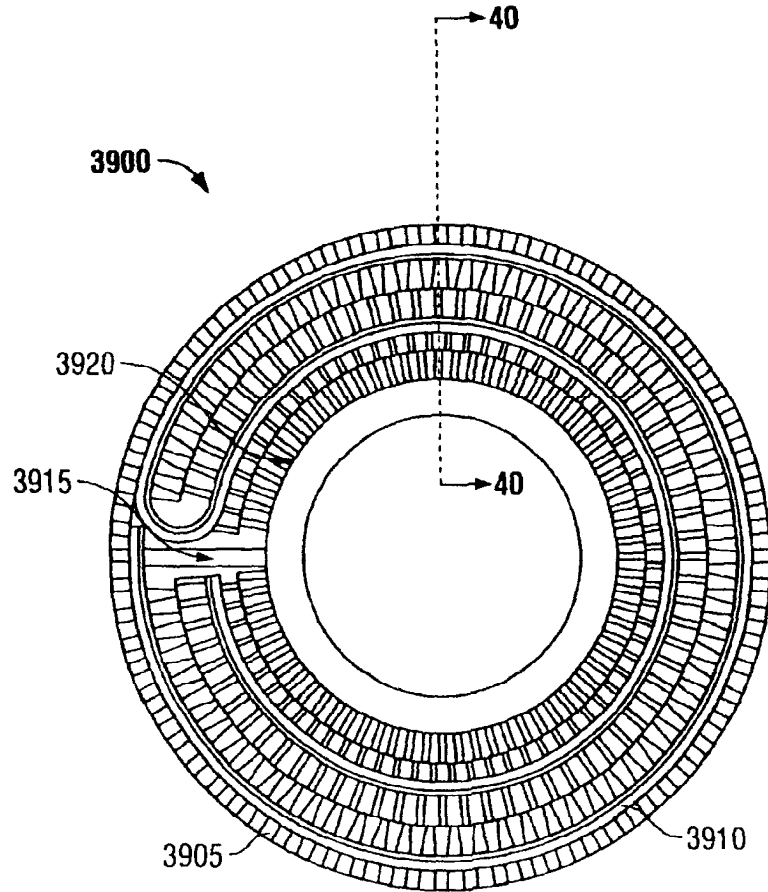
ФИГ. 36



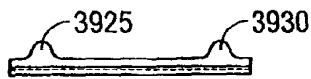
ФИГ. 37



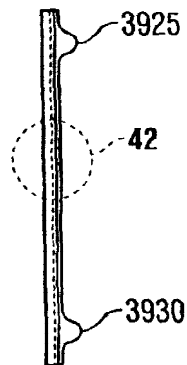
ФИГ. 38



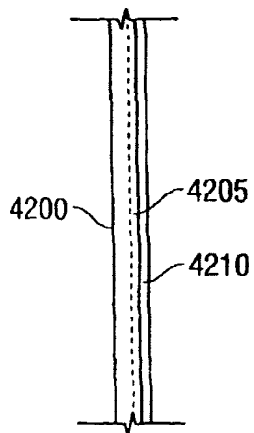
ФИГ. 39



