

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202090646** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.08.10

(51) Int. Cl. *F28D 15/02* (2006.01)
F28D 7/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.09.11

(54) ТЕПЛООБМЕННИК

(31) 2017903667

(74) Представитель:

(32) 2017.09.11

Поликарпов А.В., Соколова М.В.,

(33) AU

Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев

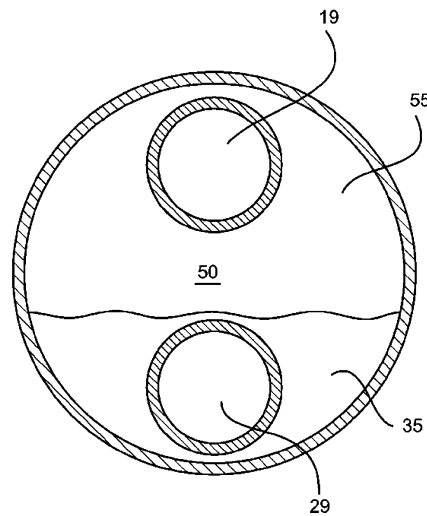
(86) PCT/AU2018/050983

А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)

(87) WO 2019/046910 2019.03.14

(71)(72) Заявитель и изобретатель:
КЛЕГГ РОБЕРТ ЛЬЮИС (GB)

(57) Предложенный теплообменник (10) с конфигурацией тепловых труб для передачи тепла между первым и вторым технологическими потоками посредством теплопередающей среды содержит по меньшей мере один канал (19) первого технологического потока; по меньшей мере один канал (29) второго технологического потока и кожух (11), заключающий каналы (19, 29) первого и второго технологических потоков в некотором объеме (55). В результате процесса теплопередачи объем (55) полностью заполнен как паровой, так и жидкой фазами теплопередающей среды. Каналы (19, 29) первого и второго технологических потоков отделены друг от друга разделительной зоной (50), обеспечивающей возможность разделения указанных паровой и жидкой фаз под действием силы тяжести и ограничения накопления теплопередающей среды в жидкой фазе около указанного канала(ов) (19) первого технологического потока. Такие теплообменники могут быть использованы, среди прочих применений, для замены этапа мгновенного охлаждения в установке для процесса Байера.



202090646
A1

202090646
A1

1 ТЕПЛООБМЕННИК

Настоящее изобретение относится к теплообменнику, и в частности к теплообменнику с тепловыми трубами термосифонного типа.

Регенерацию тепла из пульпы и жидкостей, вызывающих образование накипи, часто проводят путем мгновенного испарения пульпы или жидкости до менее высокого давления и конденсации пара, образовавшегося при мгновенном испарении, в теплообменнике, который нагревает радиаторный технологический поток.

Например, на глиноземных заводах с низкотемпературным выщелачиванием (при ~ 145 °С) обычно имеется 3 последовательных испарительных резервуара выщелачивания, а на участке высокотемпературного выщелачивания (обычно ≥ 240 °С) глиноземного завода обычно имеется 10 последовательных испарительных резервуаров. Приемлемый перепад температуры в испарительном резервуаре составляет 12 °С, хотя он может быть и больше, особенно на заводах с высокотемпературным выщелачиванием. Глиноземный раствор обычно имеет повышение температуры кипения, равное 8 °С, и теплообменник может иметь перепад температуры между входящим и исходящим потоками до 2 °С. Это означает, что полезный подогрев при выщелачивании должен составлять по меньшей мере приблизительно $12+8+2$ °С, или обычно более 22 °С, как правило ~ 25 °С, при низкотемпературном выщелачивании и еще больше при высокотемпературном выщелачивании.

Пар из испарительных резервуаров выщелачивания неизменно содержит незначительные количества глиноземного раствора, вносящего вклад в образовании накипи снаружи теплообменных труб, независимо от того, являются эти трубы трубами кожухотрубного теплообменника или «трубами» в автоклаве с трубами в кожухе. Эту накипь трудно удалять, так как она находится на «стороне кожуха» теплообменника или трубного автоклава.

Накипь с испарительных резервуаров, по причине их геометрических форм и размера, удаляют вручную при помощи механических средств, тогда как внутренние части труб проще очищать или химически, при помощи турбулентного потока, или полуавтоматическими механическими средствами.

В дополнение к высокой энергоемкости завода, еще одним недостатком испарительных резервуаров при выщелачивании является увеличение концентрации щелочи в растворе, проходящем через испарительные резервуары выщелачивания, что снижает производительность завода.

Регенерация тепла из осадочной пульпы на традиционном глиноземном заводе является непрактичной, поскольку это дополнительное тепло нельзя использовать в выщелачивании при помощи современной технологии мгновенного охлаждения пульпы выщелачивания и теплообмена с сырьевым потоком выщелачивания. Часто заводы даже увеличивают тепловые потери на заводском участке осаждения.

Теплообменник на основе тепловых труб, описанный в патенте США № 5027891, можно применять для достижения перепадов температур между входящим и исходящим потоками значительно менее 22 °С. Такой теплообменник обычно представляет собой кожухотрубный теплообменник со множеством каналов и водой (H₂O, R-718) в качестве теплопередающей среды. Потребность в фитиле отсутствует, так как «холодные» трубы расположены над «горячими» трубами, поэтому сила тяжести возвращает конденсат в жидкость, окружающую «горячие» трубы. К сожалению, использование множества плотно упакованных труб, что требуется для максимизации площади поверхности теплопередачи в традиционном кожухотрубном теплообменнике, может приводить к таким проблемам работоспособности, как возможность затопления теплообменника, поскольку теплопередающая среда накапливается около «холодных» труб и снижает свою эффективность теплопередачи. Насколько известно Заявителю, теплообменник согласно патенту США № 5027891 не использовался в промышленных масштабах.

Целью настоящего изобретения является предотвращение таких проблем работоспособности, как проблемы, вызываемые затоплением в теплообменнике, в особенности относящемся к типу с тепловыми трубами. Такой теплообменник можно с пользой использовать в промышленности, например в глиноземной промышленности, хотя настоящее изобретение не ограничивается применением в производстве глинозема, или любом процессе, в котором регенерация тепла проводится при помощи испарительного резервуара и теплообменника.

В соответствии с этой целью, настоящее изобретение предусматривает теплообменник с термосифонной конфигурацией тепловых труб для передачи тепла между первым технологическим потоком и вторым технологическим потоком через вещество теплопередающей среды, содержащий:

по меньшей мере один канал первого технологического потока;

по меньшей мере один канал второго технологического потока; и

кожух, заключающий указанное множество каналов первого и второго технологических потоков в некотором объеме, причем указанный объем в результате процесса теплопередачи полностью заполнен как паровой, так и жидкой фазами

указанной теплопередающей среды, при этом указанный по меньшей мере один канал первого технологического потока и указанный по меньшей мере один канал второго технологического потока отделены друг от друга разделительной зоной, обеспечивающей возможность разделения указанных паровой и жидкой фаз и ограничения накопления теплопередающей среды в жидкой фазе около указанных каналов первого технологического потока. Преимущественно теплообменник содержит множество каналов первого и второго технологических потоков, чтобы повышать эффективность теплопередачи. Подходящая форма канала содержится в пределах трубе или трубке, и термины «канал», «труба» и «трубка» могут быть использованы в нижеследующем описании взаимозаменяемо.

Каналы, или трубы, первого технологического потока могут содержать поток, предпочтительно поток раствора, который необходимо нагревать посредством конденсации паровой фазы теплопередающей среды. Поток раствора может представлять собой пульпу. Каналы первого технологического потока могут называться «холодными» трубами. Тогда каналы, или трубы, второго технологического потока подходящим образом содержат поток, предпочтительно поток раствора, который необходимо охлаждать посредством испарения жидкой фазы теплопередающей среды. Поток раствора может представлять собой пульпу. Трубы первого технологического потока обычно располагаются над каналами второго технологического потока, при этом теплообменник представляет собой теплообменник с тепловыми трубами термосифонного типа. Трубы второго технологического потока могут называться «горячими» трубами. Диаметры труб выбирают насколько можно меньшими, с обеспечением максимальной площади поверхности для теплообмена, но без риска закупорки при приемлемой периодичности химической или механической очистки и без перепада давления, чрезмерно большого для традиционной гидравлической или насосной системы.

Трубы первого и второго технологических потоков могут быть скомпонованы разными способами. Трубы первого и второго технологических потоков могут иметь одинаковую компоновку, например быть скомпонованы параллельно, или в пучке. Трубы первого и второго технологических потоков также могут быть скомпонованы в отдельные группы, или пучки, имеющие одинаковые или разные количества труб в каждой группе. Диаметры труб первого и второго технологических потоков могут быть одинаковыми или разными. Например, «холодные» трубы могут иметь меньший диаметр, совокупно обеспечивая большую площадь поверхности, чем «горячие» трубы. Одним из способов является компоновка труб первого технологического потока в традиционной компоновке

кожухотрубного конденсатора, а второго технологического потока и зоны отделения капель — в традиционной компоновке кожухотрубного испарителя. Например, шаг труб для труб первого технологического потока может составлять 1,25 диаметра трубы первого технологического потока, что обычно для шага труб, находящихся в традиционных кожухотрубных конденсаторах, тогда как шаг труб второго технологического потока может составлять 1,5–2,0 диаметра труб второго технологического потока, что обычно для шага труб, находящихся в традиционных кожухотрубных испарителях.

