

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038769**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2021.10.18**

**(51)** Int. Cl. **C10G 7/12 (2006.01)**  
**C10G 11/00 (2006.01)**

**(21)** Номер заявки  
**202092455**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2019.04.04**

---

**(54) СТРУКТУРИРОВАННАЯ НАСАДКА ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДИСТИЛЛЯЦИИ**

---

**(31)** **62/656,219**

**(32)** **2018.04.11**

**(33)** **US**

**(43)** **2021.02.28**

**(86)** **PCT/US2019/025791**

**(87)** **WO 2019/199571 2019.10.17**

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ЛАММУС ТЕКНОЛОДЖИ ЭлЭлСи**  
**(US)**

**(56)** US-A-5730843  
US-B1-6299845  
TAYLOR, R. et al., "Modelling reactive distillation", Chemical Engineering Science, 2000, Vol. 55, No. 22, pages 5183-5229 See pages 5189-5194; and figures 8-16.  
US-A1-20050016830  
JP-A-07256083

**(72)** Изобретатель:  
**Чэнь Лян, Лезос Питер, Лью**  
**Перри, Томсула Брайан, Гротен**  
**Виллиброрд А., Подрebarак Гэри Г.**  
**(US)**

**(74)** Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

---

**(57)** Каталитическая дистилляционная структура, которая включают жесткий каркас, имеющий по меньшей мере две решетки с множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, установленных на указанных решетках с образованием множества проходов для текучей среды между множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Кроме того, каждая из горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок может иметь профиль шестигранного многоугольника. Кроме того, каталитическая дистилляционная структура может включать множество вертикально расположенных пластин или проволоки, соединяющих вертикально выровненные трубки множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Более того, множество вертикально расположенных пластин или проволоки соединяются от угла одной вертикально выровненной трубки до угла соседней вертикально выровненной трубки.

---

**038769**  
**B1**

**038769**  
**B1**

### **Уровень техники Область техники**

Варианты осуществления изобретения в данном документе в широком смысле относятся к дистилляционной структуре, которая может выполнять двойную функцию катализатора реакции и поверхности массового обмена для дистилляции. Более конкретно, варианты осуществления в данном документе относятся к неподвижной дистилляционной структуре, которая может содержать твердые частицы катализатора. Дистилляционная структурная насадка, предложенная в изобретении, может выполнять двойную функцию, обеспечивая как катализатор для каталитической реакции, так и поверхность массового обмена для дистилляции.

### **Предшествующий уровень техники**

Каталитическая дистилляция представляет собой область реакционной дистилляции, которая объединяет процессы дистилляции и катализа для селективного разделения смесей в растворах. Основная функция каталитической дистилляции состоит в том, чтобы максимально повысить выход в органических каталитических реакциях, таких как очистка бензина. Кроме того, катализаторы, используемые для каталитической дистилляции, составлены из разных веществ и упакованы на разных объектах. Например, различные вещества могут иметь высокую реакционную способность, что может значительно повысить скорость реакции, делая их эффективными катализаторами. Как правило, формы, в которые катализаторы упакованы, образуют геометрическое расположение, которое создает промежутки в области (то есть, в слое катализатора) в дистилляционной колонне, где реагент и катализатор вступают в контакт с образованием продуктов. Этот промежуток предназначен для обеспечения распределения катализаторов внутри колонны. В колонне каталитической дистилляции жидкие реагенты подвергаются катализу при одновременном нагревании. В результате продукты сразу же начинают испаряться и отделяться от исходного раствора. За счет одновременного катализа и нагревания реагентов вновь образованные продукты быстро выкипают из системы.

Проводимые параллельно взаимодействие и отделение продуктов от реагентов реализуют на практике уже некоторое время, и их преимущества признаны. Примеры использования параллельно проводимых взаимодействия и дистилляции описаны в патентах США (этерификация) 4232177, 4307254, 4336407, 4504687, 4918243 и 4978807; (димеризация) 4242530; (гидратация) 4982022; (диссоциация) 4447668; и (ароматическое алкилирование) 4950834 и 5019669, а также в других более недавних патентах, отнесенных к технологиям каталитической дистилляции и/или технологии Lumtus, полные указания которых включены в данный документ посредством ссылки.

Предложено несколько разных каталитических дистилляционных структур. См., например, патенты США №№ 4302356 и 4443559, в которых катализатор в форме частиц помещен внутри карманов на матерчатой ленте, обмотанной демистерной проволокой, с образованием каталитической дистилляционной структуры, и патент США № 4731229, который раскрывает насадку с гофрированными элементами и лентой для формирования блока катализатора (все указания патентов включены в данный документ посредством ссылки). Высокоэффективная насадка модифицирована так, чтобы она вмещала катализатор, как описано в патентах США №№ 5073236 и 5730843, все указания которых включены в данный документ посредством ссылки.

Патент США № 5730843 раскрывает контактную структуру, включающую жесткую раму, состоящую, по меньшей мере, из двух по существу вертикальных дублирующих решеток, и множества по существу горизонтальных трубок ромбовидной формы, установленных на решетках, с образованием путей текучей среды между трубками.

### **Сущность изобретения**

Краткое изложение представлено, чтобы ввести ряд понятий, которые дополнительно описаны ниже в подробном описании. Это краткое изложение не предназначено для выявления ключевых или существенных признаков заявленного объекта и не предназначено для использования в качестве вспомогательного средства при ограничении объема заявленного объекта изобретения.

В одном аспекте варианты осуществления, раскрытые в изобретении, относятся к каталитической дистилляционной структуре, которая может включать жесткий каркас, имеющий по меньшей мере две решетки с множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, установленных на указанных решетках, с образованием множества проходов для текучей среды между множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Кроме того, каждая из горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок может иметь профиль шестигранного многоугольника. Также каталитическая дистилляционная структура может включать множество вертикально расположенных пластин или проволок, соединяющих вертикально выровненные трубки множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Более того, множество вертикально расположенных пластин или проволок соединяются от угла одной вертикально выровненной трубки до угла соседней вертикально выровненной трубки.

В одном аспекте варианты осуществления, раскрытые в данном изобретении, относятся к дистилляционному колонному реактору для одновременного проведения реакций и отделения продуктов от реагентов, который может включать вертикально расположенный сосуд и одну или несколько каталити-

ческих дистилляционных структур, размещенных в вертикально расположенном сосуде. Кроме того, каталитическая дистилляционная структура может включать жесткий каркас, имеющий, по меньшей мере, две решетки с множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, установленных на указанных решетках, с образованием множества проходов для текучей среды между множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Каждая из горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок может иметь профиль шестигранного многоугольника. Кроме того, каталитическая дистилляционная структура может включать множество вертикально расположенных пластин или проволок, соединяющих вертикально выровненные трубки множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Более того, множество вертикально расположенных пластин или проволок соединяются от угла одной вертикально выровненной трубки до угла соседней вертикально выровненной трубки.

