

Изобретение относится к компактной ректификационной установке для разделения смешанных текучих сред в соответствии с ограничительной частью п.1 формулы изобретения, компактной испарительной установке для ректификационной установки в соответствии с ограничительной частью п.33 формулы изобретения, а также к ректификационному способу разделения смешанных текучих сред в соответствии с ограничительной частью п.34 формулы изобретения.

Работа традиционной ректификационной колонны, включающей пленочную колонну, заключается в том, что поток влажной флегмы, полученный в дефлегматоре вне зоны тепло- и массообмена между водяным паром и жидкостью, переносится к верху колонны. Таким образом, поток G паров и поток L жидкой флегмы являются постоянными на всех уровнях высоты колонны. Течение потока L жидкой флегмы обычно значительно интенсивнее течения потока P при отборе проб дистиллята (см. фиг. 1).

В пленочной колонне, подобно предлагаемой, поток L жидкой флегмы образуется непосредственно на всех уровнях высоты зоны тепло- и массообмена. Этот поток жидкой флегмы получают путем создания градиента температуры через теплообменную стенку на каждом уровне высоты колонны, и он протекает вниз по теплообменной стенке как тонкая пленка. Таким образом, создаются условия для принудительной конденсации паров $G1$ на высоте $h1$ идеализированного каскада разделения. Во время конденсации паров $G1$ в этом месте происходит одновременное формирование потока $L1$ жидкой флегмы, обогащенного нелетучими компонентами смеси, и формирование вторичного потока $G2$ паров, обогащенного легкими компонентами смеси (см. фиг. 2). Этот процесс повторяется вдоль высоты колонны до тех пор, пока не будет достигнута требуемая концентрация дистиллята на легких компонентах исходной смеси.

Задача данного изобретения состоит в том, чтобы повысить эффективность процесса тепло- и массообмена. Эта задача решается с помощью компактной ректификационной установки с признаками согласно п.1 формулы изобретения и с помощью компактной испарительной установки согласно признакам по п.33 формулы изобретения. И, наконец, задача решается с помощью способа согласно признакам по п.34 формулы изобретения.

В соответствии с изобретением вдоль высоты колонны предусматривается иррегулярный градиент температуры между обеими сторонами стенки теплообменной трубы. Таким образом, происходит иррегулярная передача тепловой энергии через стенку теплообменной трубы и/или между паровой фазой и жидкой фазой по меньшей мере на одной из сторон стенки теплообменной трубы, причем одна из возможных последовательностей может представлять собой иррегулярное формирование потока флегмы вдоль высоты колонны, которое согласуется со свойствами дистиллированной жидкости.

Избыток тепла, выделяемого во время формирования жидкой флегмы, выпускается через стенку тепло- и массообменной поверхности при избытке накопления тепла посредством внешнего кипящего теплоносителя, который заключен внутри пространства на противоположной стороне стенки тепло- и массообменной поверхности.

Предлагаемое изобретение позволяет получать низкие значения высоты идеализированного каскада разделения в пленочной колонне при высоких нагрузках столба потока паров, причем эти нагрузки сопоставимы с нагрузками для промышленных ректификационных колонн насадочного типа. В практических применениях это позволяет уменьшить высоту ректификационной колонны в 3-10 раз и уменьшить содержание разделяющих материалов в колонне в 50-100 раз по сравнению с обычными ректификационными колоннами.

Следует отметить, что теплопередача через стенки тепло- и массообменной трубы может изменяться в широких пределах вдоль высоты колонны и тепло- и массообменных труб, соответственно. Хотя предпочтительно испарять или конденсировать компоненты смешанных текучих сред во внутреннем пространстве тепло- и массообменных труб и обеспечивать наличие текучей среды-теплоносителя в межтрубном кольцевом пространстве вокруг тепло- и массообменных труб, в рамках объема притязаний изобретения сохраняется принципиальная возможность испарять и/или конденсировать смешанную текучую среду в пространстве снаружи тепло- и массообменных труб и пропускать текучую среду-теплоноситель через внутреннее пространство трубы.

Важно также упомянуть, что в целях, преследуемых предлагаемым изобретением, теплообмен происходит не только между обеими сторонами стенок тепло- и массообменных труб. Теплообмен также может происходить между смешанными компонентами и/или между паровой фазой и жидкой фазой смешанных текучих сред.

И, наконец, важно упомянуть, что массообмен компонентов смешанных текучих сред может происходить в пределах парового центрального потока, т.е. на некотором расстоянии от поверхностей стенок тепло- и массообменных труб, и/или массообмен между компонентами смешанных текучих сред может происходить между паровой фазой и жидкой легкоподвижной текучей средой на поверхности стенок тепло- и массообменных труб.

Одно из конкретных преимуществ данного изобретения заключается в том, что оно обеспечивает высокоэффективную ректификацию смешанных текучих сред в очень широком, практически неограниченном диапазоне. В частности, необязательна корреляция друг с другом температуры кипения и энергии конденсации и испарения компонентов смешанных текучих сред, которые подлежат разделению. В

частности, использование текучей среды-теплоносителя, которая сама представляет собой смешанную текучую среду, совершающую переходы между паровой и жидкой фазой, обеспечивает весьма эффективное средство изменения теплопередачи между обеими сторонами стенок тепло- и массообменных труб в очень широком диапазоне вдоль высоты тепло- и массообменных труб. Хотя температура стенок тепло- и массообменных труб может быть постоянной вдоль их высоты, эта температура предпочтительно будет изменяться в широких пределах вдоль высоты тепло- и массообменных труб для поддержания формирования иррегулярного профиля теплопередачи вдоль высоты тепло- и массообменных труб. Кроме того, формирование конкретного профиля флегмы вдоль высоты тепло- и массообменных труб, при котором флегма будет предпочтительно иррегулярной, т.е. не постоянной вдоль высоты тепло- и массообменных труб, будет стабилизировать равновесие между парами и жидкостью на каждой стадии перегонки (дистилляции), т.е. на различных уровнях высоты тепло- и массообменной трубы.

Краткое описание чертежей

На фиг. 3 показано формирование иррегулярного потока L жидкой флегмы для ректификационной части 12 колонны 10 вследствие иррегулярной теплопередачи вдоль высоты H тепло- и массообменной трубы 2 с уменьшающимся (снизу доверху) градиентом температур.

На фиг. 4 показано формирование иррегулярного потока жидкой флегмы для выпарной части 14 колонны 10 вследствие иррегулярной теплопередачи вдоль высоты H тепло- и массообменной трубы 2 с равномерно увеличивающимся (снизу доверху) градиентом температур.

На фиг. 5 показано формирование иррегулярного потока L жидкой флегмы для ректификационной части 12 колонны 10 вследствие иррегулярной теплопередачи вдоль высоты H тепло- и массообменной трубы 2 с неравномерно уменьшающимся (снизу доверху) градиентом температур.

На фиг. 6 показано формирование еще одного иррегулярного потока L жидкой флегмы для выпарной части 14 колонны 10 вследствие иррегулярной теплопередачи вдоль высоты H тепло- и массообменной трубы 2 с неравномерно увеличивающимся (снизу доверху) градиентом температур.

На фиг. 7 показана конструкция ректификационной колонны 10, обеспечивающей иррегулярную теплопередачу и формирование иррегулярного потока флегмы вдоль высоты тепло- и массообменной трубы 2.

На фиг. 8 - конструкция второго варианта колонны (ректификационной части).

На фиг. 9, 9а - конструкция третьего варианта колонны (ректификационной части).

На фиг. 10 - несколько примеров иррегулярных профилей ребер, расположенных вдоль внешней поверхности тепло- и массообменных труб.

На фиг. 11 - конструкция четвертого варианта колонны (ректификационной части).

На фиг. 12 - конструкция пятого варианта колонны (ректификационной части).

На фиг. 13 - шестой альтернативный вариант колонны (ректификационной части).

На фиг. 14 - схема технологического процесса колонны, построенная на основе вышеописанных конструкций пленочной колонны.

На фиг. 14а показана схема колонны для перегонки (дистилляции) газоконденсата месторождения Верх-Татарское в Западной Сибири.

На фиг. 15 показаны варианты конструкции ректификационной колонны 8 (вид I, фиг. 14, 14а).

На фиг. 16 - испаритель для колонн, изображенных на фиг. 14, 14а.

На фиг. 17 - вариант конструкции испарителя, отличающийся введением перегородок 408 с перфорированным поперечным сечением в пространство для паров.

На фиг. 18 - схема технологического процесса колонны, которая не имеет никаких ограничений производительности.

На фиг. 19 показана конструкция пленочного выпарного испарителя.

На фиг. 20 - другой вариант пленочного выпарного испарителя.

На фиг. 21 - третий вариант пленочного выпарного испарителя.

Подробное описание чертежей

В соответствии с фиг. 7, колонна 10 состоит из корпуса 1 с плитами 3 и 4 труб, между которыми закреплены тепло- и массообменные трубы 2. Внизу ректификационной части 12 колонны 10 имеется штуцер 7 (впускной и выпускной патрубков) для подачи теплоносителя и штуцер 6 (впускной патрубков) для возврата конденсата теплоносителя. Вверху колонны имеется мундштук 5 (впускной и выпускной патрубков) для выпуска паровой фазы теплоносителя и для возврата конденсата теплоносителя.

