

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046584**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.03.27

(21) Номер заявки
202192141

(22) Дата подачи заявки
2021.08.31

(51) Int. Cl. **F28F 1/00** (2006.01)
F28F 3/00 (2006.01)
F28F 3/02 (2006.01)
F28D 9/00 (2006.01)
F28D 9/04 (2006.01)

(54) **ГАЗОТУРБИННАЯ СИСТЕМА**

(31) **63/074,215; 17/152,789**

(32) **2020.09.03; 2021.01.19**

(33) **US**

(43) **2022.03.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ТРАНСПОРТЕЙШН АЙПИ
ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)**

(72) Изобретатель:
**Равиндранат Баладжи Хосадургам
(IN)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(56) CN-A-101403576
JP-A-2006162179
US-A1-20050189092
WO-A2-0000778
CN-U-202470819

(57) Теплообменник содержит первый трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль первой оси и выполненный с возможностью перемещения первой текучей среды при первой температуре, и второй трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль второй оси трубопровода и выполненный с возможностью перемещения второй текучей среды при более низкой второй температуре. Теплообменник также содержит по меньшей мере одно ребро, имеющее первое отверстие для соединения с первым трубопроводом для переноса текучей среды и второе отверстие для соединения со вторым трубопроводом для переноса текучей среды. Указанное по меньшей мере одно ребро проходит вдоль оси ребра, которая образует острый или тупой угол по меньшей мере с одной осью из оси первого трубопровода и оси второго трубопровода.

B1

046584

046584

B1

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Приоритет настоящей заявки испрашивается по дате подачи предварительной заявки на патент США № 63/074,215, поданной 3 сентября 2020 г., включенной в настоящий документ посредством ссылки.

Предпосылки область техники

Описанное изобретение относится к теплообменникам.

Обсуждение уровня техники

Теплообменники используются во многих различных областях применения. Независимо от того, связаны они с турбиной, компрессором, установками для обогрева и кондиционирования воздуха и т.д., теплообменники передают тепло между двумя системами. Как правило, теплообменник содержит первый трубопровод для текучей среды, перемещающий из первой системы текучую среду, которая поступает в теплообменник при первой более высокой температуре, и второй трубопровод для текучей среды, перемещающий из второй системы текучую среду, которая поступает в теплообменник при второй, более низкой температуре. Внутри теплообменника тепло от текучей среды в первом трубопроводе для текучей среды передается текучей среде во втором трубопроводе для текучей среды. Таким образом, температура текучей среды в первом трубопроводе для текучей среды снижается внутри теплообменника, в то время как температура текучей среды во втором трубопроводе для текучей среды повышается. Затем для использования первый и второй трубопроводы могут выходить из теплообменника.

В качестве одного примера теплообменника предложен теплообменник, имеющий первый трубопровод и второй трубопровод, которые проходят через набор пластин или ребер. Ребра проходят от первого трубопровода для текучей среды до второго трубопровода для текучей среды для обеспечения пути передачи тепла от первого трубопровода ко второму трубопроводу. При этом, по мере дальнейшего усовершенствования механических устройств, желательно увеличить количество тепла, передаваемого от первого трубопровода ко второму трубопроводу, при наименьших затратах материала и усилий, необходимых для изготовления теплообменника. Может быть целесообразным обеспечить теплообменник, имеющий характеристики, которые отличаются от существующих.

Сущность изобретения

В одном или более вариантах выполнения теплообменник может содержать первый трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль первой оси и который может быть выполнен с возможностью перемещения первой текучей среды при первой температуре. Теплообменник может также содержать второй трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль второй оси трубопровода и выполненный с возможностью перемещения второй текучей среды при более низкой второй температуре, и по меньшей мере одно ребро, имеющее первое отверстие для соединения с первым трубопроводом для переноса текучей среды, и второе отверстие для соединения со вторым трубопроводом для переноса текучей среды. Указанное по меньшей мере одно ребро может проходить вдоль оси, которая образует острый или тупой угол по меньшей мере либо с осью первого трубопровода, либо с осью второго трубопровода.

