



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012102917/06, 30.01.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.01.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
31.01.2011 DK PA201100061

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2013 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 20.10.2016 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: GB 2089951 A 30.06.1982; GB 2089951 A 30.06.1982; US 0004287944 A1 08.09.1981; RU 98103022 A 10.01.2000; US 4431049 A 14. 02.1984 ; US 3568764 A1 09.03.1971. RU 2373471 C2 20.11.2009.

Адрес для переписки:

105064, Москва, а/я 88, "Патентные поверенные,  
Квашнин, Сапельников и партнеры"

(72) Автор(ы):

**ХЕСТ-МАДСЕН Свенд (DK)**

(73) Патентообладатель(и):

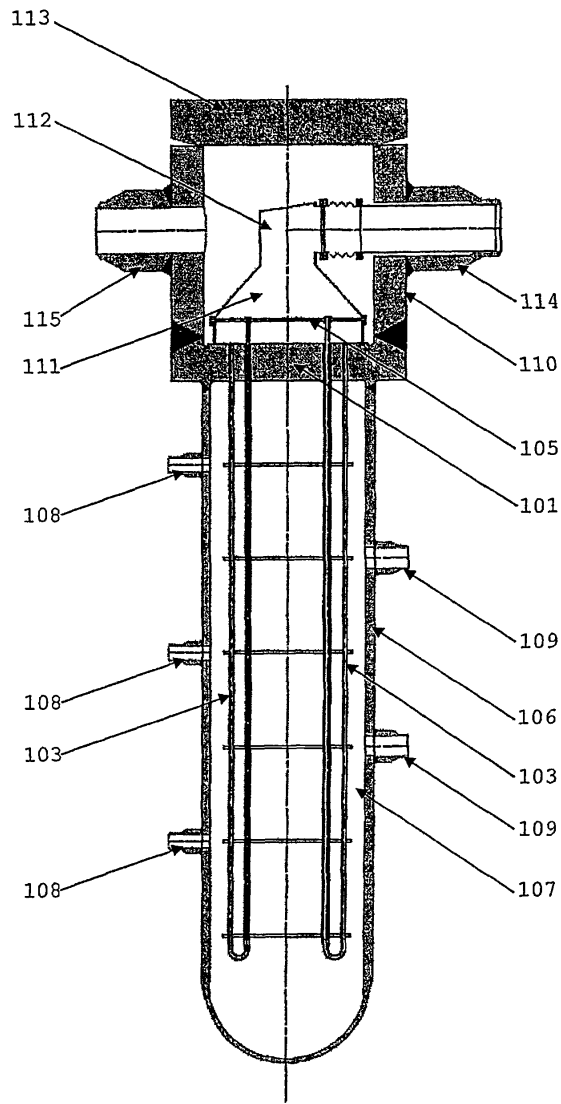
**ХАЛЬДОР ТОПСЕЭ А/С (DK)**

**(54) ТЕПЛООБМЕННИК С U-ОБРАЗНЫМИ ТРУБКАМИ, СПОСОБ ТЕПЛООБМЕНА МЕЖДУ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ И ХЛАДАГЕНТОМ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА С U-ОБРАЗНЫМИ ТРУБКАМИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к теплотехнике и может быть использовано в теплообменных аппаратах с U-образными трубками. Теплообменник с U-образными трубками содержит впускные трубы, расположенные на трубной доске впускных труб, находящейся под нейтральным давлением, теплоноситель проходит впускные трубы в U-образные трубки,

расположенные на трубной решетке, где среда разделяется на два потока и течет из обоих концов U-образных трубок в выходную камеру теплоносителя и выходит из теплообменника через выходной патрубок. Технический результат - обеспечение значительной теплопередачи, сопротивляемости к износу материалов и низкий перепад давления. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012102917/06, 30.01.2012

(24) Effective date for property rights:  
30.01.2012

Priority:

(30) Convention priority:  
31.01.2011 DK PA201100061

(43) Application published: 10.08.2013 Bull. № 22

(45) Date of publication: 20.10.2016 Bull. № 29

Mail address:

105064, Moskva, a/ja 88, "Patentnye poverennye,  
Kvashnin, Sapelnikov i partnery"

(72) Inventor(s):

**KHEST-MADSEN Svend (DK)**

(73) Proprietor(s):