Колонна работает следующим образом. Через штуцер 7 межтрубное кольцевое пространство 100 колонны заполняют теплоносителем. Теплоносителем для ректификационной части 12 (секции колонны) может быть любая смешанная текучая среда с температурой кипения, находящейся в диапазоне от температуры кипения исходной смеси, т.е. ректифицируемой смеси, до температуры ($T_{В1}$) кипения ее нижекипящего дистиллята. Теплоносителем для выпарной части (секции колонны), которая рассматривается ниже, может быть любая жидкость или смешанная текучая среда с температурой кипения в диапазоне от температуры кипения исходной разделяемой смеси до температуры ($T_{В2}$) кипения вышекипящего компонента остатка.

Теплоноситель закипает под действием тепла конденсации паров дистиллированной жидкости,

причем конденсация имеет место на внутренних поверхностях стенок тепло- и массообменных труб 2 или избытка тепла, подводимого из внешнего источника через корпус 1. Пары теплоносителя поднимаются по межтрубному кольцевому пространству 100 и распределяются через фитинг или мундштук 5, ведущий в конденсатор возврата (не показанный на чертеже). Из конденсатора возврата дистиллят теплоносителя возвращается в межтрубное кольцевое пространство колонны через фитинг или мундштук 5, и/или через штуцер или фитинг 6. Так предотвращают утечку теплоносителя из колонны. Градиент температуры обеспечивается на разных высотах тепло- и массообменных труб 2 с регулированием уровня кипящего теплоносителя в колонне посредством штуцера или фитинга 7. Таким образом, обеспечивается как градиент при избытке разности температур кипения в паровой и жидкой фазах, так и их распределение вдоль высоты тепло- и массообменных труб 2.

На внутренних поверхностях стенок труб формируется поток жидкой флегмы, как указано в вышеизложенном описании. Флегма стекает со стенок труб в виде тонкой пленки. Пар дистиллированной жидкости поднимается вверх по трубам 2. Вдоль высоты труб 2 происходит процесс тепло- и массообмена между поднимающимся потоком пара и текущей вниз пленкой жидкой флегмы. Сверху труб 2 выходит чистая паровая фаза дистиллята жидкости, которая выпускается для конденсации и охлаждения. Внизу тепло- и массообменных труб 2 поток жидкой флегмы выводится из колонны, причем он либо выводится в качестве целевой фракции, либо подается в нижерасположенную секцию или в выпарную часть колонны.

Для дополнительного регулирования градиента температуры конденсатор возврата может быть снабжен регулятором давления (не показан на чертеже), причем технические средства, используемые для этого, известны в промышленности. Увеличение или уменьшение давления в межтрубном кольцевом пространстве 100 изменяет и температуру кипения теплоносителя, и градиент температуры между паром и жидкостью теплоносителя.

Альтернативная конструкция колонны, показанная на фиг. 8, похожа на конструкцию, описанную выше в связи с фиг. 7. Она отличается, во-первых, верхней частью трубного пространства: под зоной выпуска паров конденсата теплоносителя имеется распределительная тарелка 8. Во-вторых, тепло- и массообменные трубы 2 имеют переменную толщину стенок вдоль своей высоты. В каждом конкретном случае изменение толщины стенок определяется желаемым профилем формирования жидкой флегмы, как было показано в качестве примера на фиг. 3, 4, 5 или 6. Например, на фиг. 8 показан вариант с толщиной стенки тепло- и массообменной трубы 2, увеличивающейся на нижнем конце.

Колонна работает следующим образом. Пары кипящего теплоносителя поднимаются по межтрубному кольцевому пространству 100 и выводятся через фитинг 5 в конденсатор возврата, как было описано выше. Конденсат дистиллята возвращается через фитинг 5 и падает на распределительную тарелку 8. Таким образом, конденсат начинает подогреваться встречно-текущим паром в соединительном патрубке 5 и на тарелке 8. Слой 9 конденсата течет через зазоры между дном распределительной тарелки 8 и трубами 2 и протекает вниз по внешней поверхности труб 2 в виде тонкой пленки. Текущая вниз пленка конденсата также подогревается идущим вверх потоком пара теплоносителя. Будучи иррегулярной вдоль высоты колонны, теплопроводность стенок тепло- и массообменных труб 2 создает градиент температуры. И вновь достигается (горизонтальный) градиент температуры, как было описано в предыдущем варианте. Часть конденсата теплоносителя также может возвращаться через фитинг или штуцер 6. Тепло- и массообмен с внутренним пространством труб 2 в колонне происходит аналогично вышеописанному варианту.

Конкретный вариант осуществления, соответствующий фиг. 9 и 9а, отличается от предыдущего тем, что тепло- и массообменные трубы 2 имеют постоянную толщину стенок вдоль высоты. А на внешней поверхности этих труб 2 имеются ребра 15, имеющие переменное поперечное сечение вдоль их высоты. Градиент температуры для этого варианта достигается за счет градиента теплопроводности, обусловленного иррегулярным профилем ребер вдоль их высоты. На фиг. 10 приведено несколько примеров иррегулярных профилей ребер

- а) ширина ребра увеличивается книзу;
- б) ширина ребра уменьшается книзу;
- в) ширина ребра уменьшается к середине;
- г) ширина ребра неравномерно увеличивается книзу;
- д) ширина ребра неравномерно уменьшается книзу;
- е) теплопроводность ребра неравномерно изменяется с высотой за счет разной ширины и глубины пазов;
- ж) теплопроводность ребра неравномерно изменяется с высотой за счет отверстий разного диаметра, неравномерно расположенных на поверхности ребра. Работа колонны аналогична вышеописанным вариантам.

Четвертый вариант, соответствующий фиг. 11, отличается от предыдущего тем, что вместо ребер для достижения иррегулярного градиента температуры применяются внешние трубы 16А, установленные коаксиально на некотором расстоянии относительно тепло- и массообменных труб 2. Установленные таким образом трубы 16А перфорированы отверстиями 11, количество которых неравномерно распреде-

лено по высоте труб. Иррегулярность градиента температуры вдоль высоты тепло- и массообменных труб 2 достигается за счет поддерживаемых на внешней поверхности тепло- и массообменных труб 2 условий иррегулярной теплопередачи конвекцией вдоль высоты этих труб. Например, на фиг. 11 показан вариант с увеличением степени перфорации сверху вниз. Работа колонны аналогична вышеописанным вариантам.

Пятый вариант, соответствующий фиг. 12, отличается от предыдущего тем, что тепло- и массообменные трубы 2 окружены находящимися на некотором расстоянии от них коаксиально установленными трубами 16В, имеющими иррегулярные внутренние поперечные сечения (проходные сечения) вдоль их высот. В нижней и верхней частях труб 16В имеются отверстия 11 для доступа теплоносителя в тепло- и массообменные трубы 2 и для удаления его паров сверху. Иррегулярность градиента температуры вдоль высоты тепло- и массообменных труб 2 достигается за счет установления условий иррегулярной теплопередачи конвекцией с внешней поверхности труб 2 вдоль их высоты. Эта иррегулярность достигается (в частности) за счет градиента скорости паров теплоносителя, протекающего вокруг поверхности труб 2 в изменяющемся зазоре с трубами 16В. Например, на фиг. 12 показан вариант с уменьшением площади проходного сечения сверху вниз. Работа колонны аналогична вышеописанным вариантам.

Шестой вариант, соответствующий фиг. 13, похож на конструкцию, показанную на фиг. 8, и отличается от нее тем, что кипящий теплоноситель обеспечивает использование внешней камеры 611. Уровень теплоносителя предпочтительно ниже, чем плита 4 труб. Теплоноситель в камере 611 закипает за счет подвода тепла через стенки камеры от внешнего источника тепла (не показан на чертеже), например через рубашку. Камера 611 соединена и с плитой 4 труб через посредство фитинга или штуцера 6, и, кроме того, с дном корпуса 1 посредством соединительного патрубка 610. В плите 4 труб имеется канал 7В для прохождения конденсата теплоносителя. Пары теплоносителя проходят в межтрубное кольцевое пространство 100 колонны через соединительный патрубок или штуцер 6, а возврат конденсата теплоносителя в камеру происходит по каналу 7В и соединительному патрубку 610. Работа колонны аналогична вышеописанным вариантам. Толщина стенки трубы 2 уменьшается снизу вверх подобно тому, что показано на фиг. 8.

Можно также создавать варианты, в которых сочетается наличие иррегулярной толщины стенки тепло- и массообменных труб 2, иррегулярных ребер, неравномерно перфорированных внешних кожухов и/или внешних кожухов переменного поперечного сечения.

Обращаясь теперь к фиг. 14, следует отметить, что перегонная колонна, соответствующая этому изобретению, состоит из следующих основных узлов: подогревателя 302, подогревателя 304, испарителя 306, камеры 307 топки, ректификационной колонны 309, конденсатора 310, сепаратора 311 и конденсатора 326 возврата.