Трубы первого и второго технологических потоков могут быть разделены одной или несколькими перегородками, расположенными в разделительной зоне. Включение перегородки (перегородок) в подходящей форме металлических плит будет повышать тепловую нагрузку, при которой достигается точка затопления, и может являться преимущественным в зависимости от выбранной теплопередающей среды. Перегородка (-и) могут быть расположены в теплообменнике, чтобы направлять пар и/или конденсат по заданным траекториям, выбранным с целью дополнительной минимизации риска затопления. С этой целью, перегородка (-и) при необходимости отделены от кожуха зазором, чтобы направлять пар по такой траектории, чтобы «выталкивать» конденсат к кожуху, в сторону от восходящего потока пара, и таким образом сводя к минимуму влияние скорости пара на затопление теплообменника.

Во избежание двухфазного потока давление в трубах первого и второго технологических потоков желательно поддерживать выше давления пара жидкой фазы.

Теплообменник обеспечивает возможность разделения жидкой и паровой фаз указанной теплопередающей среды под действием силы тяжести. Можно использовать фитиль, но это не является необходимым. В разделительной зоне могут быть установлены каплеуловители. Разделительная зона имеет высоту и площадь горизонтального поперечного сечения, достаточные для обеспечения требуемой для данной теплопередающей среды степени отделения жидкости из конденсата от паровой фазы под действием силы тяжести. Разделительная зона может быть конструктивно выполнена так же, как разделительная зона в традиционном кожухотрубном испарителе, например максимальная скорость пара может быть определена уравнением Соудерса-Брауна:

$$V = k \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

где: V = максимальная скорость пара теплопередающей среды (м/с)

k = константа (м/с)

ρ_L = плотность жидкости теплопередающей среды (кг/м³)

ρ_L = плотность пара теплопередающей среды (кг/м³)

Константа в уравнении Соудерса-Брауна, k , может быть приравнена 0,2 м/с аналогично тому, как это используется в разделительной зоне традиционного испарителя.

Теплопередающая среда и площадь поперечного сечения теплообменника выбраны так, что скорость пара теплопередающей среды является достаточной для предотвращения затопления. Выбранная теплопередающая среда желательна уменьшает скорость восходящего потока пара за счет выбора такой среды, которая имеет высокий удельный тепловой поток (поток энергии через площадь горизонтального поперечного сечения, например кВт/м²) при обычной рабочей температуре теплообменника. Предпочтительные параметры включают одно или несколько из высокой теплоты испарения, высокого давления пара, большой разности в плотности жидкости и пара; и высоких коэффициентов теплопередачи при кипении и конденсации. Теплопередающая среда может быть выбрана из известных охладителей и теплопередающих сред для тепловых труб.

Трубы первого и второго технологических потоков могут быть соответствующим образом скомпонованы в отдельных емкостях, т. е. горячих и холодных емкостях, которые сообщаются через отдельные каналы. Один такой набор каналов может обеспечивать возможность перемещения пара из горячей емкости в холодную емкость. Другой набор каналов может обеспечивать возможность возвращения конденсированной теплопередающей среды из холодной емкости в горячую емкость.

В этом случае часть паровой фазы или вся паровая фаза при необходимости может быть подвергнута сжатию для повышения температуры конденсации с целью повышения эффективности теплопередачи. Сжатие повышает давление пара и, таким образом, температуру конденсации, а значит и движущую силу для теплопередачи в теплообменнике. Для уменьшения площади теплопередачи и/или уменьшения перепада температуры между входящим и исходящим потоками теплообменной системы до меньшего, или даже отрицательного, значения может использоваться комбинация компрессора и ограничителя, такого как отверстие, соответственно, в отношении пара и конденсата теплопередающей среды.

Настоящее изобретение также предусматривает способ теплопередачи между первым технологическим потоком и вторым технологическим потоком через вещество теплопередающей среды в теплообменнике с конфигурацией тепловых труб, включающий:

направление первого технологического потока через по меньшей мере один канал первого технологического потока;

направление второго технологического потока через по меньшей мере один канал второго технологического потока; и

размещение теплопередающей среды в кожухе, заключающем указанные каналы первого и второго технологических потоков в некотором объеме, причем указанный объем в результате процесса теплопередачи полностью заполнен как паровой, так и жидкой фазами указанной теплопередающей среды, при этом указанный по меньшей мере один канал первого технологического потока и указанный по меньшей мере один канал второго технологического потока отделяют друг от друга разделительной зоной, обеспечивающей возможность разделения указанных паровой и жидкой фаз и ограничения накопления теплопередающей среды в жидкой фазе около указанного по меньшей мере одного канала первого технологического потока. Преимущественно теплообменник содержит множество каналов первого и второго технологических потоков, чтобы повышать эффективность теплопередачи.

В дополнение к вышеописанным соображениям, выбор оптимальных теплопередающих сред зависит от рабочего диапазона температур способа, в котором используется данный теплообменник. Некоторыми предпочтительными теплопередающей средами для 100°C , без ограничения, поскольку может использоваться некоторый диапазон охладителей и теплопередающих сред для тепловых труб, являются вода (H_2O , R-718), аммиак (NH_3 , R-717), хлорметан (CH_3Cl , R-40), бутан (C_4H_{10} , R-600), хлорэтан ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, R-160) и додекафторпентан (C_5F_{12} , R-4-1-12). Теплопередающую среду выбирают так, чтобы она имела критическую точку выше требуемого рабочего диапазона температур для химического процесса. Теплопередающую среду подходящим образом выбирают так, чтобы она обладала температурной стабильностью и не образовывала накипь во всем рабочем диапазоне температур теплообменника. Например, хотя вода (H_2O , R-718) может быть использована в качестве теплопередающей среды, действующей при 100°C , ее выбор не является предпочтительным, поскольку другие жидкости, такие как аммиак (NH_3 , R-717) и хлорметан ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, R-160), имеют более высокий удельный тепловой поток в своей точке затопления и поэтому являются менее подверженными затоплению при этой температуре.

Настоящие теплообменник и способ могут быть использованы в ряде отраслей промышленности, например в гидрометаллургических процессах, в том числе в глиноземной промышленности, где теплообменники, такие как описаны выше, могут применяться для замены традиционной системы мгновенного охлаждения в установке для процесса Байера, и в этом случае первый и второй технологические потоки можно назвать

технологическими потоками процесса Байера. Настоящий теплообменник может быть включен в трубчатый реактор, такой как трубчатый автоклав, используемый в глиноземной промышленности. Настоящий теплообменник также может быть использован в других трубчатых реакторах.

Указанные теплообменник и способ теплопередачи можно более полно понять из нижеследующего описания их предпочтительных вариантов осуществления. Это описание дано со ссылкой на прилагаемые графические материалы, на которых:

На фиг. 1 представлена схема последовательности операций способа Байера известного уровня техники.

На фиг. 2 представлена схема последовательности операций способа Байера, содержащего теплообменник согласно вариантам осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 3а представлено поперечное сечение теплообменника согласно первому варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 3б представлено поперечное сечение теплообменника согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 4 представлено поперечное сечение теплообменника согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения, содержащего перегородку.

На фиг. 5 представлено поперечное сечение теплообменника согласно четвертому варианту осуществления настоящего изобретения и содержащего устройство перегородки.

На фиг. 6 представлено поперечное сечение теплообменника согласно пятому варианту осуществления настоящего изобретения и содержащего устройство перегородки.

На фиг. 7 представлено поперечное сечение теплообменника согласно шестому варианту осуществления настоящего изобретения и содержащего устройство перегородки.

На фиг. 8 представлено поперечное сечение теплообменника согласно седьмому варианту осуществления настоящего изобретения и содержащего устройство перегородки.

На фиг. 9 представлено поперечное сечение теплообменника, в котором каналы первого и второго технологических потоков расположены в двух отдельных емкостях.

На фиг. 10 представлено поперечное сечение теплообменника, в котором имеется компрессор в потоке пара и ограничитель в жидкостной линии между каналами первого и второго технологических потоков, расположенных в двух отдельных емкостях.