В одном или более вариантах выполнения теплообменник может содержать трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль оси. Теплообменник также может иметь первое ребро, имеющее первое отверстие для вставления трубопровода для переноса текучей среды. Первое ребро может иметь переднюю поверхность и заднюю поверхность, причем передняя поверхность и задняя поверхность пересекают ось, образуя острый или тупой угол с этой осью.

В одном или более вариантах выполнения теплообменник может содержать первый трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль первой оси и выполненный с возможностью перемещения первой текучей среды при первой температуре, и второй трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль второй оси трубопровода и выполненный с возможностью перемещения второй текучей среды при более низкой второй температуре. Теплообменник может содержать первое ребро, которое имеет первое отверстие для вставления первого трубопровода для переноса текучей среды, и второе отверстие для вставления второго трубопровода для переноса текучей среды, при этом первое ребро проходит между первым трубопроводом для переноса текучей среды и вторым трубопроводом для переноса текучей среды. Теплообменник также может содержать второе ребро, которое имеет первое отверстие для вставления первого трубопровода для переноса текучей среды и второе отверстие для вставления второго трубопровода для переноса текучей среды, причем второе ребро расположено на расстоянии от первого ребра и проходит между первым трубопроводом для переноса текучей среды и вторым трубопроводом для переноса текучей среды. Кроме того, первый трубопровод для переноса текучей среды, второй трубопровод для переноса текучей среды, первое ребро и второе ребро могут образовывать ромбоид.

Краткое описание чертежей

Изобретение можно понять, прочитав следующее описание неограничивающих вариантов выполнения со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых ниже:

- фиг. 1 изображает схематический вид газотурбинной системы;
- фиг. 2 изображает вид сверху теплообменника;
- фиг. 3 изображает частичный вид в аксонометрии теплообменника;
- фиг. 4 изображает частичный вид в разрезе теплообменника; и
- фиг. 5 изображает вид спереди ребра теплообменника.

Подробное описание

Описанные в данном документе варианты выполнения изобретения относятся к теплообменнику, который содержит первый трубопровод для переноса текучей среды, поступающей в теплообменник при первой температуре и выходящей из теплообменника при второй температуре, которая ниже первой температуры. Теплообменник также содержит второй трубопровод для переноса текучей среды, поступающей в теплообменник при третьей температуре и выходящей из теплообменника при четвертой температуре, которая выше третьей температуры.

Указанные первый и второй трубопроводы соединены с набором ребер, которые расположены под углом относительно первого и второго трубопровода и образуют острый или тупой угол с каждым трубопроводом. В одном примере каждое ребро из набора ребер соединено друг с другом, подобно гармошке или пружине. За счет того, что ребра расположены под углом относительно первого и второго трубопровода, площадь поверхности ребра, контактирующего с каждым первым и вторым трубопроводом, увеличивается. В результате количество тепла, передаваемого от первого трубопровода ко второму трубопроводу для обеспечения характеристик потока и геометрических параметров, увеличивается по сравнению с теплообменником, не имеющим ребер, расположенных под острым или тупым углом относительно первого трубопровода и/или второго трубопровода. Кроме того, при размещении под углом высота теплообменника не увеличивается, что позволяет производить технологические изменения, увеличивающие количество передаваемой теплоты, которые не требуют дополнительных изменений, так что теплообменник может быть размещен в пределах заданной области.

Фиг. 1 изображает газотурбинную систему 100. Газотурбинная система содержит турбину 102, которая отводит тепло, выпускаемое в текучую среду в первом трубопроводе 104 для текучей среды. Текучая среда может представлять собой жидкость или газ, в том числе газ под высоким давлением. Подходящая жидкость может представлять собой воду, может представлять собой или включать воду в виде раствора или эмульсии, может быть паром, чистым веществом и т.п. Подходящий раствор может включать воду и гликоль. Другая жидкость может включать смазочные материалы, например, смазку двигателя. В текучую среду могут быть введены другие добавки, например, антикоррозионные, смазывающие, антипенные, дисперсанты и т.п. Эти добавки могут изменять состояние текучей среды и/или поверхностей, с которыми она контактирует. Подходящие газы могут включать воздух, хладагенты и побочные продукты сгорания.