Пример 1. Перегонка нефти, полученной на месторождении Верх-Гатарское, Западная Сибирь

Колонна работает следующим образом. Нефть заранее подготавливают к перегонке по стандартной технологии. Сырая нефть выкачивается из резервуаров при потреблении 1250 кг/ч и по линии 301 движется к межтрубному кольцевому пространству подогревателя 302, состоящего из корпуса и труб. Температура сырой нефти составляет 10°C. Из колонны 308 по линии 313 дизельное топливо при температуре 250°C подается в трубное пространство подогревателя 302. Резко охлаждаясь до температуры 50°C, дизельное топливо снова нагревает сырую нефть до температуры 60°C. Паровая фаза нагретой нефти, включающая природный неконденсирующийся газ, отводится непосредственно в конденсатор 310 сверху подогревателя 302 по линии 317. Существует еще один возможный вариант, т.е. подача нефти в трубное пространство подогревателя 302 и подача дизельного топлива в межтрубное кольцевое пространство подогревателя 302.

Текущая фаза нагретой нефти подается в межтрубное кольцевое пространство подогревателя 304, состоящего из корпуса и труб, по линии 303. Нефтяной остаток при температуре 360°C подается в трубное пространство подогревателя 304 из выпарной части испарителя 306 по линии 315. Резко охлаждаясь до температуры 95°C, нефтяной остаток в обратном потоке нагревает сырую нефть до температуры 129°C. Также можно подавать сырую нефть в трубное пространство подогревателя 304, а нефтяной остаток - в упомянутое межтрубное кольцевое пространство.

Нагретая нефть проходит в межтрубное кольцевое пространство 341 начальной части испарителя 306 по линии 305. В испарителе нефть нагревается горячими газообразными продуктами сгорания, поступающими в обратном (встречно-текущем) потоке из камеры 307 топки по нагревательным трубам 340. В заключительной части испарителя 306 нефть нагревается до 360°C. Регулирование подачи нефти осуществляется посредством температуры нагревания в заключительной части испарителя 306, которая одновременно является выпарной частью колонны 308. Пары легких углеводородов из испарителя 306 попадают в колонну 308. Фракция нефтяного остатка, которая нагрелась до 360°C посредством выпарной части испарителя 306, отводится в подогреватель 304 для охлаждения. Из испарителя дымовые газы выпускаются по линии 321 в вытяжную трубу 337.

В колонне 308 с тепло- и массообменными трубами 350 происходит процесс тепло- и массообмена, в результате которого пары легких углеводородов разделяются на текучую фазу фракции дизельного топлива и паровую фазу фракции бензина. Высота тепло- и массообменной части колонны 308 составля-

ет 1,5 м. Дизельное топливо отводится из колонны через щелевую тарелку 320 в диапазоне температур 220-270°C и поступает для охлаждения в подогреватель 302. Пары фракции бензина, имеющие диапазон температур 110-120°C, подаются в конденсатор 310. В межтрубном кольцевом пространстве 100 колонны 308 теплоноситель кипит, обеспечивая высокую эффективность тепло- и массообменных технологических труб, как было описано ранее (в связи с фиг. 7-13). В качестве теплоносителя используют, например, смесь высококачественного спирта с водой. В рубашке 323 внизу колонны 308 по линии 322 подается часть топочных газов из линии 321, которые передают свое тепло теплоносителю в межтрубном кольцевом пространстве 100. Количество дополнительно подводимого тепла регулируется заслонкой 342. Затем дымовые газы отводятся из рубашки 323 по линиям 324 и 341 в вытяжную трубу 337. Вверху межтрубного кольцевого пространства 100 пары теплоносителя по линии 324 отводятся в конденсатор 326 возврата. Конденсат теплоносителя возвращается обратно в колонну по линии 326 и/или по линии 327. Линию 327 можно перекрывать частично или полностью посредством клапана 328. Теплоноситель в колонне 308 регулируется за счет его подвода в резервуар 338 по линии 339 или отвода из этого резервуара по этой линии. Конденсатор 326 возврата взаимосвязан с атмосферой посредством регулятора 343 давления. Этот регулятор 343 обеспечивает постоянное давление при атмосферном или повышенном давлении в межтрубном кольцевом пространстве 100. При изменении давления посредством регулятора 343 обеспечивается изменение температуры теплоносителя в колонне 308.

Пары фракции бензина сверху колонны 308 по линии 309 подаются в конденсатор 310. Здесь происходит конденсация и охлаждение фракции бензина до 30-50°C. Охлажденный бензин из конденсатора 310 поступает в сепаратор 311.

В сепараторе 311 осуществляется выделение природного газа и конденсата воды из ранее полученной фракции бензина. Снизу сепаратора 311 конденсат воды отводится по линии 334 в камеру 307 топки при потреблении 3 кг/ч. В камере топки конденсат газа проходит через змеевик 335. Здесь конденсат воды выделяется и подается в виде пара в камеру топки для нейтрализации горения остаточного углеводорода, сохраняющегося в исходном конденсате воды. Природный газ сверху сепаратора 311 подается по линии 329 через огнестойкое устройство 330 в горелке 331 для сжижения в камеру 307 топки. Потребление природного газа составляет 48 кг/ч. Бензин, освобожденный от воды и газа, выкачивается из сепаратора 311 по линии 312 в резервуары при потреблении 414 кг/ч.

Охлажденное дизельное топливо из подогревателя 302 выкачивается по линии 314 в резервуары при потреблении 454 кг/ч. Охлажденный нефтяной остаток выкачивается из подогревателя 304 в резервуары при потреблении 331 кг/ч.

Камера 307 топки имеет зажигающую горелку 332 и газовую горелку 331, для работы которых используется природный газ. Зажигающая горелка предназначена для запуска колонны в работу и может быть выключена при дальнейшей работе. На фиг. 14 показан вариант работы на дизельном топливе, которое получают из колонны по линии 333. Помимо этого, камера топки может быть снабжена аварийной горелкой (не показана на чертеже), которая обеспечивает надежность процесса сжигания природного газа. Дымовые газы из камеры топки подаются в нагревательные трубы испарителя 306 для нагревания и испарения нефти. Часть дымовых газов с избыточным теплом удаляют через вытяжную трубу 337. Количество дымовых газов, необходимое для работы испарителя, регулируют заслонкой 336. Остаточное тепло дымовых газов, отводимое из колонны, можно рекуперировать способами, известными в промышленности.

Пример 2. Перегонка газоконденсата, полученного на месторождении Верх-Татарское, Западная Сибирь

Схема колонны соответствует фиг. 14а, а колонна работает следующим образом. Газоконденсат из резервуара (не показанного на фиг. 14а) выкачивается при потреблении 1000 кг/ч по линии 301 в межтрубное кольцевое пространство подогревателя 302, состоящего из корпуса и труб. Топочное горючее при температуре 220-240°C подается в трубное пространство подогревателя 302 из испарителя 306 по линии 315. Резко охлаждаясь до температуры 40°C, топочное горючее нагревает в обратном потоке газоконденсат до температуры 31°C. Паровая фаза нагретого газоконденсата, включающая природный неконденсирующийся газ, отводится непосредственно сверху подогревателя 302 по линии 317 в конденсатор 310. Возможна также подача газоконденсата в трубное пространство подогревателя 302 и подача топочного горючего в межтрубное кольцевое пространство.

Нагретый газоконденсат поступает по линии 305 в межтрубное кольцевое пространство 341 начальной части испарителя 306. В этом испарителе газоконденсат нагревается горячими газообразными продуктами сгорания, поступающими в обратном потоке из камеры 307 топки по нагревательным трубам 340. В заключительной части испарителя 306 газоконденсат нагревается до 220-240°C. Регулирование подачи газоконденсата осуществляется посредством температуры нагревания в заключительной части испарителя 306, которая одновременно является выпарной частью колонны 308. Пары легких углеводородов из испарителя 306 попадают в колонну 308, а фракция топочного горючего, которая нагрелась до 220-240°C посредством выпарной части испарителя 306, отводится в подогреватель 304 для охлаждения. Из испарителя дымовые газы выпускаются по линии 321 в вытяжную трубу 337.

В колонне 308 в тепло- и массообменных трубах 2 происходит процесс тепло- и массообмена, в ре-

зультате которого пары легких углеводородов разделяются на текучую фазу, легкие фракции дизельного топлива и паровую фазу фракции бензина. Высота тепло- и массообменной части колонны составляет 1,5 м. Легкая фракция дизельного топлива возвращается в испаритель 306 и отводится из него в виде структуры фракции топочного горючего по линии 315 в подогреватель 302 для последующего охлаждения, а пары фракции бензина, имеющие температуру 105-115°C, подаются в конденсатор 310. Колонна 308 работает так же, как описано выше. Пары фракции бензина сверху колонны 308 по линии 309 подаются в конденсатор 310. Здесь происходит конденсация и охлаждение фракции бензина до 30-50°C. Охлажденный бензин из конденсатора 310 поступает в сепаратор 311.

В сепараторе осуществляется выделение природного газа и конденсата воды из ранее полученной фракции бензина. Снизу сепаратора 311 конденсат воды отводится по линии 334 в камеру 307 топки при потреблении 2,5 кг/ч. В камеры топки конденсат газа проходит через змеевик 335. Здесь конденсат воды выделяется и подается в виде пара в дымовую полость для нейтрализации горения остатков углеводорода, сохраняющегося в исходном конденсате воды. Природный газ сверху сепаратора 311 подается по линии 329 через огнестойкое устройство 330 в горелке 331 для сжигания в камере 307 топки. Потребление природного газа составляет 58 кг/ч. Бензин, освобожденный от воды и газа, выкачивается из сепаратора 311 по линии 312 в резервуары при потреблении 826,5 кг/ч.