**KHALDOR TOPSEE A/S (DK)**

(54) **HEAT EXCHANGER WITH U-SHAPED TUBES, METHOD OF HEAT EXCHANGE BETWEEN HEAT CARRIER AND COOLANT AND USE OF HEAT EXCHANGER WITH U-SHAPED TUBES**

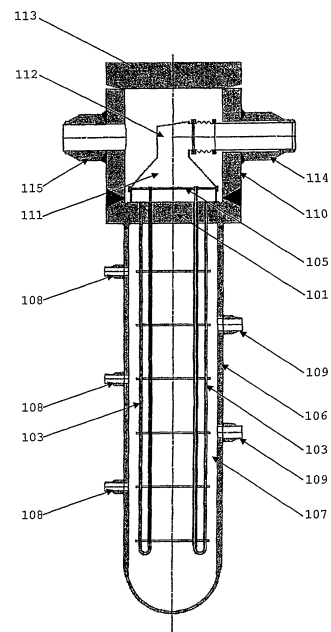
(57) Abstract:

FIELD: heat engineering.

SUBSTANCE: invention relates to heat engineering and can be used in heat exchangers with U-shaped tubes. Heat exchanger with U-shaped tubes comprises inlet pipes arranged on the pipe board of the inlet pipes being under neutral pressure, the heat carrier passes the inlet pipes to the U-shaped tubes arranged on the tube board, where the medium is divided into two flows and flows from both ends of the U-shaped tubes into the heat carrier outlet chamber and leaves the heat exchanger through an outlet branch pipe.

EFFECT: technical result is providing considerable heat transfer, resistance to wear of materials and low pressure differential.

13 cl, 2 dwg



Фиг.1

RU 2 599 889 C2

RU 2 599 889 C2

Данное изобретение относится к теплообмену в трубчатом теплообменнике, предназначенном для эксплуатации в критических условиях процессов, таких как высокие температуры, большие разности температур, высокие перепады давления и агрессивные среды, а именно к теплообменнику с U-образными трубками, процессу теплообмена между теплоносителем и хладагентом и применению теплообменника с U-образными трубками.

Согласно изобретению теплообменник с U-образными трубками предпочтительно представляет собой котел-утилизатор с U-образными трубками и еще более предпочтительно котел-утилизатор синтез-газа с водой или паром в качестве хладагента.

Далее настоящее изобретение описывается в отношении котла-утилизатора с синтез-газом в качестве теплоносителя и водой или паром в качестве хладагента. Необходимо понимать, что теплообменник согласно настоящему изобретению также относится к котлам-утилизаторам с другими теплоносителями и хладагентами или даже к другим областям теплообмена со сложными условиями эксплуатации, где должны быть предприняты надлежащие меры по предотвращению материального ущерба без нежелательных потерь высокого давления в теплообменнике.

Промышленное производство аммиака основано на процессе синтеза аммиака, в котором происходит экзотермическая реакция между водородом и азотом с получением аммиака. Синтез аммиака осуществляется в реакторе при высоком давлении и повышенной температуре во время прохождения азота и водорода через слой соответствующего катализатора. Такой реактор называется колонна синтеза аммиака. Тепло, выделяющееся при экзотермической реакции в колонне, часто подвергается регенерации посредством производства пара в котле-утилизаторе синтез-газа. Котел-утилизатор синтез-газа является теплообменником, в котором горячий газ из колонны синтеза аммиака охлаждается посредством косвенного теплообмена с кипящей водой.

Котел-утилизатор синтез-газа эксплуатируется в сложных условиях, которые во многих отношениях требуют специальной конструкции котла-утилизатора. Наиболее жесткие условия относятся к соединениям впускной трубы для газа и трубной решетки теплообменника.

В теплообменнике согласно изобретению отсутствуют соединения впускной трубы для газа и трубной решетки теплообменника. Кроме того, трубная решетка, а также ее соединения подвергаются воздействию теплоносителя только после его охлаждения. Поэтому удается избежать большинства случаев поломки котла-утилизатора благодаря конструкции по изобретению.

Уровень техники

Для теплообменника, такого как котел-утилизатор синтез-газа, существует ряд специфических условий, и является затруднительным учесть все эти условия в одной конструкции.

Эти условия связаны с давлением, температурой, азотированием, водородной коррозией и механической коррозией.