Преимущество вариантов осуществления настоящего изобретения состоит в том, что может быть получена более высокая подвижность текучих сред внутри дистилляционных колонн. Дополнительным преимуществом является то, что каталитические дистилляционные структуры в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения могут обеспечить более высокие характеристики дистилляции, чем характеристики структур, раскрытых в предшествующем уровне техники. Другие аспекты и преимущества будут очевидны из приведенного ниже описания и прилагаемой формулы изобретения.

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 иллюстрирует схематичное поперечное сечение насад очной структуры, показывающее содержащий катализатор элемент и пространственное соотношение в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2А-2Н иллюстрируют схематичное поперечное сечение насадочной структуры, показывающее содержащий катализатор элемент и пространственное соотношение в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 иллюстрирует вид в изометрии насадочной структуры, представленной пространственными соотношениями фиг. 1.

Фиг. 4 иллюстрирует вид в изометрии жесткого каркаса для насадочной структуры в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5 иллюстрирует схематичный вид насадочной структуры, расположенной в дистилляционном колонном реакторе, в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

#### **Подробное описание**

Ниже подробно описаны варианты осуществления настоящего изобретения со ссылкой на сопровождающие фигуры. На разных фигурах подобные элементы обозначены подобными ссылочными позициями для согласованности. Кроме того, в приведенном ниже подробном описании представлены многочисленные характерные детали, чтобы обеспечить более глубокое понимание заявленного объекта изобретения. Однако специалисту в данной области техники будет понятно, что описанные варианты осуществления могут быть реализованы на практике без характерных деталей. В других случаях хорошо известные признаки подробно не описаны, чтобы исключить ненужное усложнение описания.

В одном аспекте варианты осуществления, описанные в данном документе, относятся к структурной насадке для каталитической дистилляции. Как используется в данном случае, термин "связанный" или "связанный с" или "соединенный с" или "присоединенный к" может указывать на установление или прямого, или непрямого соединения, и не ограничен ни тем, ни другим, если нет прямой ссылки на такое. Везде, где это возможно, на фигурах используют подобные или идентичные ссылочные позиции, чтобы определить общие или одинаковые элементы. Фигуры не обязательно выполнены в масштабе, и некоторые фигуры и некоторые виды для ясности могут быть показаны в увеличенном масштабе.

Каталитические дистилляционные структуры в соответствии с вариантами осуществления изобретения представляют собой приспособления, которые включают множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, расположенных в решетке, могут включать соединение для переноса жидкости (например, проволоку) между вертикально соседними трубками, и трубки внутри множества решеток, которые размещены при определенной компоновке, могут находиться внутри рамы или корпуса рамы (то есть, жесткого каркаса). Расположение и форма горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок внутри рамы существенно снижает сложность и упрощает конструкцию, при этом улучшает одну или несколько характеристик из числа загрузки катализатора, показателей разделения и гидравлической мощности каталитической дистилляционной структуры. Горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки установлены по всем решеткам для направления и создания путей потока для текучей среды в каталитической дистилляционной структуре. Как используется в данном случае, текучие среды могут означать жидкости, газы и/или их смеси. Кроме того, могут быть использованы пластины для соединения горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, которые вертикально выровнены внутри рамы. Более того, вертикально выровненные трубки, соединенные через пластины, могут включать первую группу, которая может быть смещена по соседству со второй группой вертикально выровненных трубок, соединенных через пластины.

Традиционные каталитические дистилляционные структуры, как правило, имеют трубки с неболь-

шой загрузкой катализатора для усиления гидравлической мощности традиционной каталитической дистилляционной структуры. Традиционные каталитические дистилляционные структуры могут включать пространную компоновку и расположение проницаемых для текучей среды трубок, которые создают небольшую область для загрузки катализатора, с обширными сварными швами и требующими большого числа проницаемых для текучей среды трубок. В некоторых случаях проницаемые для текучей среды трубки создают путь турбулентного потока для текучей среды, перемещающейся внутри традиционной каталитической дистилляционной структуры, и могут включать сложные изгибы или изменения ориентации. Такие обычные каталитические дистилляционные структуры могут быть как более тяжелыми по массе, так и также более дорогими при производстве из-за большего числа деталей, компонентов и сварных швов. Соответственно, один или несколько вариантов осуществления в настоящем изобретении могут быть использованы, чтобы преодолеть такие проблемы, а также чтобы обеспечить дополнительные преимущества в сравнении с традиционными каталитическими дистилляционными структурами, которые будут очевидны для специалиста в данной области техники.

В отличие от ромбовидной структуры патента США № 5730843 каталитические дистилляционные структуры в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения включают формы и структуру, которые могут способствовать превосходным характеристикам потока жидкости и/или пара. Каталитические дистилляционные структуры, раскрытые в изобретении, включают контактную структуру, содержащую вертикальные пластины. Каждая вертикальная пластина включает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Вертикальные соединения между каждой из проницаемых для текучей среды трубок могут облегчать перенос жидкости между вертикально размещенными соседними горизонтальными трубками, обеспечивая в результате поток жидкости, чтобы поддерживать катализатор или размещать его внутри каждой горизонтальной трубки в увлажненном состоянии.

Вертикальные пластины могут быть расположены с интервалами по соседству друг с другом, где трубки смещены вертикально, создавая решетку, имеющую эффективную упаковку пластин и извилистый путь для пара (открытое пространство между соседними пластинами). Вертикальное соединение между каждой вертикально соседней проницаемой для текучей среды трубкой может представлять собой сплошное соединение или может представлять собой множество проволок или волокон, взаимно связывающих трубки. Вертикальное соединение между трубками одной пластины должно быть выполнено из материала, который облегчает сообщение жидкости между вертикально соседними трубками, нежели допускает свободное падение капель жидкости со дна трубки, так как свободное падение капель жидкости может привести к уносу и пониженным эксплуатационным характеристикам структуры.

Конфигурация трубок может быть такой, чтобы направлять поток жидкости к частицам катализатора, находящимся внутри трубок. В некоторых вариантах осуществления смачивание катализатора происходит легко благодаря движению жидкости, перемещающейся вниз по пластине. В других вариантах осуществления смачивание катализатора может быть усилено или изменено за счет внешней формы трубок. В еще одних других вариантах осуществления установлено, что движение жидкости и движение пара может быть направлено через плотноупакованную решетку, где форма трубок позволяет усиливать гидравлическую мощность, увеличивать загрузку катализаторов и в целом улучшать эксплуатационные характеристики структуры в сравнении с ромбовидными трубками предшествующего уровня техники, как отмечалось выше.