Охлажденное дизельное топливо из подогревателя 302 выкачивается по линии 314 в резервуары при потреблении 103 кг/ч.

Камера 307 топки работает так, как описано выше.

На фиг. 15 показаны варианты конструкции ректификационной колонны 308 (вид I, фиг. 14, 14а), при этом

а) для создания наибольшего градиента температур вдоль высоты ректификационная колонна может состоять из двух или более секций, в каждой из которых имеется теплоноситель с различной температурой кипения;

б) для выбора промежуточных фракций ректификационная колонна может состоять из двух или более секций, каждая из которых имеет тарелки для отвода фракции в нижней части;

с) для создания наиболее эффективных условий процесса ректификации общее проходное сечение тепло- и массообменных труб в каждой последующей секции колонны уменьшается пропорционально потокам паровой и текучей фаз в колонне.

Испаритель для колонны, показанной на фиг. 14, 14а, представляет собой теплообменник, состоящий из корпуса и труб (см. фиг. 16). На торцах корпуса 401 расположены плиты 402 и 403 труб, в которых закреплены нагревательные трубы 404. Эти нагревательные трубы расположены таким образом, что сверху корпуса 401 имеется резервное межтрубное кольцевое пространство. На краю испарителя рядом с плитой 402 труб находится горловина 405, предназначенная для соединения с ректификационной колонной. Внизу корпуса 401 около плиты 402 труб расположен фитинг 407 для отвода остатка выпаривания. На противоположной стороне около плиты 403 труб имеется подающий патрубок 406 для подачи исходного материала в испаритель. Этот фитинг 406 может быть установлен как в основании корпуса 401, так и в слое на границе «пары - жидкость» вещества (не показано на чертеже). Испаритель работает следующим образом. Исходный материал, например нефть, подается в испаритель через подающий патрубок 406 и заполняет межтрубное кольцевое пространство, покрывая нагревательные трубы. Вверху испарителя имеется пространство для пропускаемых паров. В случае, когда в испаритель подают не нагретый исходный материал, этот подающий патрубок расположен в основании. В случае подачи нагретого исходного материала, который поддерживает паровую фазу, подающий патрубок 406 находится в слое на границе «пары-жидкость» вещества. Нефть проходит по нагревательным трубам 404 по направлению к горловине 405. Из камеры топки (не показанной на фиг. 16) поступают горячие дымовые газы, проходящие в противоположном направлении по нагревательным трубам и отводимые потом с противоположной стороны испарителя в сборник вытяжной трубы (не показан на фиг. 16). Таким образом, в испарителе будет осуществляться теплообмен обратным потоком (противотоком) между нефтью и дымовыми газами. По мере постепенного нагревания нефти во время ее движения, из нее высвобождаются легкие углеводороды. В конце (на правой стороне согласно фиг. 16) испарителя нефть нагревается до максимальной температуры разделяемых фракций, так что в области плиты 402 труб в жидкой форме остается лишь нефтяной остаток. Таким образом, завершающая часть испарителя одновременно является выпарной частью колонны. После этого нефтяной остаток сразу же выпускается из испарителя в фитинг 407. Время пребывания нефти при максимальной температуре не превышает несколько минут, так что образование углерода на поверхности нагревательных труб 404 исключается. Постепенное изменение и равномерное увеличение температуры кипения нефти способствует эффективному выделению фракций легких углеводородов. Пары фракций легких углеводородов, испаренные из нефти в начале процесса испарения, движутся параллельно через свободное пространство испарителя по направлению к поверхности нефти в этой колонне. Таким образом, на своем пути они встречаются с парами вышекипящих фракций. В результате взаимодействия паров происходит извлечение паровой фазы. В конце испарителя пары поднимаются до горловины 405, а потом поступают по ней в ректификационную колонну.

На фиг. 17 показан вариант конструкции испарителя, отличающийся введением перегородок 408 с

перфорированным поперечным сечением в пространство для паров.

Эти перегородки, в частности, погружены в кипящий слой нефти. Пары углеводородов, высвобождающихся из нефти, проходят сквозь перфорированные перегородки и становятся турбулизированными. Прохождение паров углеводородов сквозь перфорированные перегородки способствует повышению эффективности выпаривания на их поверхности и в пространстве между ними.

Количество нагретой нефти, находящейся в испарителе, не имеет решающего значения. Например, определяющий вместимость испарителя для колонны производительностью 10000 т в год технологический объем составляет 400 л нефти. Поскольку содержание углеводорода, находящегося в испарителе и пленочной колонне, не имеет решающего значения, существует возможность объединить колонну, испаритель и камеру топки в единый компактный отдельный агрегат, не нарушая нормы пожаро- и взрывобезопасности.

Конструкция колонны, предложенная на фиг. 14, 14а, позволяет создавать высокотехнологичные компактные ректификационные комплексы с выходом продукции, составляющим 100-150 т в год на основе обработанного исходного материала.

На фиг. 18 показана схема технологического процесса колонны, которая не имеет никаких ограничений производительности. Отличительным признаком этой колонны является пленочный выпарной испаритель 306а. Нагретая нефть подается по линии 305 сверху испарителя 306А и течет вниз в виде тонкой пленки по внутренним стенкам нагревательных труб 340а. Топочные газы из топки 307 подаются в межтрубное кольцевое пространство 341а через распределительный сборник 344 и выводятся из испарителя по линии 321. Протекая вниз, пленка нагревается. Из нее высвобождаются фракции легких углеводородов, которые поступают в ректификационную колонну 308. Оставшаяся фракция нефтяного остатка в жидком состоянии вытекает в выпарную часть и отводится по линии 315 в подогреватель 304. Выпарная часть испарителя имеет нагревательную рубашку 347. Часть дымовых газов отводится из полости 307 топки по линии 345 в нагревательную рубашку 347. Дымовые газы проходят через рубашку 347 и отводятся по линии 345а. Температура в выпарной части регулируется потреблением газов с помощью заслонки 348. Ниже будет приведено подробное описание конструкции и процедуры работы испарителя. За исключением этой информации, колонна работает так же, как описано выше (см. фиг. 14).

Использование пленочного испарителя позволяет снизить содержание нагретой нефти по сравнению с предыдущим вариантом испарителя (см. фиг. 16) в 50-100 раз. В сочетании с пленочной колонной обеспечивается возможность объединить колонну, испаритель и камеру топки в единый компактный отдельный агрегат, не нарушая нормы пожаро- и взрывобезопасности.

Конструкция колонны, предложенная на фиг. 19, позволяет создавать высокотехнологичные компактные ректификационные комплексы по обработке любого исходного материала (нефти, газоконденсата или их смесей, или других жидких смесей) без ограничений производительности.

На фиг. 19 показана конструкция пленочного выпарного испарителя.

Этот испаритель состоит из вертикального корпуса 1 с плитами 503 и 504 труб, между которыми закреплены нагревательные трубы 2. Внизу корпуса 1 расположен распределительный сборник 506 с окнами 507. Сборник 506 имеет соединительный патрубок 505 для ввода дымовых газов. Над окнами 507 расположены нижняя перегородка 509 с отверстиями 508 и коаксиальные нагревательные трубы 2. Сверху корпуса 1 расположен сборник 506а с окнами 507а. Сборник 506а имеет соединительный патрубок 510 для выпуска дымовых газов. Ниже окон 507а установлены верхняя перегородка 509а с отверстиями 508а и коаксиальные нагревательные трубы 2. Сверху к плите 503 труб прикреплен переходник 511 для соединения с ректификационной колонной. Переходник 511 имеет трубный штуцер 512 для подачи исходного материала и дефлектор 513. К нижней плите 504 труб подсоединен куб 514 с рубашкой 516. В основании куба имеется трубный штуцер 515 для слива остатка выпаривания. Рубашка 516 имеет трубный штуцер 517 для ввода дымовых газов и трубный штуцер 518 для их вывода.

Испаритель работает следующим образом. Исходный материал, например нефть, подается в испаритель через трубный штуцер 512 и попадает на поверхность плиты 503. Дефлектор 513 обеспечивает распределение нефти по этой поверхности. Нефть в виде тонкой пленки стекает вниз по внутренней поверхности нагревательных труб 2. Дымовые газы из камеры топки по соединительному патрубку 505 подаются в сборник 506 и равномерно распределяются через окна 507 в межтрубном кольцевом пространстве корпуса 1. За счет наличия отверстий 508 дымовые газы проходят сквозь перегородку 509 для нагревания внешней поверхности нагревательных труб 2. Отверстия 508 обеспечивают равномерное движение дымовых газов по нагревательным трубам 2. Это приводит к равномерному вертикальному градиенту температуры вдоль высоты испарителя. За счет наличия отверстий 508а и окон 507а охлажденные дымовые газы отводятся из межтрубного кольцевого пространства корпуса 1 в сборник 506а. Далее они отводятся через соединительный патрубок 510. В результате теплообмена обратным потоком (противотоком) происходит нагревание пленки нефти и высвобождение из нее фракций легких углеводородов. Пары углеводородов поднимаются по трубе 2 и взаимодействуют со стекающей пленкой жидкости. В результате, между ними осуществляется тепло- и массообмен. Происходит выпаривание нефти. Пары углеводородов, очищенные от вышекипящих фракций, покидают верхнюю часть нагревательных труб. Из переходника 511 эти пары поступают в ректификационную колонну. Внизу нагревательных

труб 2 пленка нефти нагревается до максимальной температуры разделяемых фракций, когда в жидкой фазе остается лишь нефтяной остаток. Пленка стекает в куб 514, откуда фракция нефтяного остатка отводится через трубный штуцер 515. Часть дымовых газов подается в рубашку 516 через трубный штуцер 517 для нагревания куба 514. Из этой рубашки дымовые газы отводятся через трубный штуцер 518.