Со ссылкой на фиг. 1, в установке 1, действующей по способу Байера известного уровня техники, используется мгновенное охлаждение между этапом выщелачивания и этапами отделения красного шлама. Бокситовую руду размалывают и выщелачивают щелочным раствором в обогреваемом автоклаве. В соответствии с известной в данной

области техники практикой, могут быть использованы способы низкотемпературного или высокотемпературного выщелачивания. Пульпу, содержащую растворную часть, содержащую растворенные частицы алюмината натрия, и твердую часть, состоящую из нерастворившейся бокситовой руды и пустой породы, затем охлаждают в системе мгновенного охлаждения, которая обычно требует значительного пространства. Мгновенное охлаждение происходит вследствие последовательных этапов снижения давления, обычно приблизительно десяти этапов при высокотемпературном выщелачивании и трех при низкотемпературном выщелачивании, что вызывает испарение некоторой части растворной части с образованием пара. Этот пар используется для нагревания обратного или регенерированного раствора или пульпы из этих растворов и боксита для возвращения в автоклав. Эффективность теплопередачи при мгновенном охлаждении является ограниченной из вышеописанных соображений, в частности, из-за повышения температуры кипения и перепада температуры на этапе мгновенного испарения. Образование накипи и концентрирование потока раствора также могут вызывать проблемы эффективности эксплуатации.

Этап мгновенного охлаждения, представленный на фиг. 1, заменяют множеством теплообменников 10 в установке 100 для процесса Байера, представленной на фиг. 2, в частности на участках выщелачивания и осаждения. Теплообменник 10 имеет конфигурацию тепловых труб термосифонного типа для передачи тепла между горячим потоком маточного раствора или пульпой, содержащими растворенный алюминат натрия и нерастворившийся боксит и пустую породу, и охлаждающим потоком обратного раствора или пульпой, состоящей из обратного раствора и боксита, через теплопередающую среду. Теплообменник 10, как показано на фиг. 3а—9, содержит множество труб первого технологического потока и множество труб второго технологического потока, которые все имеют цилиндрическую геометрическую форму и выполнены из такого теплопроводного материала как углеродистая сталь, нержавеющая сталь, никелированный материал или никель. В цилиндрическом кожухе 11 содержатся трубы первого и второго технологических потоков, проходящие горизонтально в объеме 55, который в результате процесса теплопередачи полностью заполнен как паровой, так и жидкой фазами теплопередающей среды. Жидкая фаза теплопередающей среды образует объем 35 жидкости, в который полностью погружены трубы первого технологического потока. Теплопередающую среду выбирают с учетом следующих соображений. В зависимости от рабочей температуры, вода (H_2O , R-718) может не являться предпочтительной теплопередающей средой для применения по причине ее склонности

вызывать затопление теплообменника 10 при более низкой интенсивности теплопередачи, чем у других возможных теплопередающих сред. Для решения этих проблем, указанные предпочтительные теплопередающие среды могут, например и без ограничения, быть выбраны из охладителей и теплопередающих сред тепловых труб из группы, состоящей из аммиака (NH_3 , R-717), хлорметана (CH_3Cl , R-40), пропана (C_3H_8 , R-290), бутана (C_4H_{10} , R-600), хлорэтана ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, R-160), октафторпропана (C_3F_8 , R-218) и додекафторпентана (C_5F_{12} , R-4-1-12).

При передаче тепла от горячих труб к теплопередающей среде теплопередающая среда частично испаряется. Насыщенный пар с теплопередающей средой образует восходящий поток в разделительную зону, где большая часть теплопередающего пара затем образует восходящий поток к холодным трубам и конденсируется, и, таким образом, скрытая теплота испарения передается от теплопередающей среды к холодным трубам. В этом процессе нагреваются оборотный раствор или оборотный раствор и бокситовая пульпа.

Множество труб первого технологического потока и множество труб второго технологического потока отделены друг от друга разделительной зоной 50, имеющей высоту и площадь горизонтального поперечного сечения, достаточные для обеспечения возможности разделения указанных паровой и жидкой фаз под действием силы тяжести и ограничения накопления теплопередающей среды в жидкой фазе около указанных труб первого технологического потока.

На фиг. 2 охлаждение при осаждении заменено теплообменником 10, в котором осадочная пульпа представляет собой «горячий» технологический поток, а оборотный раствор – «холодный» технологический поток. Если того требует тепловой баланс процесса, теплообменник 10 можно использовать, когда осадочная пульпа представляет собой горячий поток, а «холодный» поток может представлять собой такой охладитель, как охлаждающая вода.

На фиг. 3а представлен теплообменник 10 с одной горячей трубой 29 и одной холодной трубой 19. Эффективность теплопередачи может быть повышена, в большинстве случаев, за счет предоставления множества горячих труб и множества холодных труб.

На фиг. 3б представлен теплообменник 10 с тремя горячими трубами 30 и тремя холодными трубами 20, все одинакового диаметра, достаточного для предотвращения закупоривания из-за образования накипи. Горячие трубы 30 и холодные трубы 20 расположены одинаковым образом.

На фиг. 4 представлен теплообменник 10, содержащий горячую трубу 31, отделенную от холодной трубы 21 перегородкой 59 в форме металлической плиты. Горячая труба 31 и холодная труба 21 имеют одинаковый диаметр. Перегородка 59 повышает тепловую нагрузку, при которой достигается точка затопления, направляя пар так, чтобы «выталкивать» конденсат к наружному периметру наружного кожуха 11 и через небольшой зазор 59а, что, таким образом, сводит к минимуму влияние скорости пара на затопление теплообменника 10. Под действием силы тяжести конденсат будет стремиться к возврату к основанию наружного кожуха 11 через небольшой зазор 59а, специально расположенный между перегородкой 59 и наружным кожухом 11. Будет понятно, что размеры зазора 59а могут быть выбраны так, чтобы получить требуемые свойства потока конденсата.

На фиг. 5 представлен теплообменник 10 с тремя горячими трубами 32 и тремя холодными трубами 22, которые все имеют одинаковый диаметр. Горячие трубы 32 отделены от холодных труб 22 перегородками 60, 61 и 62. Перегородки 61 и 62 взаимодействуют в компоновке, нацеленной на увеличение тепловой нагрузки, при которой достигается точка затопления, направляя пар по такой траектории, чтобы «выталкивать» конденсат к наружному периметру наружного кожуха 11, что, таким образом, сводит к минимуму влияние скорости пара на затопление теплообменника 10. Под действием силы тяжести конденсат будет стремиться к возврату к основанию наружного кожуха 11 через небольшие зазоры 60а, специально расположенные между перегородками 60 и 61 и перегородкой 62 наружного кожуха 11. И снова будет понятно, что размеры зазоров 60а могут быть выбраны так, чтобы получить требуемые свойства потока конденсата.

На фиг. 6 представлен теплообменник 10, в котором холодные трубы скомпонованы в две отдельные группы, или пучки, 180 и 190, в которых все холодные трубы 182 и 192, в данном случае, имеют одинаковый диаметр. Для увеличения тепловой нагрузки, при которой достигается точка затопления, пучки 180 и 190 отделены от пучка горячих труб 190 перегородками 165 и 166. Горячие трубы 172 имеют больший диаметр, чем холодные трубы 182 и 192, например имеют диаметр 2 дюйма в сравнении с диаметром 1 дюйм. Горячие трубы 182 переносят маточный раствор, вызывающий образование накипи и содержащий эрозийные твердые вещества.

На фиг. 7 представлен теплообменник 10, в котором холодные трубы скомпонованы в две группы, или пучка, 220 и 240, в которых все холодные трубы 222 и 242 имеют одинаковый диаметр. Для увеличения тепловой нагрузки, при которой

достигается точка затопления, пучки 220 и 240 отделены от пучка из трех горячих труб 230 перегородками 160 и 161. Горячие трубы 172, расположенные горизонтально и параллельно, имеют больший диаметр, чем холодные трубы 222 и 242, например имеют диаметр 2 дюйма в сравнении с диаметром 1 дюйм. Горячие трубы 230 переносят маточный раствор, вызывающий образование накипи и содержащий эрозийные твердые вещества. Поскольку теплообменники 10, представленные на фиг. 6 и 7, имеют подобные рабочие условия, а теплообменник 10, представленный на фиг. 7, содержит больше «холодных» труб 222 и 242, ширина наружного кожуха 11 должна быть больше, для того чтобы позволять более высокую тепловую нагрузку и, таким образом, больший объем восходящего потока пара для одной и той же теплопередающей среды, а значит одинаковую скорость восходящего потока точки затопления.

На фиг. 8 представлен вариант осуществления, в котором количество холодных труб 207 и 216 больше, чем на фиг. 7, по причине более чем одного прохода через теплообменник 10. На фиг. 8 представлен теплообменник 10, в котором холодные трубы скомпонованы в две группы, или пучка, 205 и 215, в которых все холодные трубы 207 и 216 имеют одинаковый диаметр. Для увеличения тепловой нагрузки, при которой достигается точка затопления, пучки 205 и 215 отделены от горячих труб 230 двумя относительно небольшими (по сравнению с объемом 55) перегородками 155 и 156. Горячие трубы 272, расположенные горизонтально и параллельно, имеют больший диаметр, чем холодные трубы 207 и 216, например имеют диаметр 2 дюйма в сравнении с диаметром 1 дюйм. Горячие трубы 272 переносят маточный раствор, содержащий твердые вещества, вызывающие эрозию и образование накипи. Эта компоновка позволяет уменьшить логарифмическую среднюю разность температур (LMTD) на холодных трубах 207 и 216, и при этом увеличить LMTD на горячих трубах 272 по сравнению с теплообменником, представленным на фиг. 7.