В одном или нескольких вариантах осуществления структурированная насадка по настоящему изобретению может включать гексагональные трубки, установленные вдоль каждой из вертикальных пластин, причем пластины собраны бок о бок с образованием новой структурной насадки. Гексагональные трубки могут вмещать больше катализатора в горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок с улучшением загрузки катализатора без ущерба для гидравлической мощности в сравнении с традиционными каталитическими дистилляционными структурами, частично благодаря горизонтальным проницаемым для текучей среды трубкам, имеющим профиль шестигранного многоугольника, с пластинами, соединяющими вертикально выровненные горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки. Полученная структура может иметь плавные переходы между соседними горизонтальными проницаемыми для текучей среды трубками для каталитических дистилляционных структур.

Кроме того, каталитическая дистилляционная структура может содержать компоненты, которые легко согнуть в форму (например, горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки, выполненные из плоских сетчатых листов), то есть, не требующие минимальной сварки, ослабляющие контроль допустимых отклонений и улучшающие их производство (то есть, пониженные затраты и сокращенное время на производство). Более того, структурированная насадка для каталитической дистилляционной структуры может нуждаться в меньшем количестве горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. В целом структурированная насадка для каталитической дистилляционной структуры может свести до минимума проектирование продукта, риск, связанный с производством проницаемых трубок, обеспечить сокращение времени сборки, снижение стоимости оборудования, снижение массы и оболочки. Кроме того, структурированная насадка каталитической дистилляционной структуры может иметь более плавные пути потока, улучшенную загрузку катализатора, более хорошие параметры разделения и повышенную гидравлическую мощность, причем при гибкости при изменении геометрии шестигранных

многоугольных горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, соединенных через пластины. Кроме того, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения каталитическая дистилляционная структура может быть напрямую соединена с дистилляционным колонным реактором, таким как вертикально расположенный сосуд, или с аналогичными структурами вместо того, чтобы требовать дополнительных трубок и сварных швов, для параллельного проведения реакции и отделения продуктов от реагентов, что в результате снижает затраты и улучшает эксплуатационные характеристики такой системы каталитической дистилляции.

Со ссылкой на фиг. 1-3 варианты осуществления настоящего изобретения включают насадочную структуру 1, которая имеет пространственное соотношение относительно того, как множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 расположено в случае каталитической дистилляционной структуры. В некоторых вариантах осуществления множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 может быть вертикально выровнено в насадочной структуре 1. Кроме того, также предусмотрено, что вертикально выровненные трубки 2 могут быть соединены с помощью множества пластин или проволоки 3, облегчая сообщение жидкости между вертикально соседними пластинами. Кроме того, структура включает множество соседних рядов указанных вертикально выровненных трубок 2. Более того, пространственное соотношение множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 создает извилистые пути потока 4. Пути потока, загрузка катализатора, параметры разделения и гидравлическая мощность каталитической дистилляционной структуры могут быть определены пространственным соотношением трубок в каталитической дистилляционной структуре.

Возвращаясь к фиг. 1, фиг. 1 иллюстрирует схематичный вид спереди насадочной структуры 1 с множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих пространственное соотношение. Специалисту в данной области техники понятно, что, хотя показано двенадцать горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, это сделано только в качестве примера, и может быть использовано любое количество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок. Соседние вертикально выровненные горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки соединены множеством пластин или проволоки 3 так, что они находятся на расстоянии  $h$  друг от друга. Также предусмотрено, что множеству горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 придана такая форма, что они имеют профиль шестиугольного многоугольника. Например, шестиугольный многоугольник может представлять собой шестиугольник, имеющий первый угол "бета" ( $\beta$ ) в четырех углах шестиугольника и второй угол "альфа" ( $\alpha$ ) в двух углах шестиугольника. Второй угол "альфа" ( $\alpha$ ) может находиться в самом нижнем углу и самом верхнем углу шестиугольника, так что множество пластин или проволоки 3 соединяются у второго угла "альфа" ( $\alpha$ ) угла множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2. Также предусмотрено, что первый угол "бета" ( $\beta$ ) может быть больше, чем второй угол "альфа" ( $\alpha$ ). Например, первый угол "бета" ( $\beta$ ) может иметь значение 130 градусов, и второй угол "альфа" ( $\alpha$ ) может иметь значение 100 градусов, так чтобы сумма внутренних углов ( $\beta$ ,  $\alpha$ ) была 720 градусов. Хотя приведены конкретные значения углов ( $\beta$ ,  $\alpha$ ), эти значения углов указаны только в качестве примера, и углы ( $\beta$ ,  $\alpha$ ) могут быть любыми без отступления от объема настоящего изобретения. Кроме того, шестиугольник может иметь стороны разной длины. В некоторых вариантах осуществления шестиугольник может включать четыре стороны первой длины ( $a$ ) и две стороны второй длины ( $t$ ). Кроме того, первая длина ( $a$ ) может быть больше, чем вторая длина ( $t$ ). Второй угол "альфа" ( $\alpha$ ) может находиться в углу, образованном двумя сторонами первой длины. Первый угол "бета" ( $\beta$ ) может находиться в углу, образованном сторонами первой длины и одной из сторон второй длины. Кроме того, две стороны на второй длине ( $t$ ) также могут быть параллельны множеству пластин или проволоки 3. Также предусмотрено, что профиль множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 может быть симметричным вдоль X-оси и Y-оси.

Также рассматривая фиг. 1, горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки 2 могут быть выровнены так, что они находятся в вертикально соседних рядах (A-E). Например, вертикально соседние ряды (A-E) могут быть разделены на первую группу (ряды A, C и E) и вторую группу (ряды B и D). Первая группа (ряды A, C и E) имеет множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2a, 2c, 2e, которые вертикально выровнены внутри соответствующего ряда, и ряды A, C и E могут быть выровнены так, что горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки 2a, 2c, 2e горизонтально выровнены от одного ряда к другому ряду внутри первой группы (ряды A, C и E). Кроме того, вторая группа (ряды B и D) имеет множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2b, 2d, которые вертикально выровнены внутри соответствующего ряда, и ряды B и D могут быть выровнены так, что горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки 2b, 2d горизонтально выровнены от одного ряда к другому ряду внутри первой группы (ряды B и D). Хотя фиг. 1 показывает пять рядов или с двумя, или с тремя горизонтальными проницаемыми для текучей среды трубками в рядах, специалисту в данной области техники понятно, что насадочная структура 1 не ограничена пятью рядами с двумя или тремя горизонтальными проницаемыми для текучей среды трубками и может иметь любое число рядов с любым числом горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок в рядах.