Поддача нефти и дымовых газов осуществляется таким образом, что внизу нагревательных труб обеспечивается нагревание пленки до максимальной температуры разделяемых фракций. Температуру нагревания отслеживают по температуре нефтяного остатка, находящегося в кубе. Время пребывания нефти в испарителе при критической температуре не превышает одну минуту.

На фиг. 20 показан другой вариант пленочного выпарного испарителя.

Его конструкция и работа аналогичны тем, которые описаны выше. В зоне ввода дымовых газов из распределительного сборника 506 нагревательные трубы 2 окружены коаксиальными втулками 519, находящимися на некотором расстоянии друг от друга. Следовательно, между нагревательными трубами 2 и втулками 519 имеется кольцевой зазор. Втулки 519 защищают низ нагревательных труб от горячих топочных газов, что позволяет предотвратить опасность пригара пленки нефтяного остатка на внутренних поверхностях нижней части труб 2. Нагревательные трубы 2 между перегородками 509 и 509а расположены внутри коаксиально установленных ограничительных труб 520, что обеспечивает повышенную эффективность теплопередачи от дымовых газов к поверхности нагревательных труб 2. Для дополнительного повышения эффективности теплопередачи нагревательные трубы 2 могут иметь вертикальное или горизонтальное ребрение (которое не показано на чертеже).

На фиг. 21 показан третий вариант пленочного выпарного испарителя.

Его конструкция и работа аналогичны тем, которые описаны выше. Кольцевой зазор между втулками 519 и нагревательными трубами 2 заполнен теплоизоляционным материалом или сжижающимся веществом 521 с температурой кипения, не превышающей температуру разложения в диапазоне от температуры разложения исходной смеси до температуры разложения остатка выпаривания. В случае резкого скачка потребления и температуры топочных газов плавкое вещество в зазоре начинает плавиться. В пределах времени плавления сплава температура внизу труб стабилизируется, что обеспечивает защиту от пригара пленки нефтяного остатка на протяжении регулируемого времени протекания процесса. Непосредственно под нижней плитой 504 труб находится дополнительная тарелка 522. Пленка нефтяного остатка стекает в эту тарелку, а затем переливается через ее край на основание куба 514. За счет введения этой тарелки оказывается возможным дополнительное регулирование максимальной температуры нагревания.

Перечень позиций чертежей

- 1 корпус
- 2 тепло- и массообменные трубы
- 3 плиты труб
- 4 плиты труб
- 5 мундштук
- 6 штуцер
- 7 штуцер
- 7В канал
- 8 распределительная тарелка
- 9 слой конденсата
- 10 ребра
- 11 отверстия
- 12 ректификационная часть
- 13 колонна
- 14 выпарная часть
- 15 ребра
- 16А внешние трубы
- 16В внутренние трубы
- 100 межтрубное пространство
- 110 колонна
- 112 ректификационная часть
- 114 выпарная часть
- 114А тепло- и массообменные трубы
- 301 линия
- 302 подогреватель
- 303 линия
- 304 подогреватель
- 305 линия
- 306 испаритель
- 306А пленочный выпарной испаритель

307 камера топки
308 ректификационная колонна
310 конденсатор
311 сепаратор
312 линия
313 линия
314 линия
315 линия
316 линия
317 линия
320 щелевая тарелка
321 линия
322 линия
323 рубашка
324 линия
325 линия
326 конденсатор возврата
327 линия
328 клапан
329 линия
330 огнестойкое устройство
331 горелка
332 зажигающая горелка
333 линия
334 линия
335 змеевик
336 заслонка
337 вытяжная труба
338 резервуар
339 линия
340 нагревательные трубы
340а нагревательные трубы
341 межтрубное кольцевое пространство
341А межтрубное кольцевое пространство
342 заслонка
343 регулятор давления
344 распределительный сборник
345 линия
345А линия
346 заслонка
347 нагревательная рубашка
348 заслонка
401 корпус
402 плита труб
403 плита труб
404 нагревательные трубы
405 горловина
406 подающий патрубок
407 фитинг
408 перегородки с перфорированным поперечным сечением
503 плита труб
504 плита труб
505 соединительный патрубок
506 сборник
506А сборник
507 окна
507А окна
508 отверстия
508А отверстия
509 нижняя перегородка
510 верхняя перегородка
511 переходник

512 трубный штуцер
 513 дефлектор
 514 куб
 515 трубный штуцер
 516 рубашка
 517 трубный штуцер
 518 трубный штуцер
 519 коаксиальные втулки
 520 коаксиально установленные ограничительные трубы
 521 теплоизоляционный материал
 522 тарелка
 610 соединительный патрубок
 611 внутренняя камера G поток паров
 h1 высота разделения
 L поток жидкой флегмы
 P отбор проб дистиллята

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Компактная ректификационная установка для разделения смешанных текучих сред, включающая ректификационную башню или колонну, содержащую

а) внешний корпус,
 б) средство для вывода паровой фазы сверху башни или колонны,
 в) средство для вывода жидкой фазы снизу башни или колонны,
 г) трубные решетки или плиты, между которыми закреплена по меньшей мере одна тепло- и массообменная труба башни или колонны, причем трубные решетки поддерживают тепло- и массообменные трубы внутри внешнего корпуса,

д) средство для испарения смешанной текучей среды, имеющее средство для нагревания смешанной текучей среды,

причем внутреннее пространство тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб сообщается посредством текучей среды со средством для испарения,

при этом трубные решетки или плиты, тепло- и массообменная труба или тепло- и массообменные трубы и корпус ограничивают межтрубное кольцевое пространство между корпусом и трубой или трубами,

при этом трубные решетки или плиты, тепло- и массообменные трубы и корпус заполнены текучим теплоносителем и его парами и соединены с конденсатором возврата и со средством для подогревания теплоносителя, отличающаяся тем, что ректификационная колонна имеет средство для обеспечения переменной степени теплопередачи между пространствами изнутри и снаружи от стенки трубы вдоль высоты тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб.

2. Ректификационная установка по п.1, отличающаяся тем, что испаритель выполнен в виде теплообменника, состоящего из корпуса и труб, одна из камер которого соединена с (внутренним трубным или кольцевым) пространством ректификационной башни или колонны, при этом другая камера соединена со средством для нагрева смешанной текучей среды (исходной, разделяемой смеси).

3. Ректификационная установка по п.1 или 2, отличающаяся тем, что средство для нагревания смешанной текучей среды представляет собой топку, а рубашка испарителя соединена с топкой.

4. Ректификационная установка по одному из пп.1-3, отличающаяся тем, что средство для подогревания теплоносителя представляет собой топку и рубашку, которая соединена с топкой.

5. Ректификационная установка по одному из пп.1-4, отличающаяся тем, что средство для обеспечения переменной теплопередачи выполнено в виде регулятора уровня текучего теплоносителя в межтрубном кольцевом пространстве ректификационной колонны.

6. Ректификационная установка по одному из пп.1-5, отличающаяся тем, что для подачи в конденсатор возврата теплоносителя установлен регулятор давления.

7. Ректификационная установка по одному из пп.1-6, отличающаяся тем, что тепло- и массообменная труба или тепло- и массообменные трубы имеют переменную толщину стенок вдоль их высоты.

8. Ректификационная установка по одному из пп.1-7, отличающаяся тем, что средство для обеспечения переменной теплопередачи выполнено в виде плит или ребер, расположенных на тепло- и массообменной трубе или тепло- и массообменных трубах, и имеющих переменные поперечные сечения вдоль высоты тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб.

9. Ректификационная установка по одному из пп.1-8, отличающаяся тем, что средство для обеспечения переменной теплопередачи выполнено в виде направляющих труб, установленных вокруг тепло- и массообменных труб на некотором радиальном расстоянии и неравномерно перфорированных вдоль высоты тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб.

10. Ректификационная установка по одному из пп.1-9, отличающаяся тем, что средство для обеспечения переменной теплопередачи выполнено в виде направляющих труб, установленных вокруг тепло- и массообменных труб на некотором радиальном расстоянии и имеющих переменные внутренние поперечные сечения вдоль высоты тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб, при этом верхние и нижние части направляющих труб взаимосвязаны с межтрубным кольцевым пространством.

11. Ректификационная установка по одному из пп.1-10, отличающаяся тем, что внутреннее пространство тепло- и массообменных труб частично или полностью заполнено теплопередающими элементами, выполненными в виде спиралей, диаметр одной из которых находится в соотношении от 1:3 до 1:5 с меньшим (внутренним) диаметром тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб, при этом отношение диаметра спирали к длине спирали составляет от 1:1 до 1:3.