Синтез-газ для производства аммиака обычно находится под давлением 120-220 бар. Кипящая вода обычно находится под низким (5-15 бар), средним (30-50 бар) или высоким давлением (90-130 бар). Стенки, разделяющие синтез-газ и кипящую воду, должны быть сконструированы в расчете на наибольший перепад давлений между двумя средами. В кожухотрубных теплообменниках это, как правило, приводит к необходимости использования очень толстых трубных решеток, обычно толщиной 300-450 мм.

Синтез-газ для производства аммиака может находиться при температурах от 380°C до 500°C на входе в котел-утилизатор и при температурах от 200°C до 380°C на выходе.

Кипящая вода может находиться при температуре от 150°C до 330°C, в зависимости от давления пара.

Котлы-утилизаторы синтез-газа часто конструируются в виде теплообменников с U-образными трубками и с очень толстой трубной решеткой. Толстая трубная решетка теплообменника приобретает температуру металла, близкую к температуре газа в проходящих через трубную решетку трубах. В случае U-образных труб, как следует из известного уровня техники, область впускной трубы станет горячей, тогда как область выпускной трубы станет холодной. По этой причине высокие температурные нагрузки являются рискованными, если разница температур между входящим и выходящим газом слишком велика. В случае производства пара при низком и среднем давлении может быть приемлема разность температур от 200°C до 300°C. Однако согласно известному уровню техники оказалось сложно или невозможно сконструировать котел-утилизатор с U-образными трубками для такой большого перепада температур.

Азотирование представляет собой воздействие на материалы аммиачной составляющей синтез-газа. Степень азотирования зависит от вида металлического сплава и температуры металла. Низколегированные стали вступают в недопустимое взаимодействие при 380°C. Нержавеющая сталь может применяться при температурах 450°C или выше, а сплав «Инконель» не вступает в недопустимое взаимодействие даже при 500°C. Область впускной трубы трубной решетки парового котла с U-образными трубками часто будет иметь температуру выше 420°C. Поэтому материалы, вступающие в контакт с синтез-газом, должны быть высоколегированными. На стороне трубной решетки, контактирующей с газом, и на поверхности входных отверстий необходимо предохранение с помощью облицовки или обшивки.

Водородная коррозия вызывает повышение хрупкости материалов при их взаимодействии с водородсодержащими газами. Важными параметрами являются парциальное давление водорода, температура и состав стали. При условиях состава, температуры и давления промышленного синтез-газа обычно требуется стальной сплав, содержащий 2% хрома (Cr) и 1% молибдена (Mo).

Механическая коррозия представляет угрозу для материалов, контактирующих с водой. Тем не менее этот вид коррозии не является критическим для ферритовых материалов, в то время как аустенитные материалы чувствительны к этому виду воздействия.

Типичный котел-утилизатор синтез-газа представляет собой теплообменник с U-образными трубками, с синтез-газом в трубном пространстве и водой/паром в межтрубном пространстве. Трубная решетка очень толстая. Входная сторона трубной решетки защищена путем облицовки сплавом «Инконель». Если трубы приварены к газовой стороне трубной решетки, то они должны быть обшиты сплавом «Инконель» с внутренней стороны на всем протяжении их прохода через трубную решетку. Если трубы приварены к водяной стороне трубной решетки, то входные отверстия трубной решетки должны быть обшиты сплавом «Инконель» в целях защиты.

Котлы-утилизаторы синтез-газа часто выходят из строя из-за трещин, вызванных одним или несколькими описанными механическими и/или коррозионными явлениями. Наиболее жесткие условия среди упомянутых наблюдаются возле входных отверстий труб. Это происходит вследствие высокой температуры, разности температур между впускной и выпускной трубами, механической коррозии, застаивания водорода между материалами различного состава, азотирования и водородной коррозии. Другой особенностью котла-утилизатора синтез-газа является падение давления синтез-газа при прохождении его через теплообменник. Низкое давление необходимо поддерживать

из соображений энергопотребления компрессора синтез-газа.

В патенте США US 3568764 раскрывается теплообменник с U-образными трубками, который снабжен разделительной перегородкой, примыкающей к выходной стороне трубной решетки многотрубного теплообменника. Часть холодного входного потока скорее проходит между перегородкой и трубной решеткой, нежели чем через трубы, таким образом, поддерживается в основном равномерная и низкая температура трубной решетки. Уплотнительные кольца пропускают порции нагретого выходного газа из труб в выходную камеру канала. Однако эффективность теплообмена снижается из-за части входного потока, которая обходит трубы теплообменника. Теплоноситель находится в межтрубном пространстве теплообменника, в чем состоит отличие от настоящего изобретения, где в межтрубном пространстве находится хладагент.