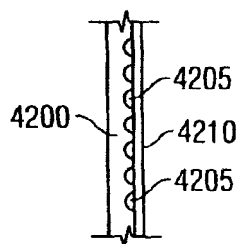
ФИГ. 40



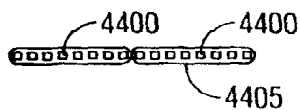
ФИГ. 41



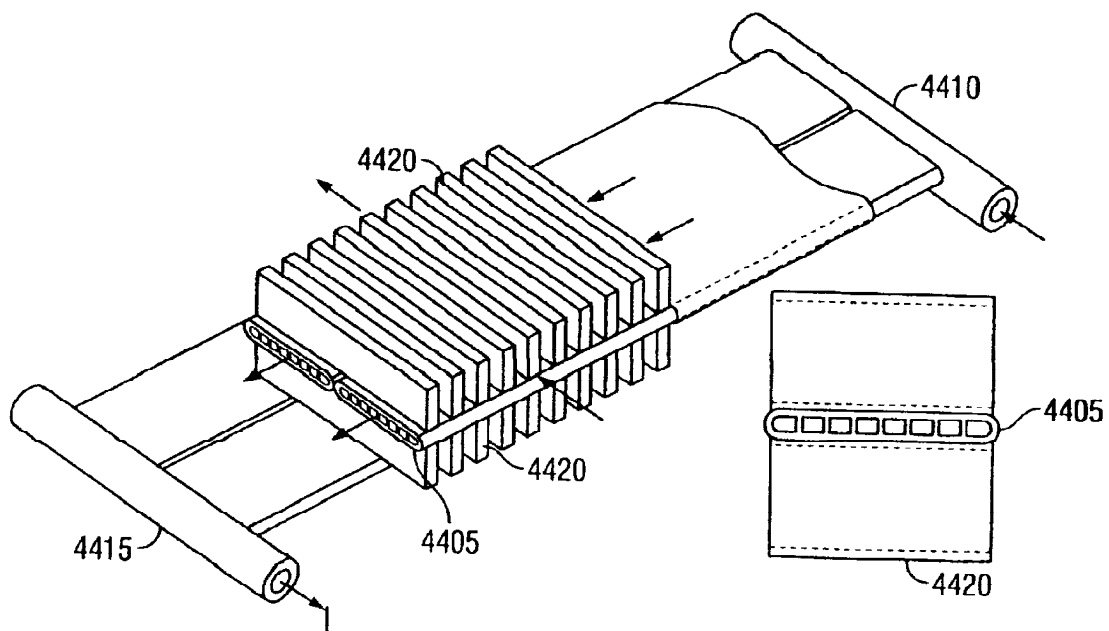
ФИГ. 42



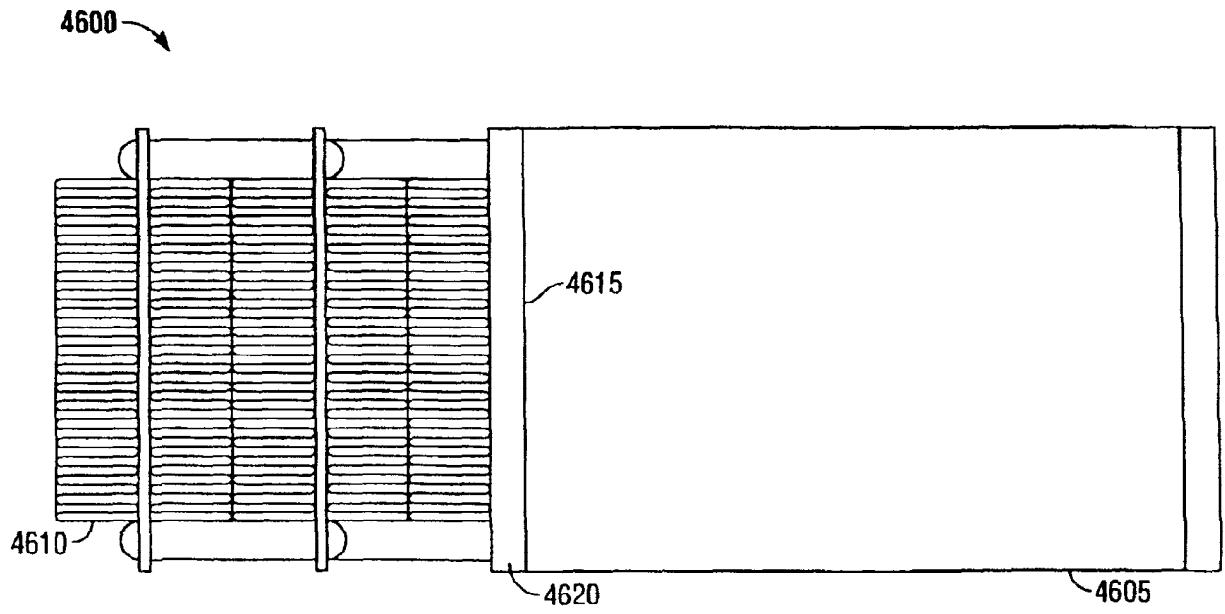
ФИГ. 43



ФИГ. 44



ФИГ. 45



ФИГ. 46