12. Ректификационная установка по п.5 или 6, отличающаяся тем, что регулятор уровня текучего теплоносителя в межтрубном кольцевом пространстве колонны выполнен в виде внешнего резервуара, сообщающегося посредством теплоносителя с межтрубным кольцевым пространством ректификационной колонны.

13. Ректификационная установка по одному из пп.1-12, отличающаяся тем, что она разделена на вертикальные секции, при этом внутренние трубные пространства тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб между этими секциями соединены.

14. Ректификационная установка по п.13, отличающаяся тем, что каждая секция ректификационной колонны имеет свое собственное межтрубное кольцевое пространство для предпочтительно отличающегося теплоносителя.

15. Ректификационная установка по п.13 или 14, отличающаяся тем, что между секциями имеются устройства для отбора проб промежуточных фракций.

16. Ректификационная установка по п.15, отличающаяся тем, что внутреннее поперечное сечение тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб в каждой последующей секции ректификационной колонны уменьшается пропорционально потокам водяного пара и/или фаз текучих сред в колонне.

17. Ректификационная установка по одному из пп.2-16, отличающаяся тем, что испаритель имеет горизонтально установленные нагревательные трубы, причем полости нагревательных труб взаимосвязаны с камерой топки, а межтрубное кольцевое пространство между нагревательными трубами и корпусом взаимосвязано с трубным пространством внутри тепло- и массообменных труб ректификационной колонны, вследствие чего сверху испарителя имеется свободный объем для паровой фазы.

18. Ректификационная установка по п.17, отличающаяся тем, что в свободном объеме сверху испарителя расположены перегородки с перфорированным поперечным сечением.

19. Ректификационная установка по одному из пп.1-18, отличающаяся тем, что испаритель непосредственно соединен с камерой топки, а ректификационная колонна установлена в зоне испарителя, примыкающей к камере топки, при этом конец для выпуска исходной разделяемой смеси находится на противоположной по отношению к камере топки стороне испарителя, а конец для выпуска остатка находится в нижней зоне испарителя, примыкающей к камере топки.

20. Ректификационная установка по одному из пп.2-16, отличающаяся тем, что испаритель выполнен в виде вертикально направленных нагревательных труб, полости которых взаимосвязаны с пространством (внутренним трубным или кольцевым пространством) тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб ректификационной колонны, а межтрубное кольцевое пространство между нагревательными трубами и корпусом взаимосвязано с камерой топки.

21. Ректификационная установка по п.20, отличающаяся тем, что ректификационная колонна установлена на верхнем торце испарителя, а камера топки соединена, в предпочтительном варианте - непосредственно, с низом межтрубного кольцевого пространства испарителя распределительного кольцевого сборника.

22. Ректификационная установка по п.21, отличающаяся тем, что сверху межтрубного кольцевого пространства испарителя имеется второй кольцевой сборник для вывода топочных газов.

23. Ректификационная установка по одному из пп.20-22, отличающаяся тем, что испаритель имеет впускной узел для исходной разделяемой смеси, который расположен над верхней трубной решеткой испарителя, а выпускной узел для остатка расположен под нижней трубной решеткой, вследствие чего испаритель имеет рубашку, полость которой соединена с камерой топки.

24. Ректификационная установка по одному из пп.21-23, отличающаяся тем, что распределительный кольцевой сборник или второй кольцевой сборник имеет или оба они имеют верхнюю или нижнюю перегородки, соответственно, например, с кольцевыми зазорами вокруг нагревательной трубы или нагревательных труб.

25. Ректификационная установка по п.24, отличающаяся тем, что поверхности нагревательной трубы или нагревательных труб, расположенные между нижней трубной решеткой и нижней перегородкой, окружены защитными втулками с кольцевыми зазорами вокруг нагревательных труб.

26. Ректификационная установка по п.25, отличающаяся тем, что зазоры между защитными втулка-

ми и нагревательными трубами заполнены теплоизоляционным материалом.

27. Ректификационная установка по п.25, отличающаяся тем, что зазоры между защитными втулками и нагревательными трубами заполнены сжижающимся веществом с температурой плавления, не превышающей температуру разложения исходной смеси и температуру разложения остатка.

28. Ректификационная установка по одному из пп.20-27, отличающаяся тем, что поверхности нагревательных труб между нижними и верхними перегородками окружены коаксиально расположенными ограничительными трубами.

29. Ректификационная установка по одному из пп.1-28, отличающаяся тем, что рубашка средства для нагревания теплоносителя расположена на дне колонны.

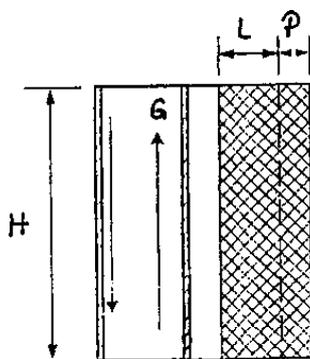
30. Ректификационная установка по одному из пп.1-29, отличающаяся тем, что рубашка средства нагревания теплоносителя содержит резервуар, в котором размещен теплоноситель, а верхний уровень этого резервуара находится ниже колонны.

31. Ректификационная установка по одному из пп.1-30, отличающаяся тем, что теплоноситель для ректификационной секции колонны представляет собой жидкость или смешанную текучую среду с температурой кипения в диапазоне от температуры кипения исходной разделяемой смеси до температуры кипения нижекипящего компонента дистиллята.

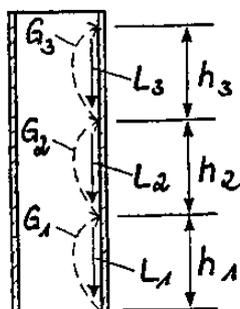
32. Ректификационная установка по одному из пп.1-31, отличающаяся тем, что носитель для выпарной или испарительной секции колонны представляет собой жидкость или смешанную текучую среду с температурой кипения в диапазоне от температуры кипения исходной разделяемой смеси до температуры кипения вышекипящего компонента остатка.

33. Испарительная колонна, имеющая тепло- и массообменные трубы по одному из пп.20-32, отличающаяся тем, что испарительная колонна имеет средство для обеспечения переменной степени теплопередачи вдоль высоты тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб между пространствами изнутри и снаружи от стенки трубы или стенок труб.

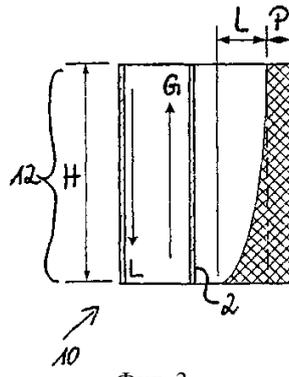
34. Ректификационный способ разделения смешанных текучих сред с использованием ректификационной установки по одному из пп.1-33, отличающийся тем, что он включает изменение степени теплопередачи вдоль высоты тепло- и массообменной трубы или тепло- и массообменных труб между пространствами изнутри и снаружи от стенки трубы или стенок труб.