В патенте EP 0860673 описано решение вышеупомянутых проблем с помощью жаротрубного теплообменника с множеством теплообменных труб, в котором теплообменные трубы выполнены в форме двойных труб с закрытой на одном конце внешней трубой и открытой с обоих концов внутренней трубой, отделенной от внешней трубы. Этот теплообменник приспособлен для теплообмена между горячим газом в трубном пространстве внешней трубы и текучей средой в межтрубном пространстве. Хотя такое конструктивное решение позволяет устранить упомянутые выше проблемы, оно приводит к значительному падению давления в трубах по сравнению с теплообменником с U-образными трубками, что делает это решение более дорогостоящим из-за расходов на увеличенную поверхность теплообмена для данного падения давления.

#### Сущность изобретения

Целью данного изобретения является устранение недостатков известных из уровня техники теплообменников, в частности котлов-утилизаторов, путем обеспечения теплообменника с U-образными трубками со значительной теплопередачей, сопротивляемостью к износу материалов и низким перепадом давления.

Эта цель достигается теплообменником согласно настоящему изобретению.

#### Признаки изобретения

1. Теплообменник с U-образными трубками для теплообмена между теплоносителем и хладагентом, отличающийся тем, что теплообменник содержит:

- камеру хладагента с входным и выходным отверстиями
- входную камеру теплоносителя с входным отверстием
- выходную камеру теплоносителя с выходным отверстием
- трубную решетку с множеством отверстий трубной решетки, трубная решетка отделяет камеру хладагента с одной стороны от выходной камеры теплоносителя с другой стороны
  - множество теплообменных U-образных трубок, имеющих первый и второй концы
  - множество впускных труб, имеющих входной и выходной концы, при этом каждая впускная труба соответствует одной из U-образных трубок
  - трубную доску для впускных труб, расположенную таким образом, что она отделяет впускную камеру теплоносителя от выходной камеры теплоносителя, трубная доска для впускных труб имеет множество отверстий трубной доски для впускных труб, где указанное множество теплообменных U-образных трубок расположено в трубной решетке, причем каждый первый и второй концы присоединены по контуру каждого отверстия трубной решетки, U-образные трубки, проходящие через камеру хладагента, контактируют с хладагентом в межтрубном пространстве U-трубок и указанное множество впускных труб располагается в трубной доске для впускных труб, причем

входной конец присоединен по контуру каждого отверстия трубной доски для впускных труб, где выходной конец каждой из впускных труб частично расположен внутри первого конца соответствующей теплообменной U-образной трубки, внешний диаметр каждой впускной трубы меньше, чем внутренний диаметр первого конца

5 соответствующих теплообменных U-образных трубок в, по меньшей мере, части каждой U-образной трубки, где соответствующая впускная труба расположена внутри, единственное соединение текучих сред между входной камерой теплоносителя и трубной решеткой и внутренним пространством U-образных трубок осуществляется при

10 прохождении текучей средой впускных трубок, посредством чего первый и второй концы U-образных трубок, а также трубная решетка контактируют только с охлажденным теплоносителем в трубном пространстве U-образных трубок и трубной решетки.

2. Теплообменник с U-образными трубками по признаку 1, в котором хладагентом является вода или пар, синтез-газ или технологический газ.

15 3. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих признаков, где теплообменником является котел-утилизатор и в качестве хладагента применяется вода или пар.

4. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих признаков, где теплообменником является котел-утилизатор синтез-газа и в качестве

20 теплоносителя применяется синтез-газ.

5. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих признаков, где охлажденный теплоноситель, выходящий из первого конца каждой из множества U-образных трубок, имеет температуру, по существу равную температуре

25 охлажденного теплоносителя, выходящего из второго конца каждой из множества U-образных трубок.

6. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих признаков, где разность температур между охлажденным теплоносителем, выходящим из первого конца каждой из множества U-образных труб, и охлажденным

30 теплоносителем, выходящим из второго конца каждой из множества U-образных труб, составляет от 0°C до 50°C, предпочтительно от 0°C до 20°C.

7. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих признаков, где по меньшей мере часть множества впускных труб, расположенных

внутри соответствующей U-образной трубки, является теплоизолированной.

8. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих

35 признаков, где имеется кольцевое пространство между частью каждой из впускных трубок, расположенных внутри первого конца соответствующей теплообменной U-образной трубки, и первым концом соответствующих теплообменных U-образных трубок.

9. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих

40 признаков, где множество впускных труб не контактирует с множеством U-образных труб.

10. Теплообменник с U-образными трубками по любому из предшествующих признаков, где диаметр второго конца каждой из U-образных трубок меньше, чем диаметр первого конца указанной U-образной трубки.

45 11. Способ теплообмена между теплоносителем и хладагентом в теплообменнике с U-образными трубками по признаку 1, отличающийся тем, что способ содержит следующие стадии:

а. подача потока хладагента через входное отверстие для хладагента в камеру

хладагента, где хладагент контактирует с межтрубным пространством U-образных трубок, и далее через выходное отверстие хладагента из камеры хладагента,

b. подача потока теплоносителя в камеру теплоносителя через входное отверстие теплоносителя,

5 c. подача потока теплоносителя далее через отверстия трубной доски для впускных труб во входные концы впускных труб, далее через впускные трубы и из выходных концов впускных труб и в каждую из соответствующих U-образных трубок на расстояние от первого конца указанных U-образных трубок,

d. разделение потока теплоносителя в каждой их U-образных трубок на поток первой 10 части, который проходит через первую часть каждой U-образной трубки в кольцевое пространство между впускной трубой и U-образной трубкой, перед тем как поток первой части выходит из каждой U-образной трубки через первый конец, и поток второй части, который проходит через вторую часть каждой U-образной трубки и выходит из 15 каждой U-образной трубки через второй конец, причем потоки как первой, так и второй части участвуют в косвенном теплообмене с хладагентом через стенки U-образных трубок и охлаждаются хладагентом во время прохода через U-образные трубки,

e. сбор всех охлажденных потоков теплоносителя в выходной камере теплоносителя, где охлажденный теплоноситель контактирует со второй стороной трубных решеток, и дальнейшая подача потока охлажденного теплоносителя из выходной камеры 20 теплоносителя через выходной канал теплоносителя.

12. Способ теплообмена между теплоносителем и хладагентом по признаку 11, где в качестве хладагента применяется вода или пар.

13. Способ теплообмена между теплоносителем и хладагентом по признаку 11 или 12, где температура хладагента на входе находится в интервале от 100°C до 350°C, 25 предпочтительно в интервале от 250°C до 325°C, температура хладагента на выходе находится в интервале от 100°C до 350°C, предпочтительно в интервале от 250°C до 325°C, температура теплоносителя на входе находится в интервале от 300°C до 500°C, предпочтительно в интервале от 390°C до 450°C, и температура теплоносителя на выходе находится в интервале от 120°C до 390°C, предпочтительно в интервале от 300°C до 370°C. 30

14. Способ теплообмена между теплоносителем и хладагентом по любому из признаков 11-13, где разность температур между каждым из потоков охлажденного теплоносителя первой части и потоков охлажденного теплоносителя второй части находится в интервале 0°C-50°C, предпочтительно 0°C-20°C при выходе из первого и 35 второго конца каждой из U-образных трубок в выходную камеру теплоносителя.

15. Применение теплообменника по любому из признаков 1-10 для осуществления теплообмена между водой или паром и синтез-газом.

#### Описание изобретения

Настоящее изобретение далее детально рассматривается в отношении конкретных 40 вариантов выполнения изобретения со ссылкой на чертежи, которые относятся к теплообменнику котла-утилизатора:

На Фиг.1 показано поперечное сечение варианта выполнения котла-утилизатора по изобретению, и

На Фиг.2 показано поперечное сечение детали U-образной трубки в варианте 45 выполнения котла-утилизатора по изобретению.