Как также показано на фиг. 1, насадочная структура 1 пространственно расположена так, что гори-

горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки 2а-2е соседних рядов (А, С, Е с В, D) смещены, позволяя части трубок в каждой колонке перекрывать, но не соприкасаться. Перекрывание обеспечивает извилистый путь потока 4 для текучих сред, тем самым обеспечивая больше возможности для контакта текучих сред с трубками структуры. Как описано выше, соседние вертикально выровненные горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки соединены множеством пластин или проволок 3 так, что они находятся на расстоянии  $h$  друг от друга внутри каждого ряда (А-Е). Кроме того, множество пластин или проволок 3 в одном ряду (А-Е) соседних вертикально выровненных горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е) расположено на расстоянии  $d$  от множества пластин или проволок 3 соседнего ряда (А-Е) соседних вертикально выровненных горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е). Расстояние  $d$  может быть постоянным для всего множества пластин или проволок 3 между рядами (А-Е), так что извилистый путь потока 4 является одинаковым между всеми рядами (А-Е) соседних вертикально выровненных горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е). Специалисту в данной области техники понятно, что геометрия или размеры горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 и высота  $h$  множества пластин или проволок 3 регулируют ширину пути потока 4.

В некоторых вариантах осуществления любое количество из множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е) может содержать катализатор 30, тогда как другие трубки (2а-2е) могут быть пустыми. В некоторых случаях все множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е) может иметь катализатор 30 или может быть пустым. Кроме того, хотя некоторые из множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е) содержат катализатор 30 или являются пустыми, любое число из множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е) может также включать инертные компоненты (не показаны) или любую их комбинацию. Инертные компоненты известны в данной области техники и представляют собой частицы, которые принимают небольшое участие или не участвуют в снижении энергии активации химических реакций.

В одном или нескольких вариантах осуществления долю открытой области для потока пара и жидкости при наиболее плотном сжатии в насадочной структуре 1 задают размерами горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е) и извилистого пути потока 4. Например, при наиболее высокой плотности катализатора для заданного межпластинчатого расстояния  $d$ , ширина  $w$  извилистого пути потока 4 может быть по существу постоянной. Кроме того, полагают, что, если желательны более низкие плотности катализатора, промежутки между вертикально выровненными горизонтальными проницаемыми для текучей среды трубками (2а-2е) увеличивают (то есть, увеличивают высоту  $h$  множества пластин или проволок 3). Следовательно, ширину  $w$  извилистого пути потока 4 меняют так, что множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2а-2е) отстоят друг от друга дальше, при этом все еще находясь на расстоянии  $d$  от множества пластин или проволок 3. С другой стороны, плотность катализатора может быть уменьшена за счет инертной насадки или пустых трубок. Таким образом, комбинация конструктивной конфигурации и загрузки трубок в насадочной структуре 1 дает высоко адаптивное средство для проведения контакта разнообразных текучих сред.

Специалисту в данной области техники понятно, что насадочная структура 1, показанная на фиг. 1, минимизирует гидравлическую нагрузку на каталитическую дистилляционную структуру, требуемую для поддержания хорошего контакта жидкость-катализатор, и обеспечивает очень короткое время контакта между жидкостью и катализатором перед тем, как происходит парожидкостной обмен. Поддержание хорошего контакта жидкость-катализатор и обеспечение очень короткого времени контакта между жидкостью и катализатором перед тем, как произойдет парожидкостной обмен, может обеспечить более эффективное применение катализатора в пределах интервала гидравлических нагрузок ниже точки затопления и в пределах широкого интервала рабочих условий, например, интервала флегмового числа. Кроме того, насадочная структура 1 также может иметь низкую высоту, эквивалентную теоретической тарелке (НЕТР), чтобы обеспечивать более высокую движущую силу для систем с ограничением по равновесию.

В процессе каталитической дистилляции присутствуют как жидкая, так и паровая фаза. В некоторых вариантах осуществления жидкость будет контактировать с множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 и образовывать пленку. Кроме того, жидкости будут абсорбироваться в какой-то степени во множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 за счет абсорбции на катализаторе 30 или на другом наполнителе во множестве горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2. Хотя насадочная структура 1 служит в качестве дистилляционной структуры, присутствие материала в форме частиц во множестве горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 и капиллярное притяжение жидкости к ним будут создавать среду, отличную от обычных спосособов. В обычных способах жидкость, а также газ, следуют по пути наименьшего сопротивления через пути прохода. Однако, так как порциями жидкости в колонне управляют с помощью трубок, конкуренция за открытые пути с низким сопротивлением меньше, что приводит к более низкому обратному давлению, чем можно было бы ожидать в традиционных способах.

Что касается фиг. 2А-2Н, то в сравнении с фиг. 1 фиг. 2А-2Н иллюстрируют альтернативные пространственные соотношения внутри насадочной структуры 1, а также альтернативные геометрии трубок.

Более конкретно, фиг. 2А-2Н иллюстрируют профиль альтернативных вариантов геометрии и пространственных соотношений для множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 с целью создания извилистого пути потока 4 для текучих сред внутри насадочной структуры 1. Фиг. 2А показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль пятистороннего многоугольника (то есть, пятиугольника). Например, трубки 2 имеют верхнюю поверхность 17, перпендикулярную пластинам или проволокам 3, две боковые поверхности 18, параллельные пластинам или проволокам 3, и две такие наклонные поверхности 19, что две наклонные поверхности 19 образуют точку 20. Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от верхней поверхности 17 одной трубки до точки 20 вертикально соседней трубки.

Фиг. 2В показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль цилиндра. Например, трубки 2 могут иметь две боковые поверхности 21, параллельные пластинам или проволокам 3, и две изогнутые поверхности 22, связанные между двумя боковыми поверхностями 21. Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от изогнутых поверхностей 22 одной трубки до изогнутых поверхностей 22 вертикально соседней трубки.

Фиг. 2С показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль округлого многоугольника. Например, округлый многоугольник может представлять собой круг, овал или эллипс. Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от точки касания одной трубки до точки касания вертикально соседней трубки.

Фиг. 2D показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль четырехстороннего многоугольника (то есть, квадрата или ромба). Неограничивающий пример пространственного соотношения фиг. 2D описан в патенте США № 5730843, все указания которого включены в данный документ посредством ссылки. Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от верхнего угла 23 одной трубки до нижнего угла 24 вертикально соседней трубки.

Фиг. 2Е показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль круга с вырезом. Например, трубки 2 могут иметь одну закругленную поверхность 25 и две линейные поверхности 26. Две линейные поверхности 26 каждая имеют первый конец 27, соединенный с одной закругленной поверхностью 25, и второй конец, соединенный вместе с образованием точки 28 ниже первых концов 27. Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от закругленной поверхности 25 одной трубки до точки 28 вертикально соседней трубки.