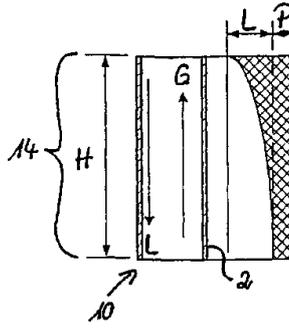
Фиг. 1



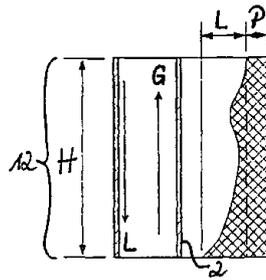
Фиг. 2



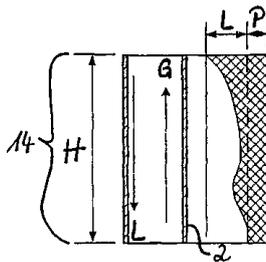
Фиг. 3



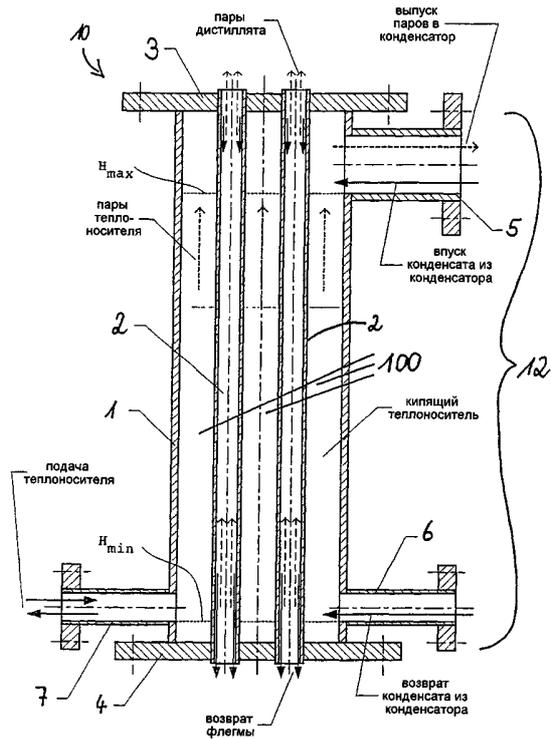
Фиг. 4



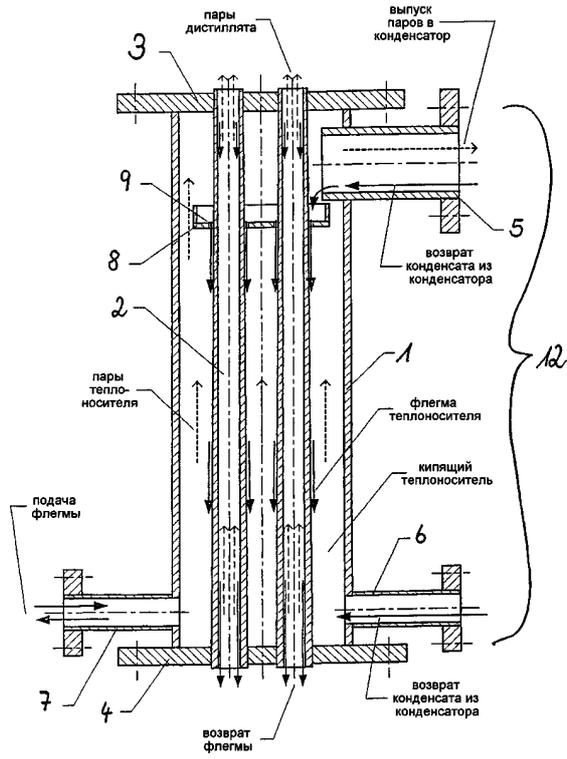
Фиг. 5



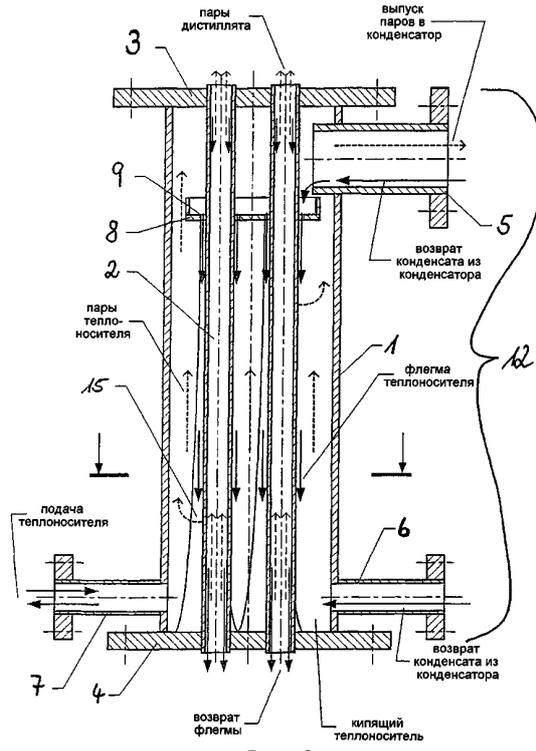
Фиг. 6



Фиг. 7

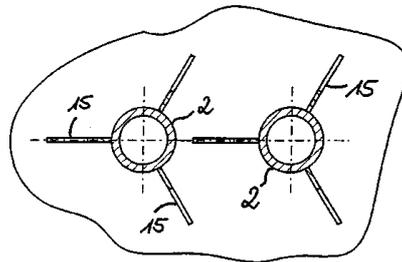


Фиг. 8

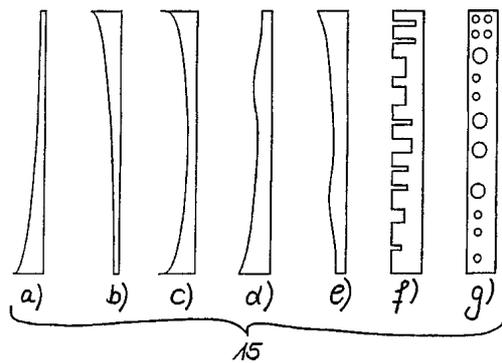


Фиг. 9

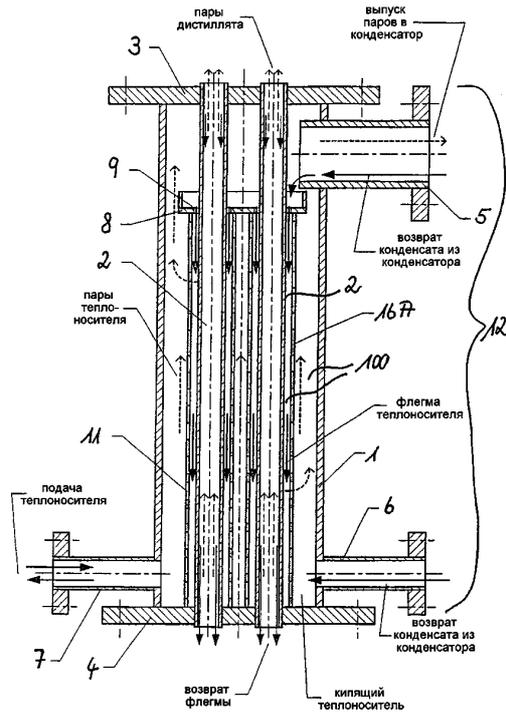
А-А



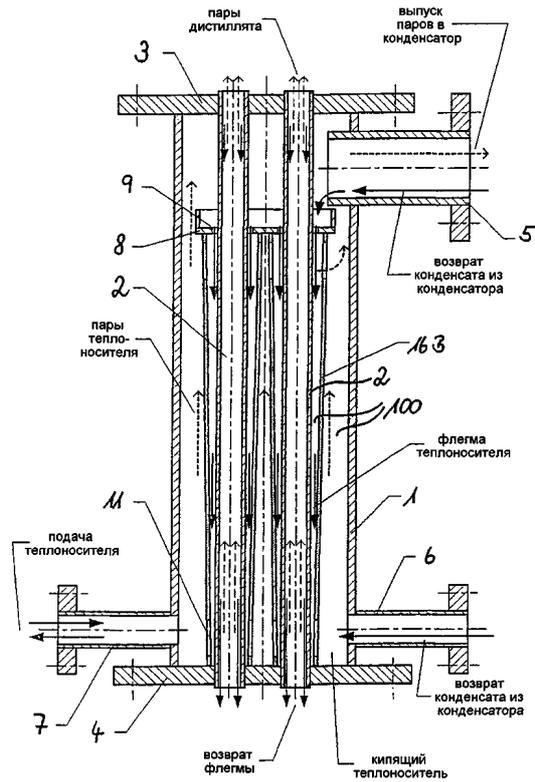
Фиг. 9а



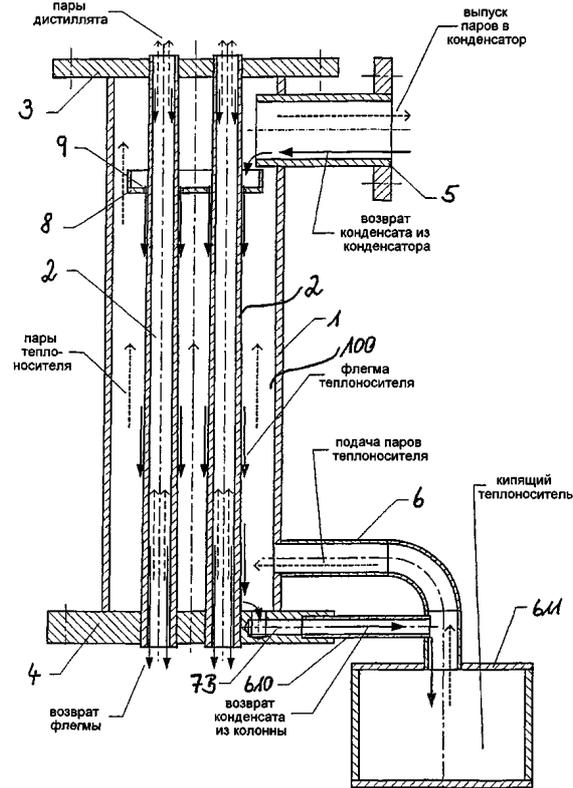