#### Номера позиций

101) Трубная решетка

102) Отверстия трубной решетки

- 103) Теплообменные U-образные трубки
- 104) Впускные трубы
- 105) Трубная доска для впускных труб
- 106) Оболочка бокового давления хладагента
- 5 107) Камера хладагента
- 108) Входной патрубок хладагента
- 109) Выходной патрубок хладагента
- 110) Оболочка бокового давления теплоносителя
- 111) Камера теплоносителя
- 10 112) Входная камера теплоносителя
- 113) Выходная камера теплоносителя
- 114) Входной патрубок теплоносителя
- 115) Выходной патрубок теплоносителя
- 116) Изоляция впускных труб

15 Трубная решетка (101) с одной стороны соединена с оболочкой бокового давления хладагента (106) (напр., воды/пара), а с другой стороны с оболочкой бокового давления теплоносителя (110) и разделяет камеру хладагента (107) и камеру теплоносителя (111) (напр., синтез-газа). Трубная решетка перфорирована множеством отверстий трубной решетки (102). Теплообменные U-образные трубки (103) приварены к трубной решетке

20 (101) с обоих концов U-образные трубок в отверстиях трубной решетки (102). Теплообменные U-образные трубы (103) проходят в камеру хладагента (107). Трубная доска для впускных труб (105) размещена внутри камеры теплоносителя (111). Трубная решетка впускных труб (105) перфорирована отверстиями, соответствующими отверстиям в трубной решетке (101). Впускные трубы (104), имеющие меньший внешний

25 диаметр, чем внутренний диаметр теплообменных U-образных труб (103), прикреплены к отверстиям трубной доски для впускных труб (105) и проходят вовнутрь теплообменных U-образных трубок (103). Трубная доска для впускных труб (105) соединена с патрубком теплоносителя (114) с помощью пластин и оболочек, образуя газонепроницаемую входную камеру теплоносителя (112). Впускные трубы (104)

30 покрыты слоем изоляции впускных труб (116).

Хладагент, например кипящая питательная вода из барабана парового котла, проходит в камеру хладагента (107) через входной патрубок хладагента (108). Теплообменные U-образные трубки (103) обеспечивают подачу тепла для кипения в камере хладагента (107). Смесь воды и пара покидает камеру хладагента (107) через

35 выходные патрубки камеры хладагента (109). Теплоноситель, например горячий синтез-газ из колонны синтеза аммиака, поступает во входную камеру теплоносителя (111) через входной патрубок камеры теплоносителя (114). Затем синтез-газ проходит через отверстия трубной доски для впускных труб (105), через впускные трубы (104) в теплообменные U-образные трубки (103). Во всех теплообменных U-образных трубках

40 поток первой части синтез-газа меняет направление движения, возвращаясь по U-образным трубкам в кольцевое пространство, проходя вне впускных труб (104) и внутри теплообменных U-образных трубок (103) назад в выходную камеру теплоносителя (113). Поток синтез-газа второй части во всех теплообменных U-образных трубах проходит дальше к U-образному изгибу U-образных труб и поступает в выходную

45 камеру теплоносителя (113). Затем синтез-газ выходит из теплообменника через выходной патрубок теплоносителя (115).

При прохождении синтез-газа в кольцевом пространстве между впускной трубой (104) и теплообменной U-образной трубой он охлаждается, осуществляя косвенный

теплообмен с кипящей водой. Теплопередача между входным газом, проходящим во впускных трубах (104), и газом, проходящим в кольцевом пространстве, исключается благодаря слою изоляции впускной трубы (116).

Характерной чертой теплообменника по изобретению является то, что толстая трубная решетка (101) вступает в контакт лишь с охлажденным выходящим синтез-газом. Таким образом, минимизируются вышеупомянутые проблемы котлов-утилизаторов синтез-газа, связанные с горячим входящим газом и температурным перепадом между трубами в толстой трубной решетке. Трубная доска для впускных труб (105) согласно изобретению является тонкой, так как эта часть не находится под давлением и может быть выполнена из аустенитной высоколегированной стали, потому что она не взаимодействует с водой. По изобретению перепад давления в теплообменнике снижен по сравнению с теплообменниками с глухими трубами, так как поток газа разделяется на два при выходе из впускных труб. Перепады давлений и коэффициенты теплопередачи первого и второго газовых потоков, проходящих через первую и вторую части, и вне U-образных трубок, могут быть уравновешены таким образом, что температура синтез-газа будет сопоставима на обоих выходных концах U-образных трубок. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения это может быть осуществлено путем уменьшения диаметра второго конца U-образных трубок, как показано на Фиг.2.