Фиг. 2F показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль в форме сердца. Например, трубки 2 могут иметь две закругленные поверхности 29, которые могут быть симметричными или асимметричными и могут соединиться в верхней точке 31 и нижней точке 32 с образованием формы сердца. Также предполагается, что две закругленные поверхности 29 могут быть фактически линейными с образованием сердца более квадратного типа. Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от верхней точки 31 одной трубки до нижней точки 32 вертикально соседней трубки.

Фиг. 2G показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль в форме стрелки или копья. Например, трубки 2 могут представлять собой направленную вниз стрелку (как показано на фиг. 2G) или направленную вверх стрелку (не показано). Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от кончика одной трубки 33 до внутреннего угла 34 вертикально соседней трубки.

Фиг. 2Н показывает множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль в форме капли. Например, капля закруглена по всей окружности с единственной точкой касания, являющейся угловым узлом 35. Кроме того, пластины или проволоки 3 могут соединять вертикально выровненные трубки 2 от узлового угла 35 одной трубки до точки касания вертикально соседней трубки. Также подразумевается, с учетом фиг. 1-2Н, что профиль множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 не ограничен только одним профилем всех трубок 2 внутри соответствующей насадочной структуры 1. Специалисту в данной области техники понятно, что профили, описанные на фиг. 1-2Н, могут быть использованы в сочетании друг с другом с получением насадочной структуры, включающей множество трубок с разными профилями, без отступления от объема настоящего изобретения.

В некоторых вариантах осуществления со ссылкой на фиг. 1-2Н одна или несколько трубок 2 могут быть удалены, чтобы оставить открытое пространство (не показано). Открытое пространство может обеспечивать соединение пересекающихся путей и создавать, по меньшей мере, такой же извилистый путь для газа, например, интерстициальный путь. Поток газа показан направленными вверх курсорами (например, газа, протекающего вверх). Кроме того, жидкости могут стекать по трубкам и через трубки 2 и материал в трубках, как показано направленными вниз курсорами (например, жидкости, стекающие вниз). Количество курсоров показано только в качестве примеров, и пути потока жидкости и газа могут протекать вне курсоров без отклонения от настоящего изобретения. Кроме того, жидкости могут протекать по пластинам или проволокам 3 и через них. Так как трубки 2 могут содержать каталитический ма-

териал 30 в форме частиц, также предполагается, что концы каждой трубки 2, содержащей частицы каталитического материала, могут быть герметично закрыты, например, с помощью обжима, вставленной торцевой крышки или сварки. Кроме того, некоторые из трубок 2 могут быть лишены какого-либо материала в форме частиц и/или могут содержать инертный материал в форме частиц. Например, свободные насадки могут быть менее плотными и обеспечивают прекрасные параметры дистилляции с большим открытым пространством и поверхностями. Инертные элементы представляют собой насадки, заполненные инертным материалом в форме частиц, которые могут быть такого же размера, меньшего или большего размера, чем каталитический материал в форме частиц. В некоторых случаях инертные элементы обеспечивают все гидравлические характеристики каталитических элементов, но также могут уменьшать каталитические реакции, которые при каталитической дистилляции также означают реакцию дистилляции, которая часто является обратимой реакцией. Неограничивающий пример реакционной дистилляции описан в патенте США № 5019669, все указания которого включены в данный документ посредством ссылки. Следовательно, за счет разбавления реакционноспособных элементов, но при сохранении дистилляционных элементов, может быть получена более высокая степень фактора разделения каталитической дистилляции. Другими словами, за счет распределения инертных элементов между каталитическими элементами в данной насадочной структуре делается акцент на фракционном разделении; при этом в системе (см. фиг. 5) в целом, включающей колонну с множеством каталитических насадочных структур, движущая сила реакции сохраняется.

Что касается фиг. 3, то множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 насадочной структуры 1, показанной на фиг. 1, представлено на изометрическом изображении без показа жесткого каркаса (см. фиг. 4), в котором насадочная структура 1 может быть установлена. Хотя на фиг. 3 показано множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, имеющих профиль, описанный на фиг. 1, профилем может быть любой профиль, описанный на фиг. 1-2Н (фиг. 2А-2Н не показаны на изометрическом изображении только с целью упрощения). Каждая из множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2 может иметь отверстие 5 на первом конце 6 указанных трубок 2. Также предполагается, что указанные трубки 2 могут иметь второе отверстие (не показано) на втором конце (не показано) напротив первого конца 6. Кроме того, указанные трубки 2 простираются по длине в горизонтальной плоскости Р. Далее, как показано на фиг. 3, множество пластин или проволок 3 также может простирается горизонтально в горизонтальной плоскости Р, чтобы находиться в согласии с множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2. Более того, множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок 2, как показано, находятся в соседних рядах (как описано на фиг. 1), чтобы быть вертикально выровненными и соединенными множеством пластин или проволок 3 внутри соседних рядов. В некоторых вариантах осуществления соседние ряды могут быть выровнены так, чтобы они находились бок о бок на расстоянии d (как описано на фиг. 1). Хотя на фиг. 3 показано двенадцать соседних рядов, настоящее изобретение не ограничено двенадцатью вертикально выровненными рядами и может присутствовать один или несколько вертикально выровненных рядов. Кроме того, предполагается, что горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки 2 могут быть выполнены из группы материалов, выбираемых из материала проволочной сетки, любого проницаемого материала или их комбинации. Более того, материал проволочной сетки может быть выбран из металла, углеродного волокна, пластика, стекла или композита. Также предполагается, что горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки 2 могут иметь только часть, выполненную из проволочной сетки, и другую часть, выполненную из непроницаемого материала. Кроме того, множество пластин или проволок 3 также может быть выполнено из проволочного сетчатого материала, любого проницаемого материала или непроницаемого материала.

Горизонтальные проницаемые трубки 2 фиг. 1-3 показаны с определенной ориентацией формы поперечного сечения трубки. Например, каплеобразная форма фиг. 2Н проиллюстрирована с угловым концом капли, направленным вверх, и закругленной частью капли, ориентированной вниз. Варианты осуществления в данном документе также предусматривают инверсию раскрытых форм трубок. Например, трубка может иметь каплеобразную форму с угловым концом капли, обращенным вниз, и закругленной частью капли, ориентированной вверх.