Фиг. 10



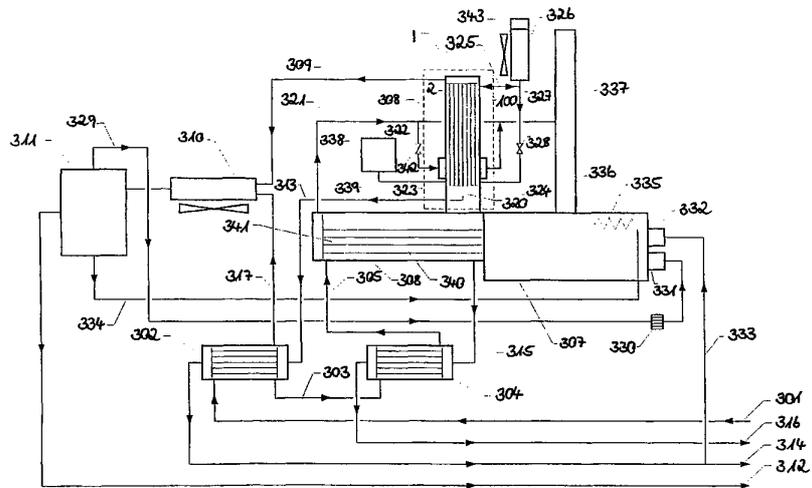
Фиг. 11



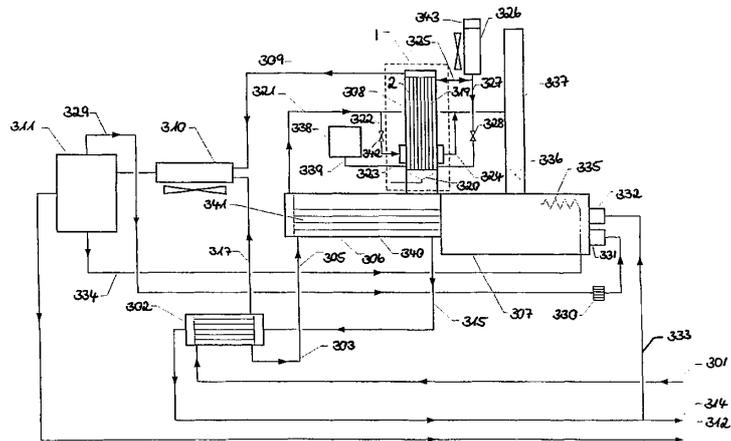
Фиг. 12



Фиг. 13

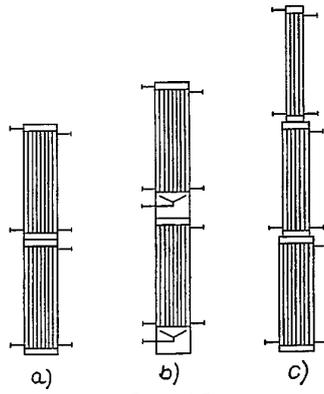


Фиг. 14

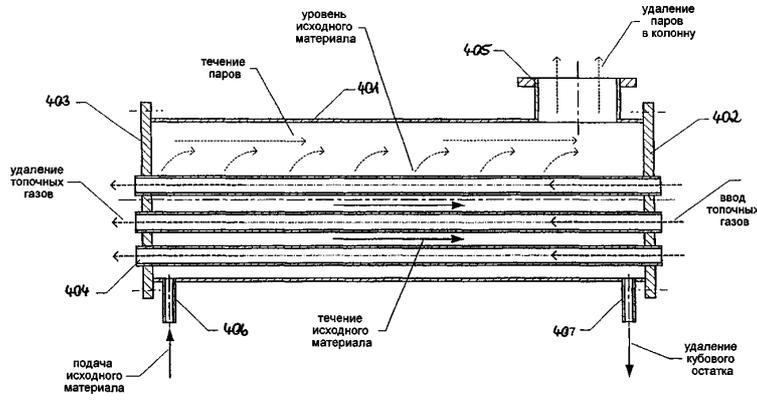


Фиг. 14а

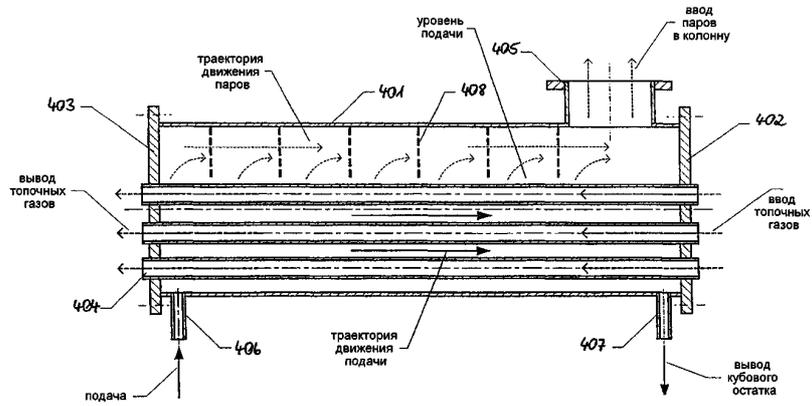
Вид I



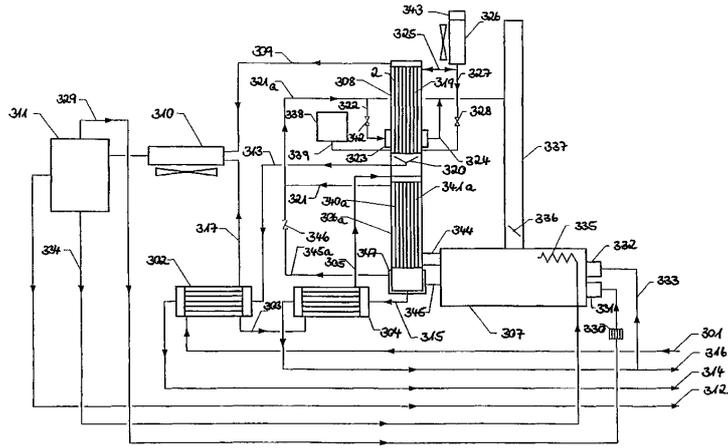
Фиг. 15



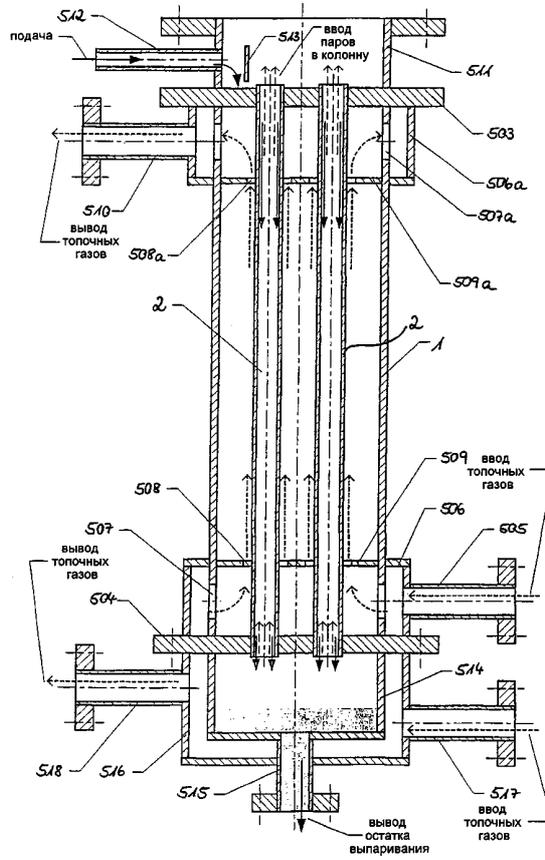
Фиг. 16



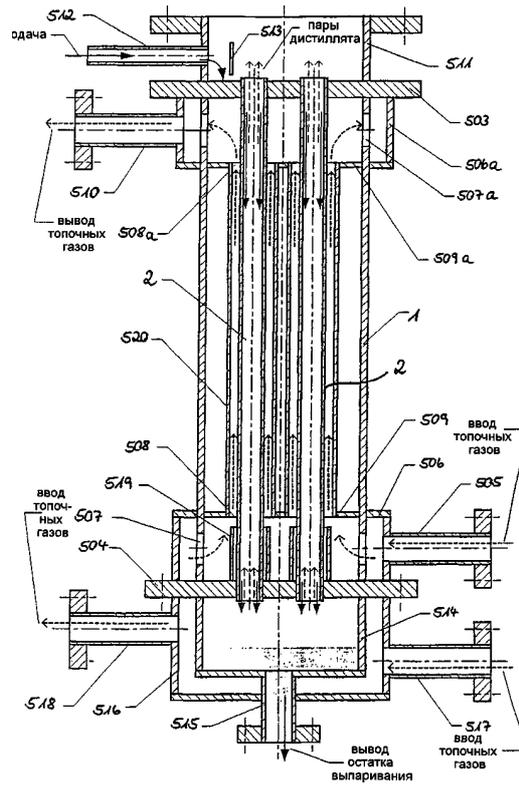
Фиг. 17



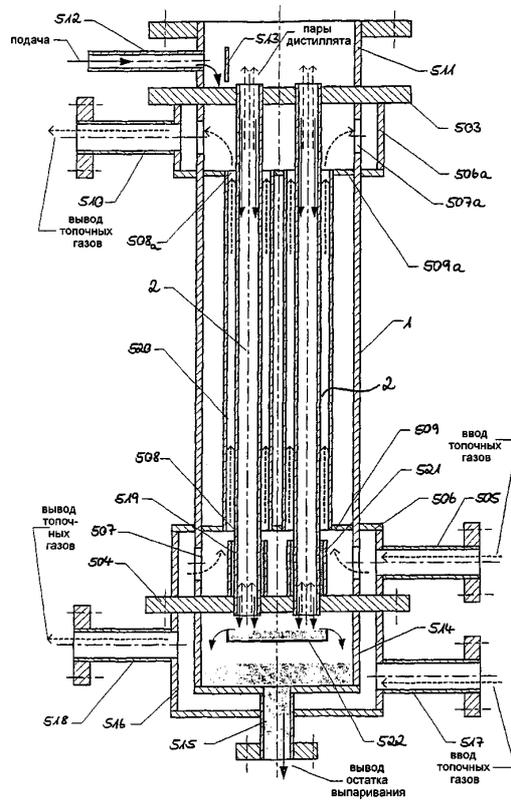
Фиг. 18



Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21