Первый трубопровод для текучей среды может иметь круглое поперечное сечение, квадратное поперечное сечение, прямоугольное поперечное сечение и т.д. Первый трубопровод для текучей среды проходит в первый теплообменник 106, в котором набор ребер 108 передает тепло от первого трубопровода для текучей среды во второй трубопровод 110 для текучей среды, который выходит из теплообменника. Несмотря на то, что теплообменник описан применительно к газотурбинной системе лишь в иллюстративных целях, как вариант, теплообменник может быть частью устройства отопления и/или кондиционирования воздуха, двигателя или т.п. Второй трубопровод для текучей среды может передавать тепло, добавленное к находящейся в нем текучей среде, в очистное сооружение, повторно использовать нагретую текучую среду в газотурбинной системе или т.п. При этом первый трубопровод для текучей среды выходит из теплообменника и может быть направлен к компрессору 112.

В компрессоре текучая среда в первом трубопроводе для текучей среды сжимается и перемещается в третий трубопровод 114 для текучей среды, который перемещает текучую среду во второй теплообменник 116. В одном примере второй теплообменник может находиться в том же самом корпусе, что и первый теплообменник. С этой целью третий трубопровод для текучей среды может быть проточно соединен с одним или обоими, первым и вторым, трубопроводами для текучей среды. В одном примере третий трубопровод для текучей среды может перемещать охлажденную текучую среду во второй теплообменник, в котором, как вариант, может использоваться камера сгорания для повышения температуры текучей среды. В качестве альтернативы, нагретая текучая среда может подаваться четвертым трубопроводом 118 для текучей среды. В одном примере четвертый трубопровод для текучей среды проточно соединен с первым трубопроводом для текучей среды.

В одном примере только один теплообменник может иметь нагретую текучую среду, вытекающую из турбины, которая используется для нагрева текучей среды, поступающей в турбину. Таким образом, предлагается система компрессора и турбины, в которой может быть использован иллюстративный теплообменник или несколько теплообменников.

Фиг. 2 изображает частичный схематический вид сверху теплообменника 200, а фиг. 3 изображает частичный вид в аксонометрии теплообменника. Теплообменник содержит первый трубопровод 202 для переноса текучей среды и второй трубопровод 204 для переноса текучей среды. Как показано, первый и второй трубопроводы для переноса текучей среды имеют круглые поперечные сечения. В других примерах, аналогичных обсуждаемым применительно к показанному на фиг. 1. теплообменнику, каждый трубопровод для переноса текучей среды может иметь квадратное, прямоугольное, треугольное поперечное сечение и т.д. Текучая среда может представлять собой газ, смесь жидкости и газа, жидкость под высоким давлением, чистое вещество и т. д.

Первый трубопровод для переноса текучей среды проходит вдоль оси 206 первого трубопровода.

При этом, второй трубопровод для переноса текучей среды проходит вдоль оси 208 второго трубопровода. Ось первого трубопровода и ось второго трубопровода могут проходить параллельно друг другу. В качестве альтернативы, ось первого трубопровода и ось второго трубопровода могут быть расположены поперечно друг относительно друга.

Теплообменник дополнительно содержит набор ребер 210, которые проходят от первого конца 212 до второго конца 214 вдоль оси 215 ребер. В одном примере ребра выполнены из меди с целью улучшения возможностей теплопереноса. Каждое ребро содержит первое отверстие 216, в которое вставляется первый трубопровод для текучей среды, и второе отверстие 218, в которое вставляется второй трубопровод. В одном варианте выполнения между отверстием и трубопроводом может быть расположено уплотнение. Подходящие материалы для уплотнения могут включать металлы, в частности, мягкие металлы, такие как медь, алюминий, цинк и свинец. Другие подходящие материалы могут включать полимеры, в частности, полимерные материалы, способные выдерживать высокие температуры. Такие полимерные материалы могут включать наполнители, причем указанные наполнители могут быть неполимерными. Примером наполненного полимера может быть нейлон, наполненный частицами меди. В одном варианте выполнения уплотнение может иметь дополнительные характеристики, улучшающие теплоперенос, присутствующие термогелю или клею. Этот состав может использоваться не только для герметизации полости, но и для улучшения теплопереноса между трубопроводом для текучей среды и ребром.