На фиг. 9 представлена компоновка теплообменника 10 с двумя емкостями, которую также можно считать теплообменной системой. Три горячих трубы 127 расположены горизонтально и параллельно в горячей емкости 120. Горячие трубы 127 могут, например, иметь диаметр 2 дюйма. Пар из испаряющегося объема 134 теплопередающей среды образует восходящий поток через объем 315 разделения жидкости и пара и переносится через паровой канал 330 в холодную емкость 110, содержащую пучок 115 холодных труб 117 имеющих, например, диаметр 1 дюйм. Такая компоновка обладает преимуществом «выталкивания» паром конденсата теплопередающей среды в нижнюю часть емкости 110. Конденсированный

теплопередающая среда возвращается в горячую емкость 120 по обратному каналу 350 теплопередающей среды.

Хотя трубы диаметром 1 дюйм, упомянутые выше для примера, могут переносить жидкости, вызывающие образование накипи, твердые вещества или отсутствуют, или являются чрезвычайно мелкодисперсными, например, переносят обратный раствор на глиноземном заводе. Проблему образования накипи также можно легко решить при помощи способов, известных в данной области техники кожухотрубных теплообменников. Механического удаления накипи можно избежать.

Для дальнейшего увеличения тепловой нагрузки, при которой возникает затопление, в объеме 315 разделения пара и жидкости могут быть установлены традиционные каплеуловители (не изображены). Эти каплеуловители могут, но без ограничения, относиться к типу сетки и/или шиканы. Дальнейшее уловление капель в трубопроводе 330 может быть проведено (не изображено), например, при помощи центрифуг, в которых отделенный теплопередающая среда возвращается в объем 134 теплопередающей среды.

На фиг. 10 представлен теплообменник 10, подобный представленному на фиг. 9, за исключением того, что он содержит компрессор 515 в паровом канале 520 и ограничитель 505, такой как отверстие или управляющий клапан, в перепускном канале конденсата. Горячая емкость 120А содержит горячие трубы 537. Холодная емкость 110А содержит значительно большее количество холодных труб 517 меньшего диаметра. Комбинированное применение компрессора 515 и отверстия, или управляющего клапана, 505 создает более высокую разность температур, так что можно уменьшить площадь поверхности теплопередачи и работать с меньшей, или даже отрицательной, разностью температуры между «горячим» и «холодным» потоками.

В каждом из вышеописанных случаев разделительная зона может быть конструктивно выполнена так же, как разделительная зона в традиционном кожухотрубном испарителе, например максимальная скорость пара может быть определена уравнением Соудерса-Брауна:

$$V = k \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

где: V = максимальная скорость пара теплопередающей среды (м/с)

k = константа (м/с)

ρ_L = плотность жидкости теплопередающей среды (кг/м³)

ρ_V = плотность пара теплопередающей среды (кг/м³)

Константа в уравнении Соудерса-Брауна, k , может быть приравнена 0,2 м/с аналогично тому, как это используется в разделительной зоне традиционного испарителя.

Эффективность теплопередачи теплообменника 10 больше достижимой при помощи традиционного мгновенного охлаждения и, в контексте глиноземного завода, обеспечивает возможность достижения большей производительности при меньшей площади, занимаемой установкой, причем последнее потенциально снижает стоимость строительства этой технологической установки. Будет понятно, что теплообменник может быть использован для других гидрометаллургических и химических применений.

Квалифицированному читателю данного описания могут быть очевидны модификации и изменения теплообменника и способа теплопередачи, описанных в настоящем описании. Эти модификации и изменения считаются находящимися в пределах объема настоящего изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Теплообменник с конфигурацией тепловых труб для передачи тепла между первым технологическим потоком и вторым технологическим потоком через вещество теплопередающей среды, содержащий:

по меньшей мере один канал первого технологического потока;

по меньшей мере один канал второго технологического потока; и

кожух, заключающий указанное множество каналов первого и второго технологических потоков в некотором объеме, причем указанный объем в результате процесса теплопередачи полностью заполнен как паровой, так и жидкой фазами указанной теплопередающей среды, при этом указанный по меньшей мере один канал первого технологического потока и указанный по меньшей мере один канал второго технологического потока отделены друг от друга разделительной зоной, обеспечивающей возможность разделения указанных паровой и жидкой фаз и ограничения накопления теплопередающей среды в жидкой фазе около указанного по меньшей мере одного канала первого технологического потока.

2. Теплообменник по п. 1, отличающийся тем, что содержит множество каналов первого и второго технологических потоков в форме труб.

3. Теплообменник по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что каналы первого технологического потока содержат поток, предпочтительно поток раствора, который необходимо нагревать посредством конденсации паровой фазы теплопередающей среды, а каналы второго технологического потока содержат поток, предпочтительно поток раствора, который необходимо охлаждать посредством испарения жидкой фазы теплопередающей среды.

4. Теплообменник по п. 3, отличающийся тем, что каналы первого технологического потока расположены над каналами второго технологического потока.

5. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что каналы первого и второго технологических потоков расположены параллельно.

6. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что каналы первого и второго технологических потоков скомпонованы в отдельные пучки труб.
7. Теплообменник по п. 6, отличающийся тем, что каждый пучок имеет одинаковое количество труб, необязательно имеющих одинаковый диаметр.
8. Теплообменник по п. 6, отличающийся тем, что каждый пучок имеет разное количество труб, необязательно имеющих одинаковый диаметр.
9. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что указанные каналы первого и второго технологических потоков разделены по меньшей мере одной перегородкой, направляющей конденсат к кожуху теплообменника, в сторону от восходящего пара.
10. Теплообменник по п. 9, отличающийся тем, что указанная по меньшей мере одна перегородка отделена от кожуха зазором.
11. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что во избежание двухфазного потока давление в указанных каналах первого и второго технологических потоков поддерживается выше давления пара жидкой фазы.
12. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что каналы первого и второго технологических потоков соответственно расположены в разных емкостях, сообщающихся через отдельные каналы, при этом один набор каналов обеспечивает возможность перемещения пара из горячей емкости в холодную емкость, а другой набор каналов необязательно обеспечивает возможность возврата конденсированной теплопередающей среды из холодной емкости в горячую емкость.
13. Теплообменник по п. 12, отличающийся тем, что часть паровой фазы или вся паровая фаза подвергается сжатию для повышения температуры конденсации.
14. Теплообменник по п. 12 или п. 13, отличающийся тем, что содержит комбинацию компрессора и ограничителя, соответственно, в отношении пара и конденсата теплопередающей среды.
15. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что теплопередающая среда и площадь поперечного сечения теплообменника выбраны так,

что скорость пара теплопередающей среды является достаточной для предотвращения затопления.

16. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что в разделительной зоне установлены каплеуловители.

17. Способ теплопередачи между первым технологическим потоком и вторым технологическим потоком через вещество теплопередающей среды в теплообменнике с конфигурацией тепловых труб, включающий:

направление первого технологического потока через по меньшей мере один канал первого технологического потока;

направление второго технологического потока через по меньшей мере один канал второго технологического потока; и