Хотя насадочные структуры фиг. 1-3 показаны в вертикальной ориентации, в данном случае подразумевается, что насадочная структура может быть размещена под углом относительно вертикали. Другими словами, ориентация структуры может приводить к восходящему, но наклонному относительно вертикали, пути пара 4, и пластины или проволоки 3 могут обеспечивать нисходящий, но наклонный относительно вертикали, путь жидкости между трубками 2. Кроме того, следующие друг за другом секции насадочной структуры внутри дистилляционной колонны могут быть ориентированы под противоположными углами, что приводит к зигзагообразной схеме движения пара и жидкости внутри колонны.

На фиг. 4 в одном или нескольких вариантах осуществления показан жесткий каркас 7, в котором насадочная структура 1 (описанная на фиг. 1-3) может быть установлена или закреплена. Жесткий каркас 7 может включать, по меньшей мере, две решетки 8А, 8В, которые разнесены друг от друга с помощью одного или нескольких опорных стержней 9. Кроме того, опорные стержни 9 каждый прикреплены к обеим решеткам 8А, 8В, например, с помощью сварки, обжима, механическими крепежными элементами

ми, или соединены вместе так, чтобы быть прикрепленными постоянно или с возможностью отсоединения. Опорные стержни 9 простираются горизонтально по длине в горизонтальной плоскости Р (такой же, как на фиг. 3). Также подразумевается, что крепление решеток 8А, 8В вместе может также включать использование резьбовых стержней и гаек или болтов (не показано). Более того, решетки 8А, 8В могут иметь множество отверстий 10. В некоторых вариантах осуществления опорные стержни 9 могут быть закреплены во множестве отверстий 10. Полученная структура на фиг. 4 является жесткой и функциональной рамой, поддерживающей, по меньшей мере, одну другую структуру по настоящему изобретению и нагрузку от 100 до 200 фунтов (45,4-90,8 кг). Жесткий каркас 7 может быть выполнен из материала, выбираемого из металла, углеродного волокна, пластика, композита или любого несущего нагрузку материала.

Как описано, насадочная структура (1) может быть установлена в жестком каркасе или прикреплена к жесткому каркасу 7. Множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2) может быть установлено на решетках 8А, 8В. Например, первый конец (6) указанных трубок (2) может быть приварен, обжат или соединен вместе так, чтобы быть прикрепленным к первой решетке 8А постоянно или с возможностью отсоединения, и, помимо этого, второй конец указанных трубок (2) может быть приварен, обжат или соединен вместе так, чтобы быть прикрепленным ко второй решетке 8В постоянно или с возможностью отсоединения. Кроме того, опорные стержни 9 и трубки (2) могут иметь одинаковую длину, чтобы они были одинаково удалены от решеток 8А, 8В. Кроме того, множество пластин (3) также может быть приварено, обжато или соединено вместе так, чтобы быть прикрепленными к решеткам 8А, 8В постоянно или с возможностью отсоединения. Также предполагается, что трубки (2) могут быть расположены в жестком каркасе 7 так, что отверстия трубок (2) выровнены с отверстиями 10 решеток 8А, 8В. В некоторых вариантах осуществления отверстия 10 имеют приблизительно такие же размер и конфигурацию, как и геометрия трубок (2), так что трубки (2) крепко удерживаются и связаны в отверстиях 10, когда решетки 8А, 8В скреплены вместе с помощью опорных стержней 9.

Что касается фиг. 5, то в одном или нескольких вариантах осуществления фиг. 5 показывает одну или несколько каталитических дистилляционных структур 11, размещенных в дистилляционном колонном реакторе 12. Каталитические дистилляционные структуры 11 могут включать насадочную структуру (1) с множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок (2) и жесткий каркас (7), которые описаны на фиг. 1-4. Кроме того, каталитические дистилляционные структуры 11 могут быть постоянно или съемно прикреплены к дистилляционному колонному реактору 12 сваркой, обжимом, адгезивами или механическими крепежными элементами, как это известно в данной области техники. Кроме того, каталитические дистилляционные структуры 11 могут поддерживаться в дистилляционном колонном реакторе 12 любым эффективным способом. Например, каталитические дистилляционные структуры 11 могут поддерживаться и разделяться с помощью инертной дистилляционной насадки (не показано), такой как кольца Рашига или им подобные. Также на фиг. 5 показано, что дистилляционный колонный реактор 12 может иметь один или несколько кипятильников 13, конденсаторов 14 и питательных резервуаров 15, соединенных с дистилляционным колонным реактором 12 через поточные линии (показанные стрелками). В некоторых вариантах осуществления кипятильники 13 могут иметь один или несколько сепараторов 16, присоединенных через поточные линии.

Хотя на фиг. 5 показана только одна каталитическая дистилляционная структура 11 в дистилляционном колонном реакторе 12, специалисту в данной области техники понятно, что настоящее изобретение не ограничено только одной каталитической дистилляционной структурой 11 и могут присутствовать дополнительные каталитические дистилляционные структуры без отступления от объема настоящего изобретения. Кроме того, множество каталитических дистилляционных структур 11 может иметь одну и ту же или разные насадочные структуры (конфигурации, описанные на фиг. 1-2Н). Также следует иметь в виду, что больше одной каталитической дистилляционной структуры 11 может быть размещено в дистилляционном колонном реакторе 12 на разных высотах. В некоторых вариантах осуществления это множество каталитических дистилляционных структур 11 может быть размещено вертикально и сбоку в дистилляционном колонном реакторе 12. Более того, поточная линия от питательного резервуара 15 к дистилляционному колонному реактору 12, как показано, находится в дистилляционном колонном реакторе 12 выше каталитической дистилляционной структуры 11; однако настоящее изобретение не ограничено таким расположением, поэтому поточные линии могут находиться выше и ниже каталитических дистилляционных структур, около каталитических дистилляционных структур или между каталитическими дистилляционными структурами 11. Специалисту в данной области техники понятно, что дистилляционный колонный реактор 12 может быть присоединен к другим дистилляционным колонным реакторам. Подразумевается также, что разбавление объема катализатора, присутствующего в дистилляционном колонном реакторе 12, может быть незначительным, учитывая природу каталитической дистилляции и улучшенные параметры дистилляции, описанные выше. В некоторых случаях объем катализатора, загруженного на проволочную сетку, будет зависеть от его реакции на набухание.