20

#### Формула изобретения

1. Теплообменник с U-образными трубками для теплообмена между теплоносителем и хладагентом, содержащий:

- камеру хладагента с входным и выходным отверстиями
- входную камеру теплоносителя с входным отверстием
- выходную камеру теплоносителя с выходным отверстием
- трубную решетку с множеством отверстий, отделяющую камеру хладагента с одной стороны от выходной камеры теплоносителя с другой стороны
- множество теплообменных U-образных трубок, имеющих первый и второй концы
- множество впускных труб, имеющих входной и выходной концы, при этом каждая впускная труба соответствует одной из U-образных трубок
- трубную доску для впускных труб, имеющую множество отверстий и расположенную таким образом, что она отделяет входную камеру теплоносителя от выходной камеры теплоносителя,

при этом указанное множество теплообменных U-образных трубок расположено в трубной решетке, причем указанные первый и второй концы теплообменных U-образных трубок присоединены по контуру каждого отверстия трубной решетки, U-образные трубки, проходящие через камеру хладагента, в контакте с хладагентом в межтрубном пространстве U-образных трубок, и указанное множество впускных труб расположено в трубной доске для впускных труб, причем входной конец впускных труб присоединен по контуру каждого отверстия трубной доски для впускных труб, а выходной конец каждой из впускных труб частично расположен внутри первого конца соответствующей теплообменной U-образной трубки, внешний диаметр каждой впускной трубы меньше, чем внутренний диаметр первого конца соответствующих теплообменных U-образных трубок в по меньшей мере части каждой U-образной трубки, где соответствующая впускная труба расположена внутри, единственное соединение по текучим средам между входной камерой теплоносителя и трубной решеткой и внутренним пространством U-образных трубок осуществляется при

прохождении текучей средой впускных трубок, посредством чего первый и второй концы U-образных трубок, а также трубная решетка находятся в контакте только с охлажденным теплоносителем в трубном пространстве U-образных трубок и трубной решетки, отличающийся тем, что охлажденный теплоноситель, выходящий из первого

5 конца каждой из множества U-образных трубок, имеет температуру, равную в основном температуре охлажденного теплоносителя, выходящего из второго конца каждой из множества U-образных трубок.

2. Теплообменник с U-образными трубками по п. 1, в котором хладагентом является вода или пар, синтез-газ или технологический газ.

10 3. Теплообменник с U-образными трубками по п. 1, представляющий собой котел-утилизатор, с применением в нем воды или пара в качестве хладагента.

4. Теплообменник с U-образными трубками по п. 1, представляющий собой котел-утилизатор синтез-газа, с применением в нем синтез-газа в качестве теплоносителя.

5. Теплообменник с U-образными трубками по п. 1, где разность температур между

15 охлажденным теплоносителем, выходящим из первого конца каждой из множества U-образных труб, и охлажденным теплоносителем, выходящим из второго конца каждой из множества U-образных труб, составляет от 0°C до 50°C, предпочтительно от 0°C до 20°C.

6. Теплообменник с U-образными трубками по п. 1, где по меньшей мере часть

20 множества впускных труб, расположенных внутри соответствующей U-образной трубки, является теплоизолированной.

7. Теплообменник с U-образными трубками по п. 1, где имеется кольцевое пространство между частью каждой из впускных трубок, расположенных внутри

первого конца соответствующей теплообменной U-образной трубки, и первым концом

25 соответствующих теплообменных U-образных трубок.

8. Теплообменник с U-образными трубками по п. 1, где множество впускных труб не находится в контакте с множеством U-образных трубок.

9. Теплообменник с U-образными трубками по любому из пп. 1-8, где диаметр второго

30 конца каждой из U-образных трубок меньше, чем диаметр первого конца указанной U-образной трубки.

10. Способ проведения теплообмена между теплоносителем и хладагентом в теплообменнике с U-образными трубками по п. 1, включающий следующие стадии:

а. подача потока хладагента через входное отверстие для хладагента в камеру хладагента, где хладагент контактирует с межтрубным пространством U-образных

35 трубок, и далее через выходное отверстие хладагента из камеры хладагента,

б. подача потока теплоносителя в камеру теплоносителя через входное отверстие теплоносителя,

с. подача потока теплоносителя далее через отверстия трубной доски для впускных труб во входные концы впускных труб, далее через впускные трубы и из выходных

40 концов впускных труб и в каждую из соответствующих U-образных трубок на расстояние от первого конца указанных U-образных трубок,

д. разделение потока теплоносителя в каждой из U-образных трубок на поток первой части, который подают через первую часть каждой U-образной трубки в кольцевое пространство между впускной трубой и U-образной трубкой, перед тем как поток