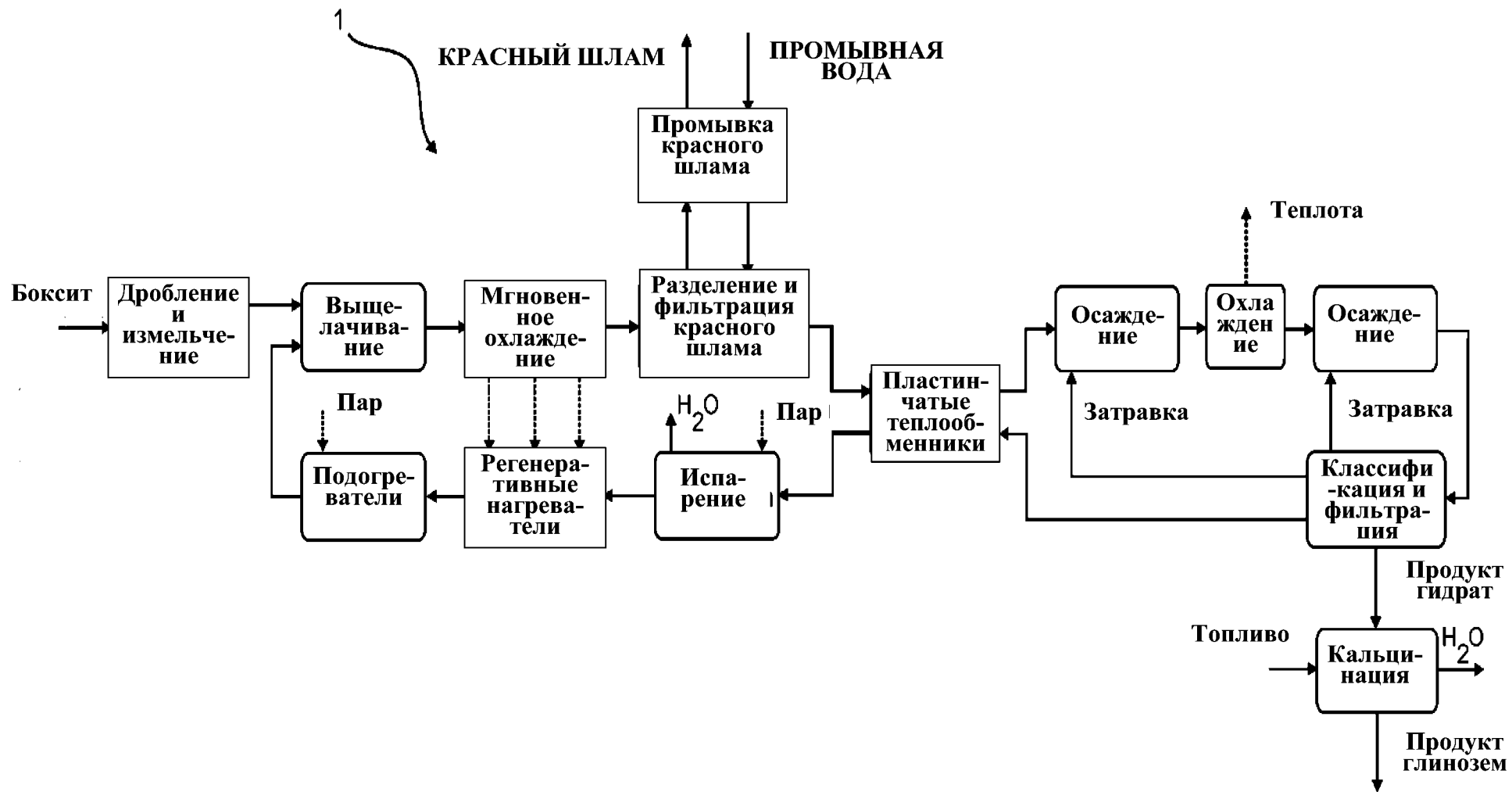
размещение теплопередающей среды в кожухе, заключающем указанные каналы первого и второго технологических потоков в некотором объеме, причем указанный объем в результате процесса теплопередачи полностью заполнен как паровой, так и жидкой фазами указанной теплопередающей среды, при этом указанный по меньшей мере один канал первого технологического потока и указанный по меньшей мере один канал второго технологического потока отделяют друг от друга разделительной зоной, обеспечивающей возможность разделения указанных паровой и жидкой фаз и ограничения накопления теплопередающей среды в жидкой фазе около указанного по меньшей мере одного канала первого технологического потока.

18. Способ по п. 17, отличающийся тем, что теплопередающую среду выбирают из охладителей и теплопередающих сред для тепловых труб, необязательно выбранных из группы, состоящей из аммиака (NH_3 , R-717), пропана (C_3H_8 , R-290), бутана (C_4H_{10} , R-600), хлорметана (CH_3Cl , R-40), хлорэтана ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, R-160), октафторпропана (C_3F_8 , R-218) и додекафторпентана (C_5F_{12} , R-4-1-12).

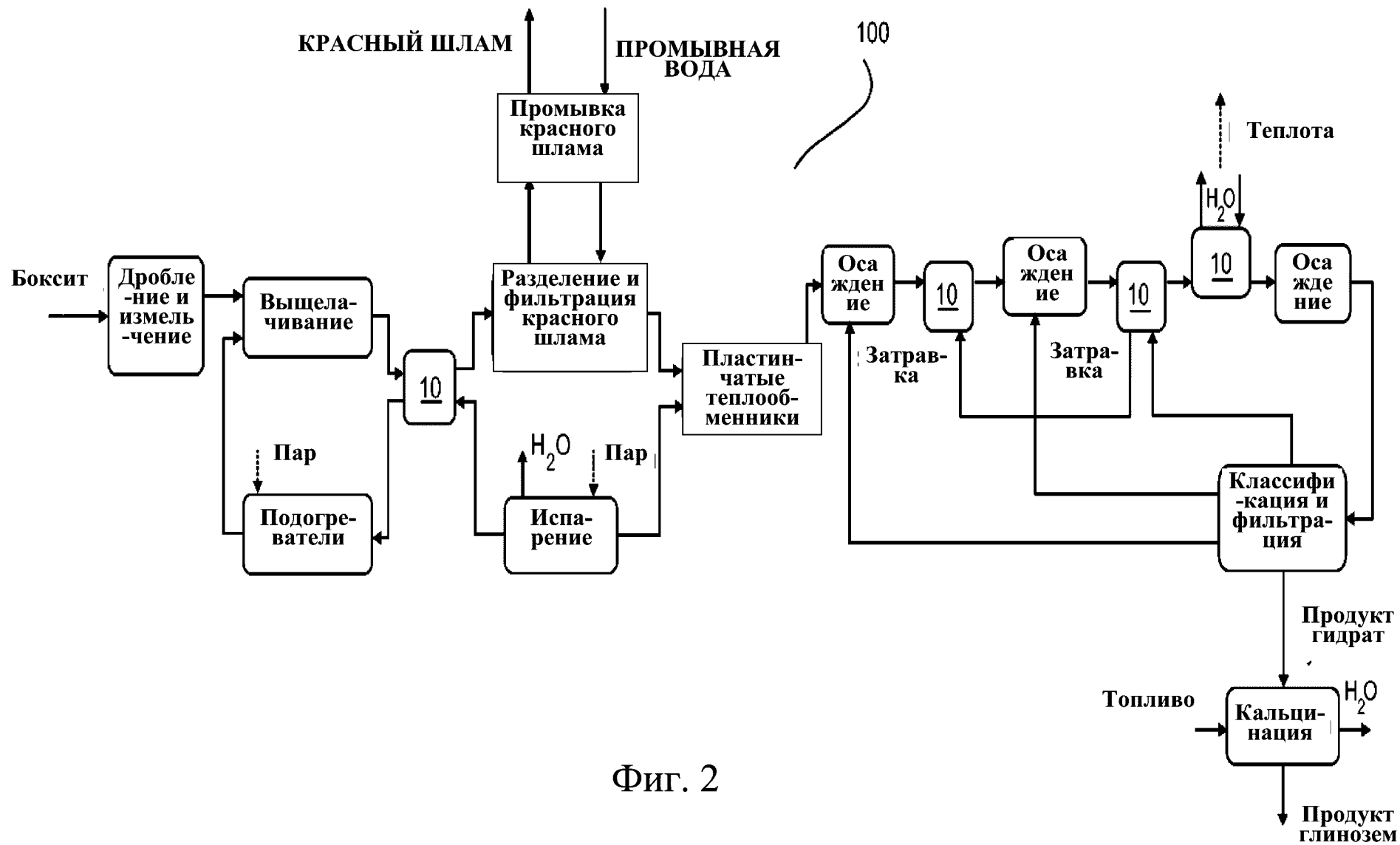
19. Способ по п. 17 или п. 18, отличающийся тем, что теплопередающую среду выбирают так, чтобы она имела критическую точку выше требуемого диапазона температур для химического процесса, при этом указанную теплопередающую среду выбирают так, чтобы она обладала температурной стабильностью и не образовывала накипь во всем рабочем диапазоне теплообменника.

20. Способ по любому из пп. 17—19, отличающийся тем, что указанные первый и второй технологические потоки представляют собой потоки процесса Байера.

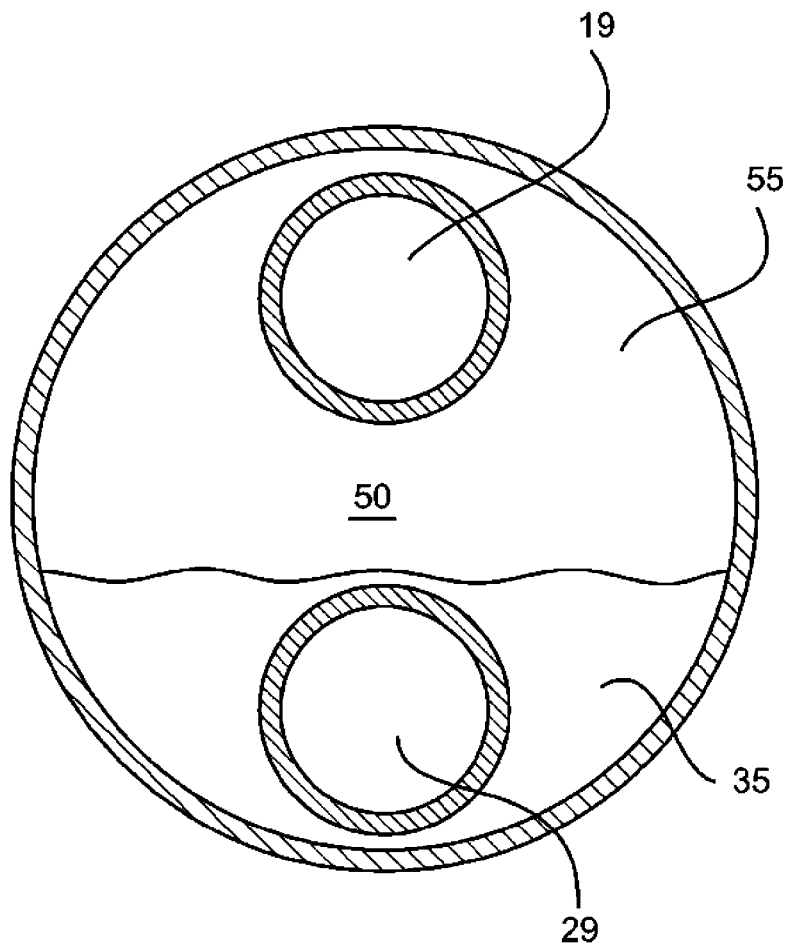
21. Способ по любому из пп. 17—20, отличающийся тем, что указанный теплообменник включен в трубчатый реактор, такой как трубчатый автоклав, используемый в глиноземной промышленности.