Каждое ребро расположено под таким углом, что ось ребра образует либо острый, либо тупой угол с первым трубопроводом для текучей среды и вторым трубопроводом для текучей среды. В одном примере каждое ребро может быть расположено параллельно другому ребру. В частности, первый трубопровод для переноса текучей среды, второй трубопровод для переноса текучей среды, первое и второе ребро образуют ромбоид таким образом, что вдоль трубопроводов для переноса текучей среды образовано множество ромбоидов. Кроме того, угол, образованный ребром с указанными первым и вторым трубопроводами, может быть разным, в том числе, если ребро выполнено штампованным или изогнутым. Например, ребро может образовывать угол 45° с первым трубопроводом для переноса текучей среды 45° и быть изогнутым для образования угла 60° со вторым трубопроводом для переноса текучей среды.

В результате размещения оси ребра под углом относительно первого и второго трубопроводов для переноса текучей среды, в примере с трубопроводом, имеющим круглое поперечное сечение, периметр первого и второго отверстия образуют, соответственно, первый удлиненный эллипс и второй удлиненный эллипс. Следовательно, площадь периметра эллиптического отверстия больше, чем если бы ось ребра была направлена перпендикулярно первому трубопроводу для текучей среды и/или второму трубопроводу для текучей среды и отверстие было бы просто круглым отверстием. Это правило применимо к трубопроводу, имеющему круглое поперечное сечение. Из-за увеличения площади поверхности между контактным или проводящим каналом между трубопроводами для переноса текучей среды и соответствующим ребром, от трубопровода для переноса текучей среды к ребру передается большее количество тепла, по сравнению с трубопроводом для переноса текучей среды и ребрами, где площадь поверхности меньше.

В одном примере острый угол между осью по меньшей мере одного ребра и осью первого трубопровода и/или осью второго трубопровода составляет приблизительно сорок пять градусов (45°). Подходящий тупой угол может составлять сто тридцать пять градусов (135°). Подходящий угол между осью по меньшей мере одного ребра и осью первого трубопровода и/или осью второго трубопровода может составлять от 15° до 75° , от 75° до 105° или от 105° до 155° . В одном варианте выполнения подходящий угол между осью по меньшей мере одного ребра и осью первого трубопровода и/или осью второго трубопровода может составлять менее 25° . В одном варианте выполнения подходящий угол между осью по меньшей мере одного ребра и осью первого трубопровода и/или осью второго трубопровода может составлять более 155° . Выбор угла может быть основан на применении конкретных критериев.

В целом, благодаря увеличению площади поверхности, которая соприкасается и примыкает к каждому трубопроводу для переноса текучей среды, увеличивается поверхность теплопереноса путем проводимости между соответствующим трубопроводом для текучей среды и ребром, что приводит к повышенному и более эффективному теплопереносу между соответствующим трубопроводом для текучей среды и ребром. Кроме того, поскольку ребра расположены под углом, такой увеличенный и более эффективный теплоперенос может быть достигнут без увеличения размеров (высоты, длины или ширины) теплообменника. Следовательно, повышенный теплоперенос и более эффективный теплоперенос достигаются без дополнительных конструктивных ограничений, которые могут сказываться на размещении теплообменника в используемой системе. Таким образом, как описано, теплообменник можно использовать для замены существующих теплообменников. С этой целью, поскольку при размещении ребер под углом передается большее количество тепла, для достижения необходимого теплопереноса может быть использовано меньшее количество ребер, что позволяет уменьшить размер и вес теплообменника, обеспечивая существенную гибкость конструкции. Кроме того, размещение ребер под углом можно легко выполнить в процессе изготовления.