Как описано в случае фиг. 1 и 3, фиг. 3 иллюстрирует трехмерную схему структуры, включающей шестигранные трубки, и фиг. 1 показывает схематичное поперечное сечение структуры. Шестигранные трубки выполнены из материалов, проницаемых для текучей среды (жидкостей и/или газов), преимуще-

ственно из проволоочной сетки. Все или, по меньшей мере, часть шестигранных трубок может вмещать материал катализатора, стимулирующий каталитические реакции на структурной насадке. С другой стороны, все поверхности вертикальных пластин, включая поверхности шестигранных трубок вместе с поверхностями размещенного катализатора, могут облегчать массовый обмен между паровой и жидкой фазами в случае процесса дистилляции. Как показано на фигурах, вертикальные пластины собраны вместе бок о бок, позволяя шестигранным трубкам соседних пластин смещаться без касания с образованием пути (4, показанном на фиг. 1) для текучих сред. Каждая шестигранная трубка обычно вмещает катализатор, но необязательно все трубки должны содержать катализатор. Размер каждой шестигранной трубки обычно одинаковый, а форма симметрична вдоль двух осей, вертикальной и горизонтальной. И длина сторон (например,  $a$  и  $t$ ) и углы, такие как углы  $\alpha$  и  $\beta$ , можно корректировать, чтобы управлять размером шестигранной трубки для регулирования загрузки катализатора в структурной насадке. Число шестигранных трубок на определенную высоту вдоль каждой пластины, длину ( $h$ ) линии соединения между соседними трубками вдоль каждой пластины и расстояние ( $d$ ) между соседними пластинами можно регулировать, как и размер шестигранной трубки, чтобы управлять шириной пути потока (4), которая может оказывать влияние или контролировать гидродинамические характеристики или гидравлическую мощность структурной насадки. В сравнении со структурной насадкой, представленной в патенте США № 5730843, варианты осуществления настоящего изобретения обладают одним или несколькими из следующих преимуществ.

Каждая шестигранная трубка может вмещать больше катализатора, чем ромбовидная трубка, что может улучшать загрузку катализатора для конкретного объема структурной насадки без ущерба для гидравлической мощности или гидродинамических характеристик.

Шестигранная трубка имеет более плавный переход между соседними гранями, чем ромбовидная трубка. Это означает, что шестигранные трубки относительно легко гнуть из плоского сетчатого листа, что облегчает процесс производства такой структурной насадки. Это также приводит к более плавному переходу текучих сред при перемещении вдоль путей потока во время процесса каталитической дистилляции с улучшением гидравлической мощности структурной насадки.

Шестигранные трубки в рассматриваемом случае могут обеспечивать увеличенную массовую загрузку на единицу объема относительно ромбовидных трубок патента США 5730843. В некоторых вариантах осуществления увеличение массовой загрузки на единицу объема будет находиться в интервале от 10 до 50%. Кроме того, повышение загрузки (массы на единицу объема) может быть достигнуто без значительного гидродинамического удара.

Структурная насадка может быть более экономичной, потенциально требуя небольшого числа пластин и немного сварных швов, при этом все еще обеспечивает такие же эксплуатационные характеристики.

Новая конструкция структурной насадки обладает гибкостью для достижения желаемых параметров каталитической дистилляции за счет измерения размеров шестигранной трубки и расположения шестигранных трубок вдоль каждой пластины в значениях загрузки катализатора, параметров разделения и гидравлической мощности.

В настоящей шестигранной конструкции длины граней  $a$  и  $t$  и углы  $\beta$  и  $\alpha$  можно корректировать для регулирования размера шестигранной трубки.

Таким образом, варианты осуществления настоящего изобретения направлены на новую структурную насадку, особенно полезную для процессов реакционной или каталитической дистилляции. Однако новая структура в целом может быть использована для параллельного или противоточного потока жидкость/жидкость, газ/жидкость или газ/газ в присутствии материала катализатора.

Хотя настоящее изобретение описано в отношении ограниченного числа вариантов осуществления, специалистам в данной области техники с учетом положительного эффекта данного изобретения будет понятно, что могут быть разработаны другие варианты осуществления, которые не выходят за рамки объема раскрытия, описанного в данном документе. Соответственно, объем изобретения должен быть ограничен только прилагаемой формулой изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Каталитическая дистилляционная структура, содержащая жесткий каркас, имеющий по меньшей мере две решетки; множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, установленных на указанных решетках с образованием множества проходов для текучей среды между множеством горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, причем каждая из горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок имеет профиль шестигранного многоугольника; и множество вертикально расположенных пластин или проволок, соединяющих вертикально выровненные трубки множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, причем множество вертикально расположенных пластин или проволок соединяются от угла одной вертикально выровненной трубки до угла соседней вертикально выровненной трубки.

2. Каталитическая дистилляционная структура по п.1, дополнительно содержащая первую группу вертикально выровненных трубок и вторую группу вертикально выровненных трубок, где первая группа содержит множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, расставленных в параллельных, соседних и вертикально выровненных колонках внутри первой группы, и вторая группа содержит множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, расставленных в параллельных, соседних и вертикально выровненных колонках внутри второй группы.

3. Каталитическая дистилляционная структура по п.2, в которой первая группа вертикально выровненных трубок смещена от второй группы вертикально выровненных трубок в результате чего горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки первой группы перекрывают горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки второй группы, не контактируя с горизонтальными проницаемыми для текучей среды трубками второй группы пластин, образуя в результате извилистые пути для текучей среды.

4. Каталитическая дистилляционная структура по п.3, в которой высота множества вертикально расположенных пластин или проволок равномерно разделяет промежутками горизонтальные проницаемые для текучей среды трубки в первой группе и второй группе.

5. Каталитическая дистилляционная структура по п.4, в которой первая группа и вторая группа уложены бок о бок на расстоянии друг от друга.

6. Каталитическая дистилляционная структура по п.3, дополнительно содержащая геометрию шестигранного многоугольника, образующего первый угол в четырех углах шестигранного многоугольника, второй угол в двух углах шестигранного многоугольника, причем первый угол больше, чем второй угол.

7. Каталитическая дистилляционная структура по п.6, в которой второй угол находится в углах вертикально выровненных трубок, которые соединены множеством вертикальных пластин или проволок.

8. Каталитическая дистилляционная структура по п.7, в которой шестигранный многоугольник содержит две стороны первой длины и четыре стороны второй длины.

9. Каталитическая дистилляционная структура по п.8, в которой первый угол находится в углу соединения стороны первой длины и стороны второй длины и второй угол находится в углу соединения двух сторон второй длины.

10. Каталитическая дистилляционная структура по п.9, в которой вторая длина больше, чем первая длина.

11. Каталитическая дистилляционная структура по п.9, в которой вторая длина короче, чем первая длина.

12. Каталитическая дистилляционная структура по п.1, в которой множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок и множество вертикальных пластин или проволок выполнены из одного и того же материала, такого как проволочная сетка.

13. Каталитическая дистилляционная структура по п.1, дополнительно содержащая по меньшей мере один опорный стержень, чтобы жестко удерживать по меньшей мере две решетки на расстоянии от каждой решетки.

14. Каталитическая дистилляционная структура по п.1, в которой каждая из множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок имеет отверстие на первом конце и на втором конце указанных трубок.