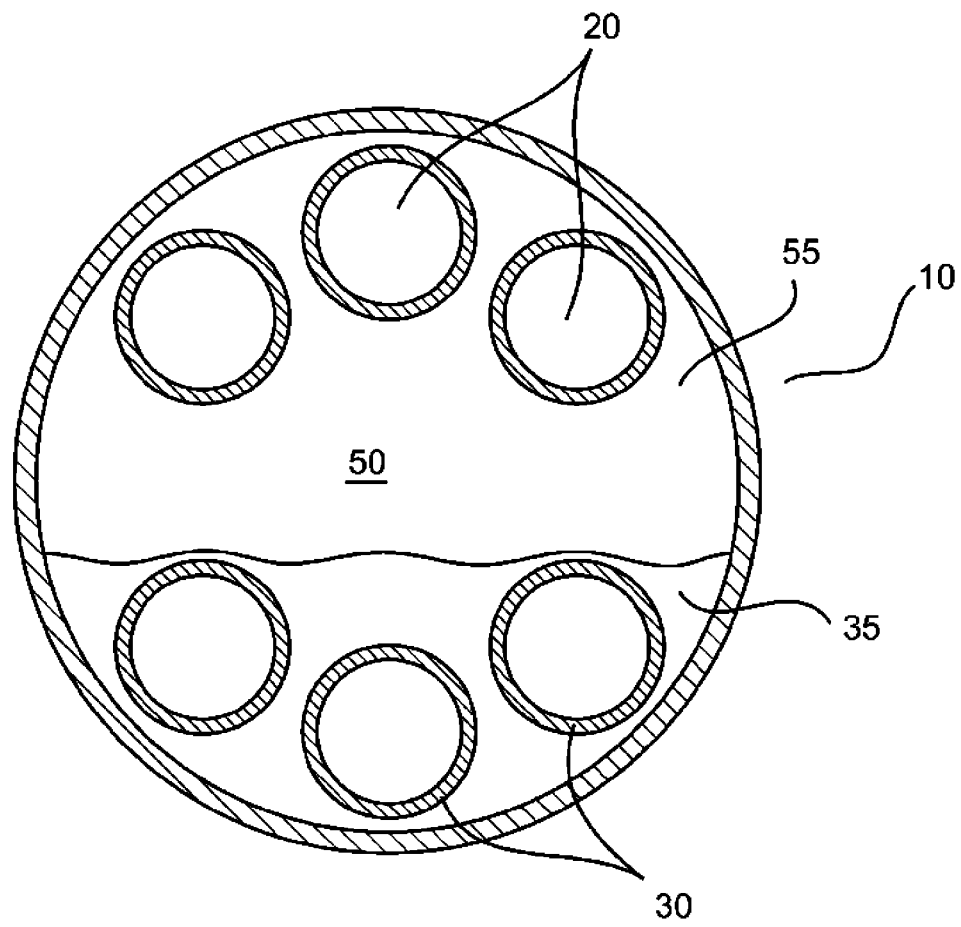
Фиг. 1



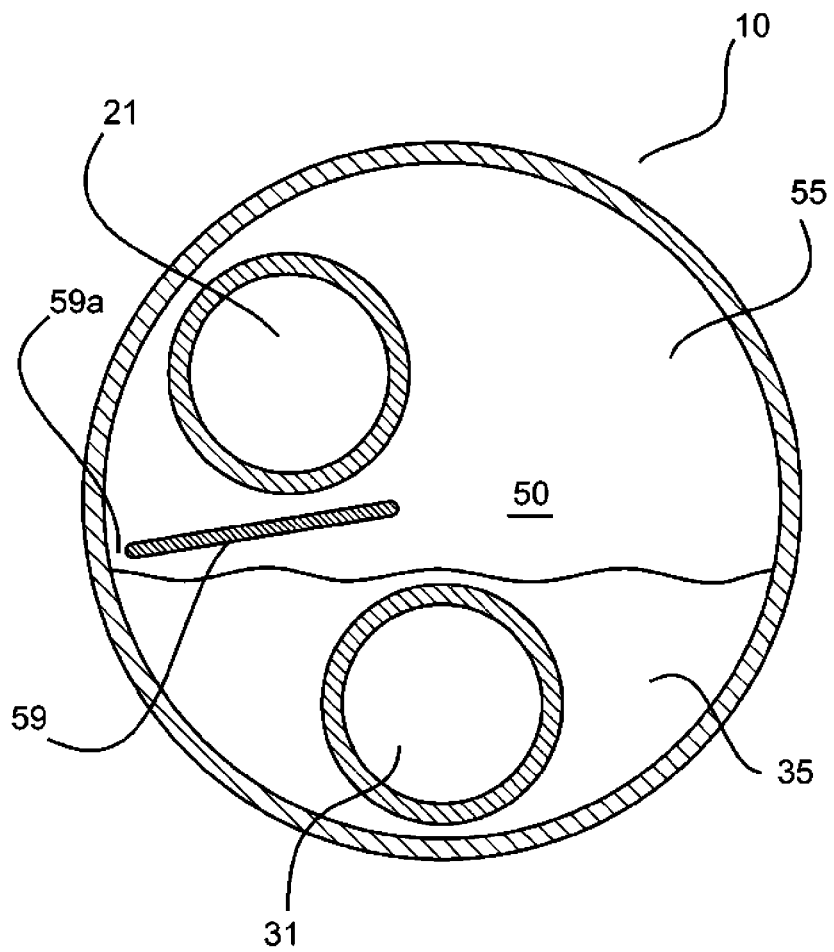
Фиг. 2



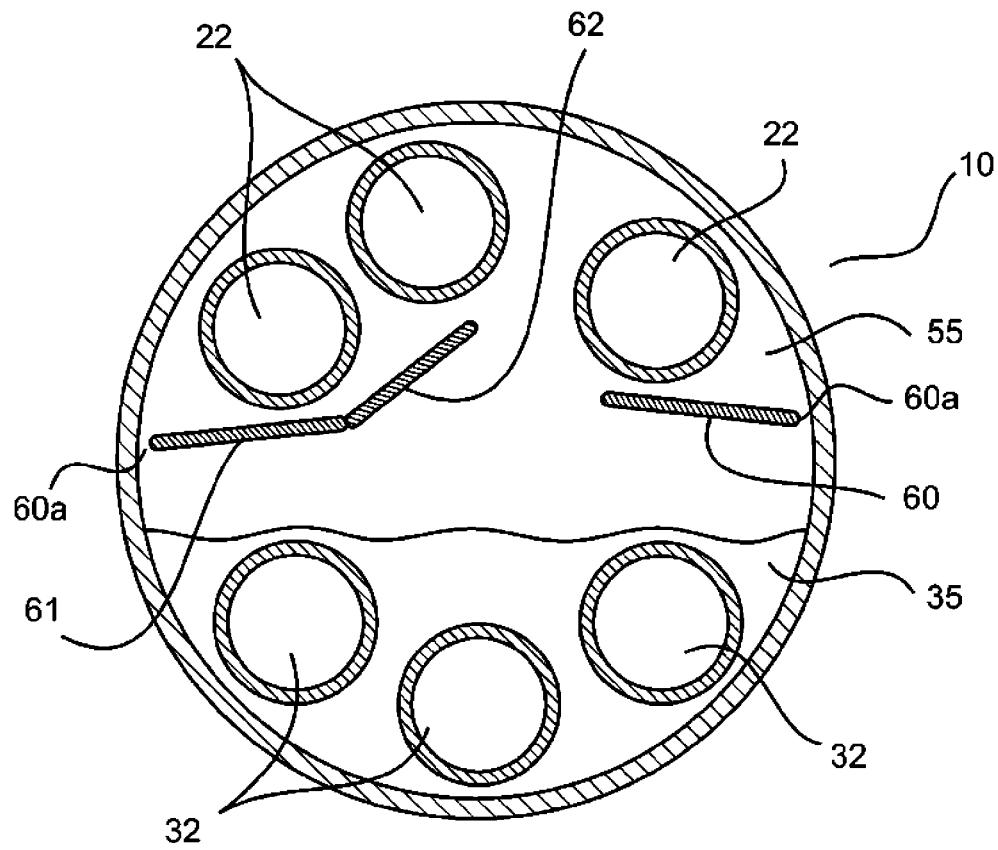
Фиг. 3а