Фиг. 4 изображает альтернативный теплообменник 400. В варианте выполнения, показанном на фиг. 4, теплообменник также содержит первый трубопровод 402 для переноса текучей среды и второй

трубопровод 404 для переноса текучей среды, аналогично варианту выполнения, показанному на фиг. 2 и 3. Первый трубопровод для переноса текучей среды также имеет ось 406 первого трубопровода и ось 408 второго трубопровода. Теплообменник также содержит набор ребер 410, которые проходят от первого конца 412 до второго конца 414 вдоль оси 415 ребра.

Каждое ребро может иметь первое отверстие 416, в которое вставляется первый трубопровод для переноса текучей среды, и второе отверстие 418, причем ось первого трубопровода и ось второго трубопровода расположены поперечно или под углом относительно оси ребра. При этом в примере, показанном на фиг. 4, несколько ребер представляют собой цельную конструкцию. В частности, второй конец 414а первого ребра 410 соединяется с первым концом 412b второго ребра 410b по шву 420. Таким образом, набор ребер образует гармошку или пружинное тело. Далее в ходе одного производственного процесса для размещения первого и второго отверстий для трубопроводов в каждом из ребер может быть выполнен лазерный разрез. Соответственно, время изготовления может быть сокращено.

Фиг. 5 изображает вид спереди иллюстративного примера ребра 500. Ребро может содержать первое отверстие 502 трубопровода, второе отверстие 504 трубопровода и третье отверстие 506 трубопровода. В частности, первое отверстие трубопровода может использоваться для вставления первого трубопровода для переноса текучей среды, который выполнен с возможностью переноса первой текучей среды с высокой температурой, при этом второе и третье отверстия трубопровода могут использоваться для вставления трубопроводов для переноса текучей среды, которые выполнены с возможностью переноса второй и третьей текучих сред, имеющих такую же или другую температуру, по сравнению с температурой в первом трубопроводе. Второе и третье отверстия могут использоваться для вставления трубопроводов для переноса текучей среды с более низкой температурой, так что ребро передает тепло от первого трубопровода для переноса текучей среды как ко второму, так и к третьему трубопроводу для переноса текучей среды. Ребро может также иметь набор расположенных в нем пазов 508. Указанные пазы не только уменьшают величину перепада давления в ребре, но также дополнительно увеличивают площадь поверхности ребра для увеличения теплопереноса.

Как вариант, конструктивный элемент 510 может быть расположен вокруг каждого ребра для обеспечения дополнительной охлаждающей способности теплообменника путем использования четвертой текучей среды, которая проходит в направлении плоскости ребра или образует угол с плоскостью. В частности, из-за наличия отверстий и пазов, расположенных в каждом ребре, конструктивные элементы могут быть расположены для дополнительной поддержки, если имеется необходимость поддержания конструктивной целостности теплообменника.

Таким образом, предложен теплообменник с расположенными под углом ребрами, которые передают тепло от трубопровода, содержащего первую высокотемпературную текучую среду, к по меньшей мере одному трубопроводу, выполненному с возможностью содержания второй низкотемпературной текучей среды. Благодаря размещению ребер под углом или наклонно обеспечивается дополнительная площадь поверхности ребра на единицу длины трубопровода для текучей среды. Следовательно, между трубопроводом, выполненным с возможностью вмещения высокотемпературной текучей среды, и каждым ребром из набора ребер может передаваться большее количество тепла. Технологичность изготовления и сборки может быть улучшена при сохранении конструкции или размера упаковки. С этой целью, при необходимости, размер теплообменника может быть уменьшен, тем самым повышая возможности конструкции.

В одном или более вариантах выполнения теплообменник может содержать первый трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль первой оси и выполненный с возможностью перемещения первой текучей среды при первой температуре. Теплообменник может содержать второй трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль второй оси трубопровода и выполненный с возможностью перемещения второй текучей среды при более низкой второй температуре, и по меньшей мере одно ребро, имеющее первое отверстие для соединения с первым трубопроводом для переноса текучей среды, и второе отверстие для соединения со вторым трубопроводом для переноса текучей среды. Указанное по меньшей мере одно ребро может проходить вдоль оси ребра, которая образует острый или тупой угол с по меньшей мере одной осью из оси первого трубопровода и оси второго трубопровода.