45 первой части пускают из каждой U-образной трубки через первый конец, и поток второй части, который подают через вторую часть каждой U-образной трубки и пускают из каждой U-образной трубки через второй конец, причем поток как первой, так и второй части участвуют в косвенном теплообмене с хладагентом через стенки U-образных

трубок и охлаждаются хладагентом во время прохода через U-образные трубки,

е. сбор всех охлажденных потоков теплоносителя в выходной камере теплоносителя, где охлажденный теплоноситель находится в контакте со второй стороной трубных решеток, и дальнейшая подача потока охлажденного теплоносителя из выходной

5 камеры теплоносителя через выходной канал теплоносителя.

11. Способ по п. 10, в котором в качестве хладагента применяют воду или пар.

12. Способ по п. 10, в котором температура хладагента на входе находится в интервале от 100°C до 350°C, предпочтительно в интервале от 250°C до 325°C, температура хладагента на выходе находится в интервале от 100°C до 350°C,

10 предпочтительно в интервале от 250°C до 325°C, температура теплоносителя на входе находится в интервале от 300°C до 500°C, предпочтительно в интервале от 390°C до 450°C, и температура теплоносителя на выходе находится в интервале от 120°C до 390°C, предпочтительно в интервале от 300°C до 370°C.

13. Способ по любому из пп. 10-12, где разность температур между каждым из

15 потоков охлажденного теплоносителя первой части и потоков охлажденного теплоносителя второй части находится в интервале от 0°C до 50°C, предпочтительно от 0°C до 20°C при выходе из первого и второго конца каждой из U-образных трубок в выходную камеру теплоносителя.

20

25

30

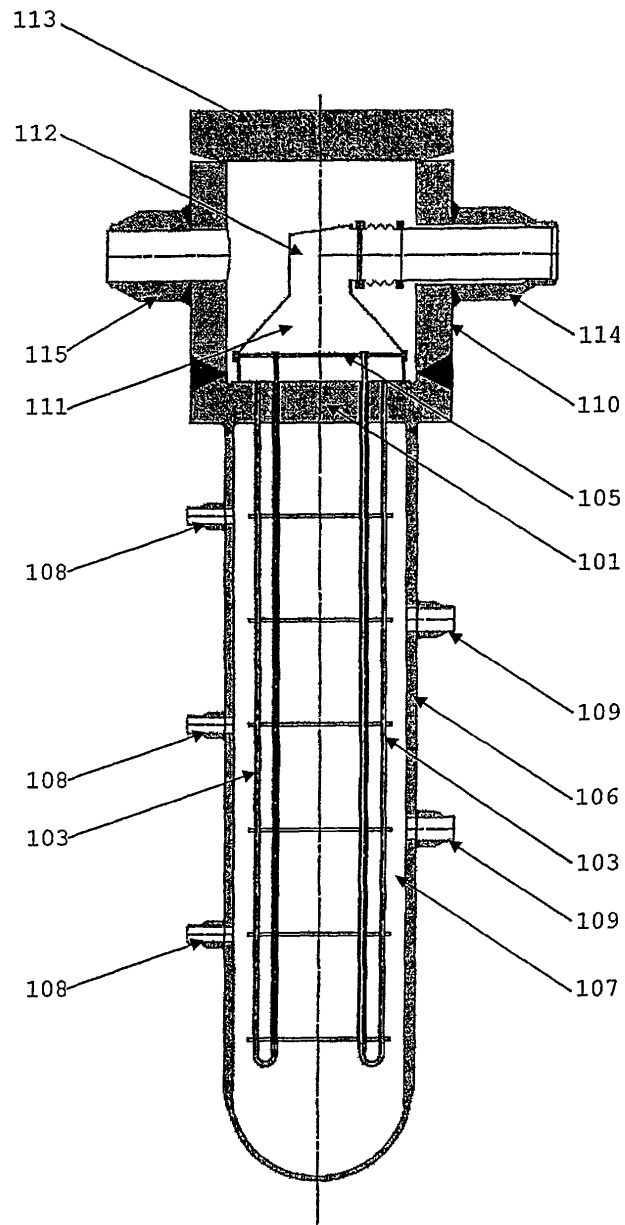
35

40

45

1/2

Фиг.1



2/2

ФИГ.2