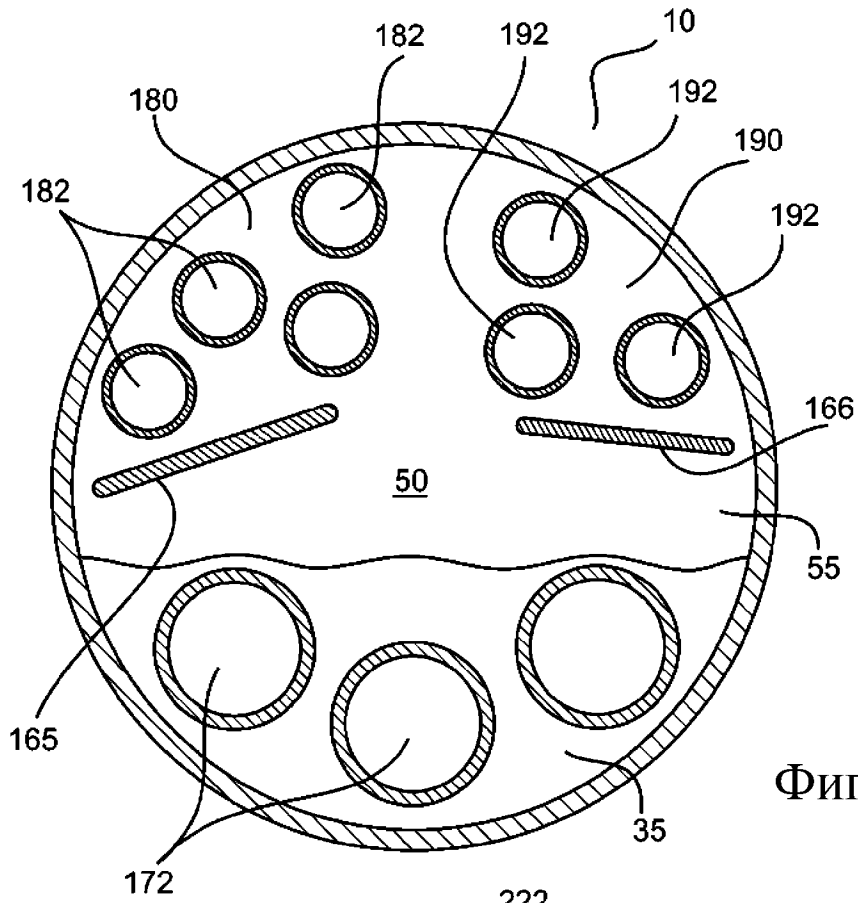
Фиг. 3б



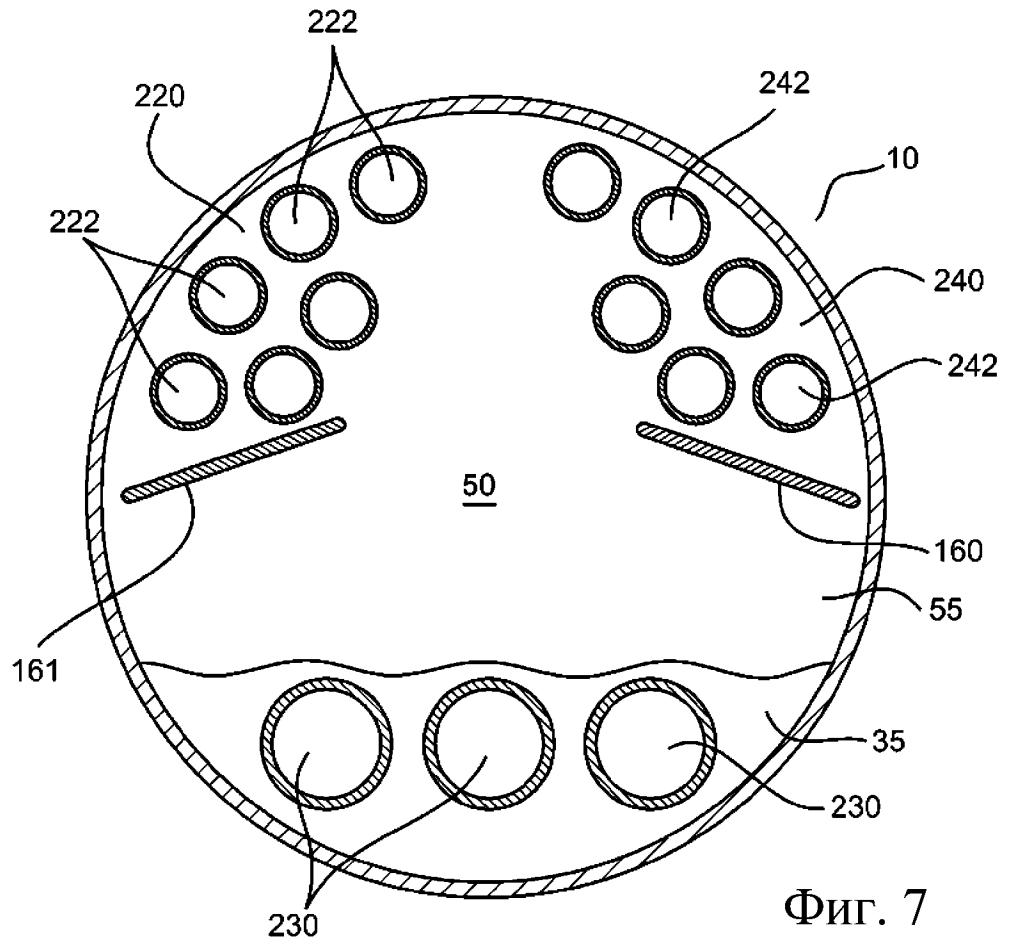
Фиг. 4



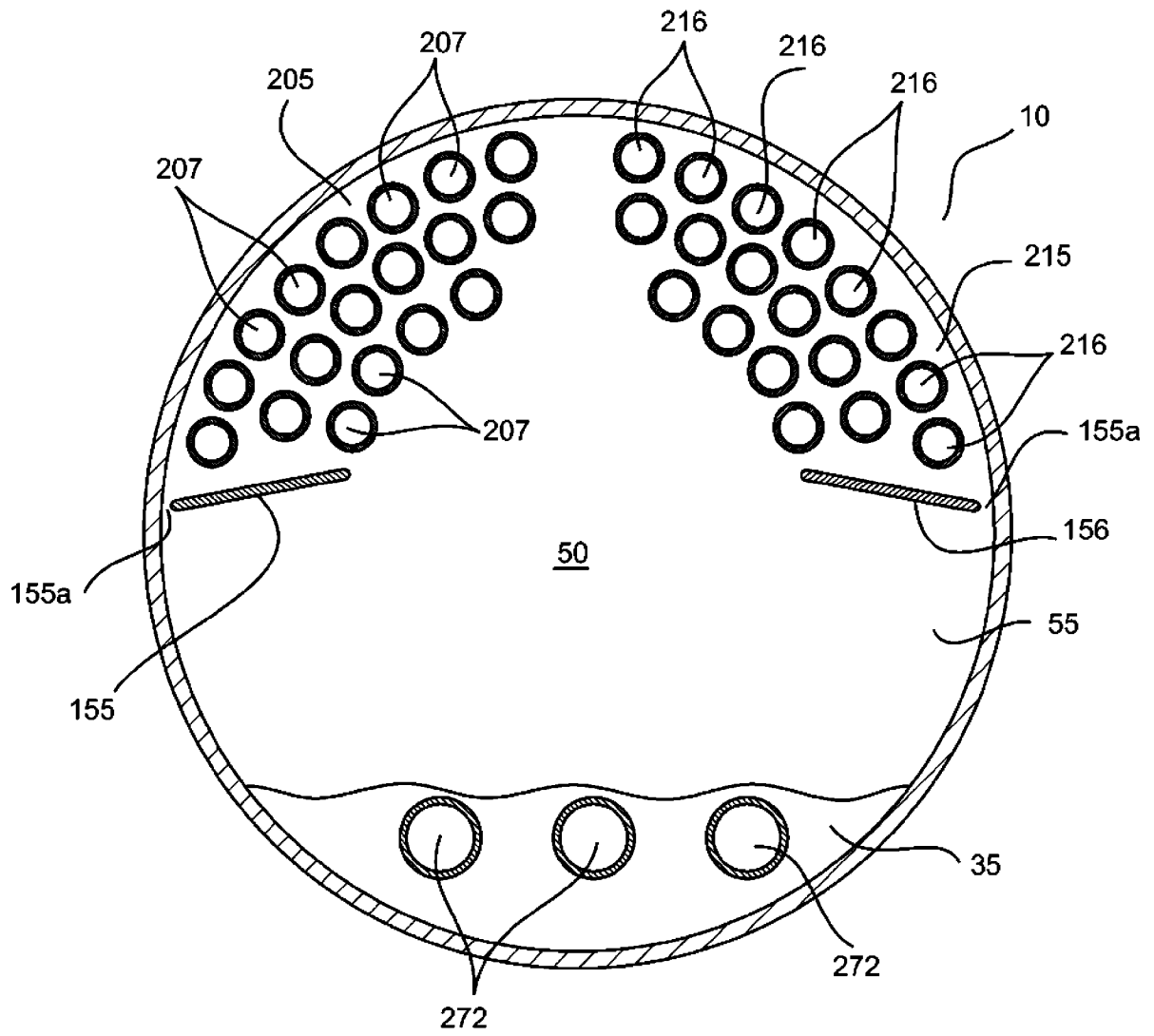
Фиг. 5