В одном варианте выполнения первый трубопровод для переноса текучей среды имеет по меньшей мере одно из следующих поперечных сечений: круглое поперечное сечение, прямоугольное поперечное сечение или треугольное поперечное сечение. В одном варианте выполнения ось первого трубопровода может быть параллельна оси второго трубопровода. В одном варианте выполнения указанное по меньшей мере одно ребро может представлять собой первое ребро, расположенное параллельно второму ребру. В одном варианте выполнения острый угол, образованный между осью ребра и указанной по меньшей мере осью первого трубопровода или осью второго трубопровода, может составлять от 15 до 75°, или тупой угол, образованный между осью ребра и указанной по меньшей мере осью первого трубопровода или осью второго трубопровода, может составлять от 105 до 175°.

В одном варианте выполнения в качестве первой текучей среды первый трубопровод может перемещать по меньшей мере воду, пар или воздух. В одном варианте выполнения ось ребра может образовывать первый острый угол с осью первого трубопровода и второй острый угол с осью второго трубо-

провода, или ось ребра может образовывать первый тупой угол с осью первого трубопровода и второй тупой угол с осью второго трубопровода. В одном варианте выполнения первый острый угол и второй острый угол являются равными по величине, или первый тупой угол и второй тупой угол являются равными по величине. В одном варианте выполнения металлический материал может окружать первое отверстие или второе отверстие для передачи тепловой энергии между (а) первым трубопроводом для переноса текучей среды или вторым трубопроводом для переноса текучей среды и (б) указанным по меньшей мере одним ребром. В одном варианте выполнения по меньшей мере одно ребро может иметь набор расположенных в нем пазов. В одном или более вариантах выполнения может быть предложен теплообменник, который может содержать трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль оси. Теплообменник может иметь первое ребро, имеющее первое отверстие для вставления трубопровода для переноса текучей среды. Первое ребро может иметь переднюю поверхность и заднюю поверхность, причем как передняя поверхность, так и задняя поверхность пересекают ось, образуя острый или тупой угол с осью. В одном варианте выполнения трубопровод для переноса текучей среды может быть первым трубопроводом для переноса текучей среды, причем ось может быть первой осью, при этом теплообменник также может содержать второй трубопровод для переноса текучей среды, который может иметь вторую ось. Как передняя поверхность, так и задняя поверхность первого ребра может пересекать вторую ось, образуя острый или тупой угол со второй осью. В одном варианте выполнения теплообменник может содержать второе ребро, расположенное параллельно первому ребру.

В одном варианте выполнения указанный острый или тупой угол может представлять собой острый угол, который может составлять от 15 до 75°, или тупой угол, который может составлять от 105 до 175°. В одном или более вариантах выполнения теплообменник может содержать первый трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль первой оси и выполненный с возможностью перемещения первой текучей среды при первой температуре, и второй трубопровод для переноса текучей среды, проходящий вдоль второй оси трубопровода и выполненный с возможностью перемещения второй текучей среды при более низкой второй температуре. Теплообменник может содержать первое ребро, которое может иметь первое отверстие для вставления первого трубопровода для переноса текучей среды, и второе отверстие для вставления второго трубопровода для переноса текучей среды, при этом первое ребро проходит между первым трубопроводом для переноса текучей среды и вторым трубопроводом для переноса текучей среды. Теплообменник также может содержать второе ребро, которое может иметь первое отверстие для вставления первого трубопровода для переноса текучей среды, и второе отверстие для вставления второго трубопровода для переноса текучей среды, причем второе ребро расположено на расстоянии от первого ребра и проходит между первым трубопроводом для переноса текучей среды и вторым трубопроводом для переноса текучей среды. Кроме того, первый трубопровод для переноса текучей среды, второй трубопровод для переноса текучей среды, первое ребро и второе ребро могут образовывать ромбоид. В одном варианте выполнения первый трубопровод для переноса текучей среды может иметь по меньшей мере одно из следующих поперечных сечений: круглое поперечное сечение, прямоугольное поперечное сечение или треугольное поперечное сечение. В одном варианте выполнения первый трубопровод для переноса текучей среды может образовывать угол с первым ребром, составляющий от 15 до 75°. В качестве альтернативы, угол с первым ребром может составлять от 105 до 175°. В одном варианте выполнения первый трубопровод для переноса текучей среды может образовывать угол со вторым ребром, составляющий от 15 до 75°. В качестве альтернативы, угол со вторым ребром может составлять от 105 до 175°. В одном варианте выполнения текучая среда, перемещаемая в первом трубопроводе для переноса текучей среды, может представлять собой жидкость или газ. К ним относятся вода, воздух, пар, хладагент, чистое вещество и т.п. Подходящая жидкость может включать воду в виде раствора или эмульсии. Подходящий раствор может включать воду и гликоль. Другая жидкость может включать смазочные материалы, такие как смазка двигателя. В текучую среду могут быть введены другие добавки, например, антикоррозионные, смазочные материалы, антипенные, дисперсанты и т.п. Эти добавки могут изменять состояние текучей среды и/или поверхностей, с которыми она контактирует. Подходящие газы могут включать воздух и побочные продукты сгорания.