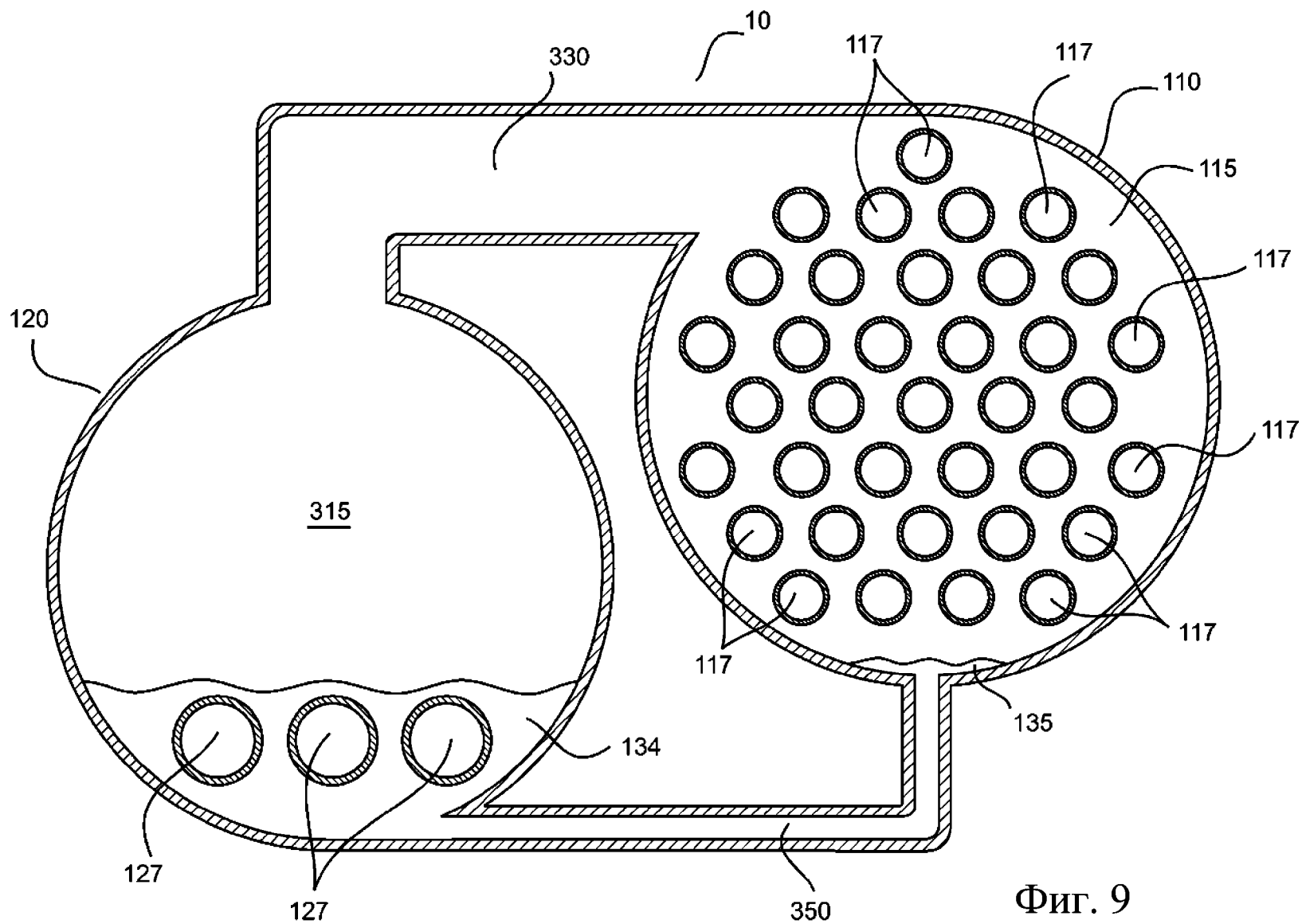
Фиг. 6



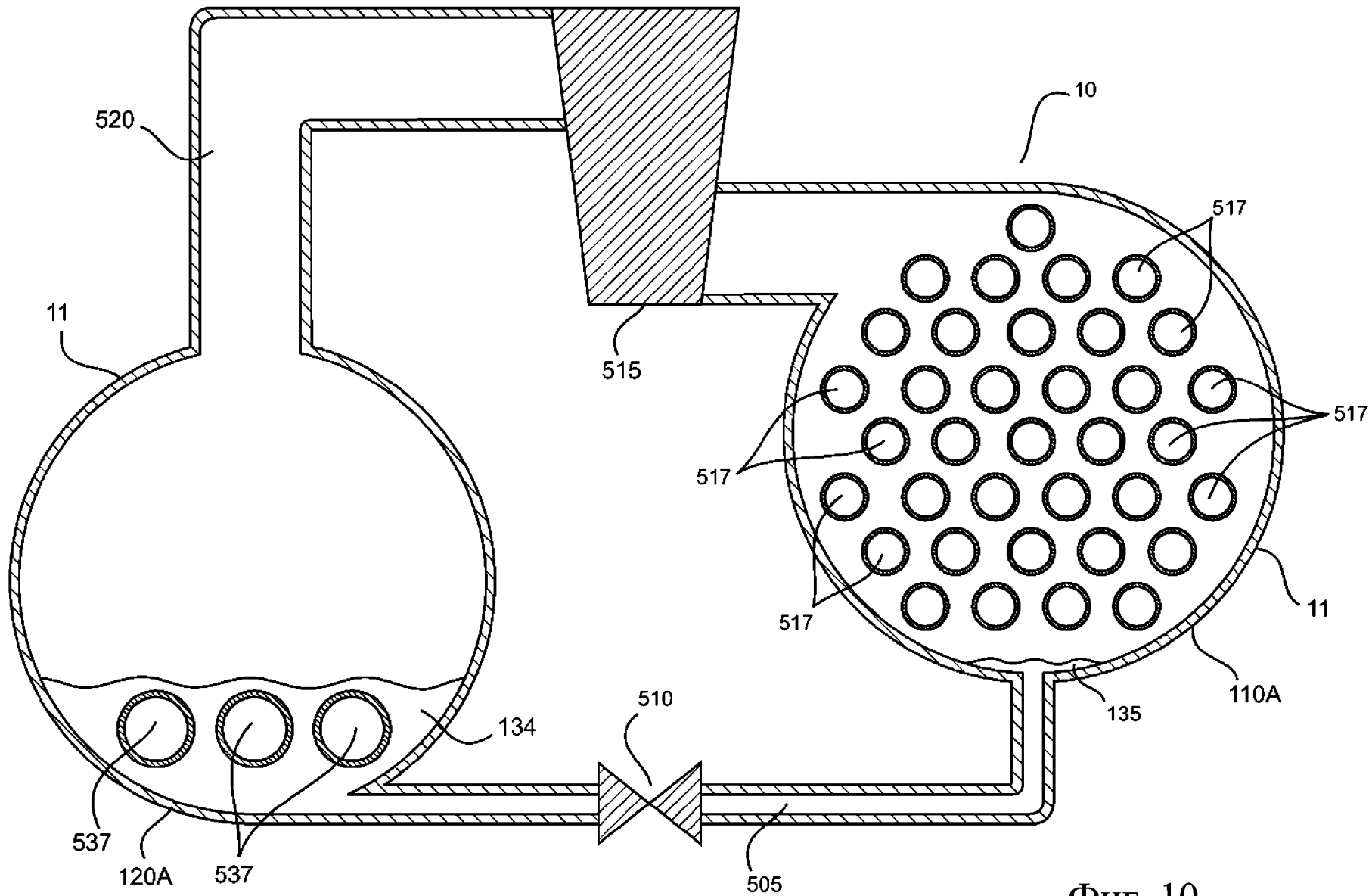
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10