В одном варианте выполнения между первым трубопроводом для переноса текучей среды и первым ребром может быть расположено уплотнение. Подходящие материалы для уплотнения могут включать металлы, в частности, мягкие металлы, такие как медь, алюминий, цинк и свинец. Другие подходящие материалы могут включать полимеры, в частности, полимерные материалы, способные выдерживать высокие температуры. Такие полимерные материалы могут включать наполнители, причем указанные наполнители могут быть неполимерными. Примером наполненного полимера может быть нейлон, наполненный частицами меди. В одном варианте выполнения уплотнение может быть образовано с использованием термогеля или пасты, которые обладают характеристиками усиления контактного теплопереноса между трубопроводом для текучей среды и ребром.

Формы единственного числа также подразумевают и использование множественного числа, если из контекста явным образом не следует иное. "Дополнительно" или "как вариант" обозначает, что описанное в дальнейшем действие или обстоятельство может происходить или может не происходить, и что описание включает случаи, когда действие происходит, и случаи, когда действие не происходит. При-

ближенные формулировки, используемые в описании и в формуле изобретения, могут быть применены для модификации любого количественного представления, которое может варьироваться, не приводя к изменению основной функции, с которой оно может быть связано. Соответственно, значение, модифицированное термином или терминами, такими как "примерно", "по существу" и "приблизительно" не должно быть ограничено точным указанным значением. По меньшей мере в некоторых случаях приближенные формулировки могут соответствовать точности прибора для измерения значения. Здесь и далее в описании и в формуле изобретения ограничения диапазона могут быть объединены и/или переставлены, причем такие диапазоны могут быть определены и включают все поддиапазоны, содержащиеся в них, если из контекста или формулировок явным образом не следует иное.

В приведенном описании примеры, в том числе предпочтительный вариант выполнения, используются для раскрытия вариантов выполнения, а также для обеспечения возможности реализации на практике специалистом в данной области техники вариантов выполнения, включая изготовление и использование любых устройств или систем и осуществление любых предусмотренных способов. Объем правовой охраны изобретения определяется формулой изобретения и охватывает другие примеры, очевидные специалистам в данной области техники. Подразумевается, что такие другие примеры находятся в рамках объема формулы изобретения, если они содержат конструктивные элементы, не отличающиеся от описанных в дословном тексте формулы изобретения, или если содержат аналогичные конструктивные элементы, незначительно отличающиеся от описанных в дословном тексте формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Газотурбинная система, содержащая турбину (102) и

теплообменник (106, 116) для передачи тепла между первой текучей средой, имеющей одну температуру, и второй текучей средой, имеющей другую температуру, причем теплообменник содержит первый трубопровод (104, 114) для переноса текучей среды, проходящий вдоль оси первого трубопровода и соединенный с турбиной (102) для перемещения первой текучей среды, вытекающей из турбины или поступающей в турбину,

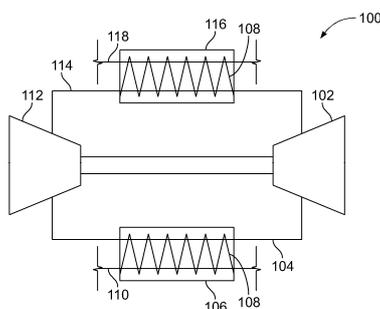
второй трубопровод для переноса второй текучей среды, проходящий вдоль оси второго трубопровода, ребра (108), каждое из которых имеет первое отверстие, в котором присоединен первый трубопровод, и второе отверстие, в котором присоединен второй трубопровод, для передачи посредством ребер тепла от трубопровода, содержащего текучую среду, имеющую более высокую температуру, к трубопроводу, содержащему текучую среду, имеющую более низкую температуру, при этом ребра расположены так, что они образуют острый или тупой угол с осями трубопроводов.

2. Газотурбинная система по п.1, в которой в теплообменнике первый трубопровод для текучей среды имеет по меньшей мере одно из следующих поперечных сечений: круглое поперечное сечение, прямоугольное поперечное сечение или треугольное поперечное сечение.

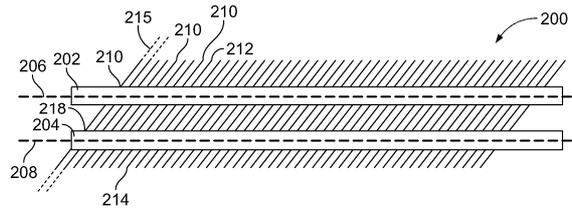
3. Газотурбинная система по п.1, в которой в теплообменнике ось первого трубопровода параллельна оси второго трубопровода, так что первое ребро, второе ребро, первый трубопровод для переноса текучей среды и второй трубопровод для переноса текучей среды образуют ромбоид.

4. Газотурбинная система по п.1, в которой в теплообменнике первое ребро расположено параллельно второму ребру.

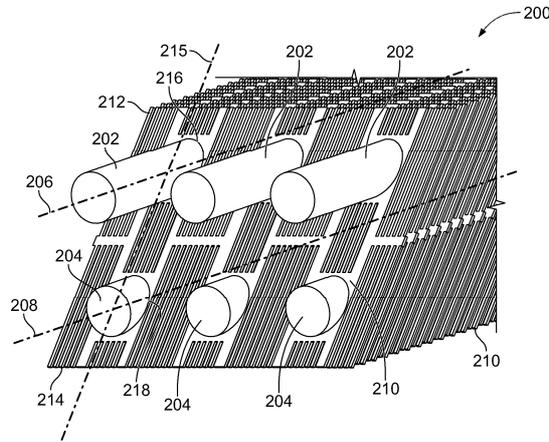
5. Газотурбинная система по п.1, в которой в теплообменнике острый угол, образованный между осью ребра и указанной по меньшей мере одной осью из оси первого трубопровода и оси второго трубопровода, имеет величину в диапазоне от 15 до 75°, или тупой угол, образованный между осью ребра и указанной по меньшей мере одной осью из оси первого трубопровода или оси второго трубопровода, имеет величину в диапазоне от 105 до 175°.



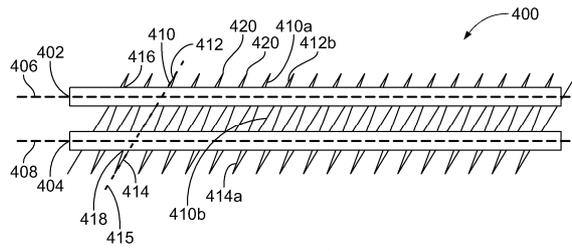
Фиг. 1



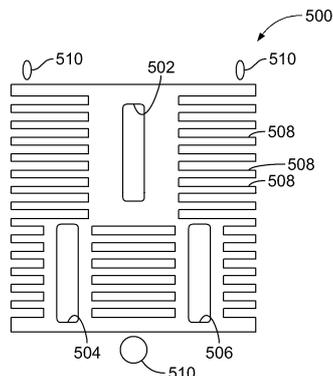
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5