15. Каталитическая дистилляционная структура по п.1, в которой решетки содержат множество отверстий.

16. Каталитическая дистилляционная структура по п.15, в которой множество отверстий решеток имеют профиль, равный профилю множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок.

17. Каталитическая дистилляционная структура по п.16, в которой множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок расположено во множестве отверстий решеток.

18. Каталитическая дистилляционная структура по п.1, в которой шестигранный многоугольник представляет собой шестиугольник, и множество вертикально расположенных пластин или проволок соединяет вертикально выровненные трубки от верхнего угла шестиугольника одной вертикально выровненной трубкой до нижнего угла шестиугольника соседней вертикально выровненной трубкой.

19. Дистилляционный колонный реактор для одновременного проведения реакций и отделения продуктов от реагентов, включающий:

вертикально расположенный сосуд;

одну или несколько структур каталитической дистилляции, размещенных в вертикально расположенном сосуде, содержащих

жесткий каркас, имеющий по меньшей мере две решетки;

множество горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, установленных на указанных решетках с образованием множества проходов для текучей среды между множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, причем каждая из горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок имеет профиль шестигранного многоугольника; и

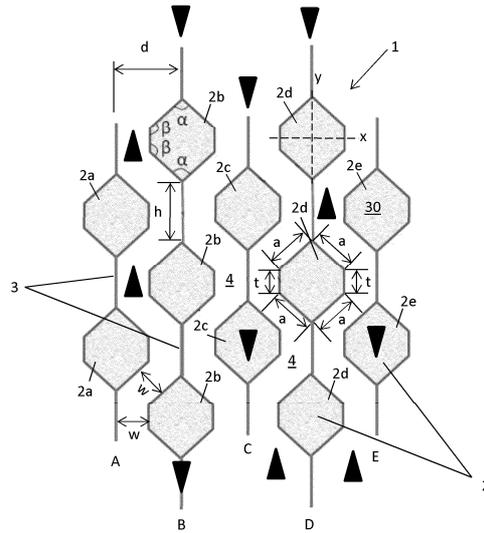
множество вертикально расположенных пластин или проволок, соединяющих вертикально выровненные трубки множества горизонтальных проницаемых для текучей среды трубок, причем множество

вертикально расположенных пластин или проволоч соединяются от угла одной вертикально выровненной трубки до угла соседней вертикально выровненной трубки.

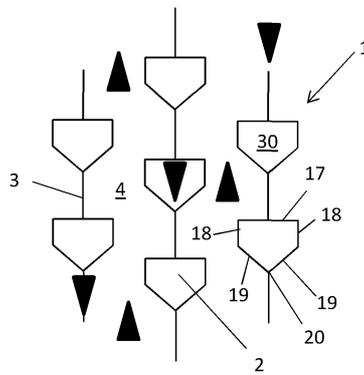
20. Дистилляционный колонный реактор по п.19, дополнительно содержащий один или несколько кипятильников, конденсаторов, питательных резервуаров или сепараторов, присоединенных к вертикально расположенному сосуду через поточные линии.

21. Дистилляционный колонный реактор по п.20, в котором поточная линия от питательных резервуаров соединяется с вертикально расположенным сосудом около, выше или ниже одной или нескольких структур каталитической дистилляции.

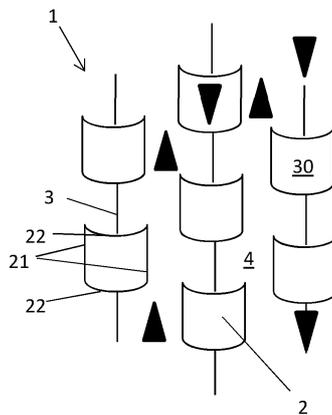
22. Дистилляционный колонный реактор по п.19, в котором жесткий каркас съемно прикреплен к вертикально расположенному сосуду сваркой, обжимом, адгезивами или механическими крепежными элементами.



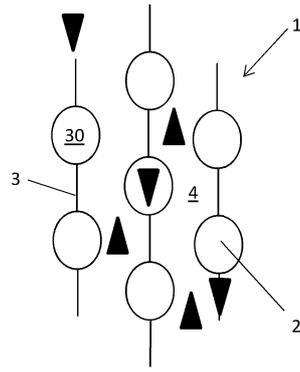
Фиг. 1



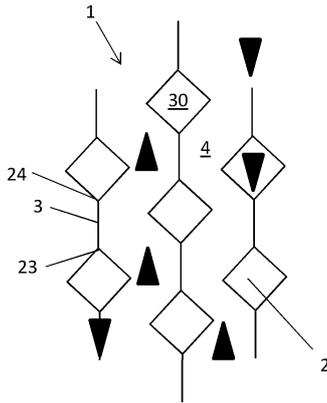
Фиг. 2А



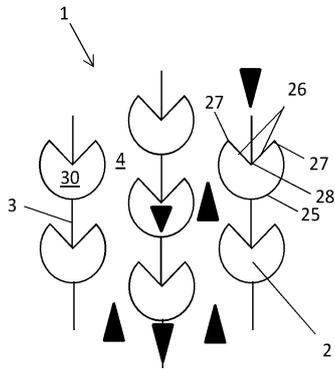
Фиг. 2В



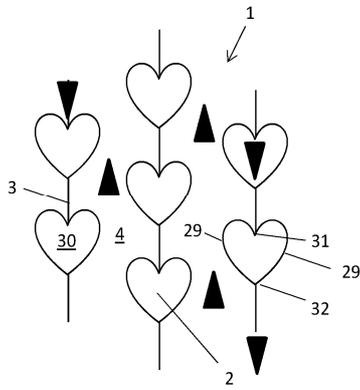
Фиг. 2С



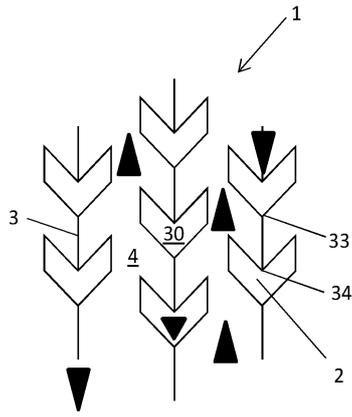
Фиг. 2D



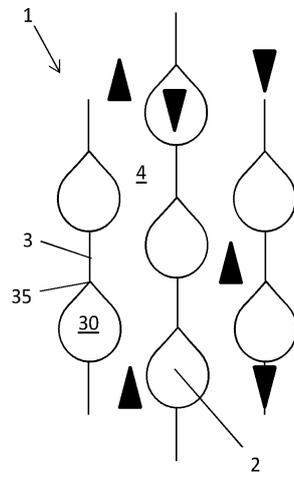
Фиг. 2Е



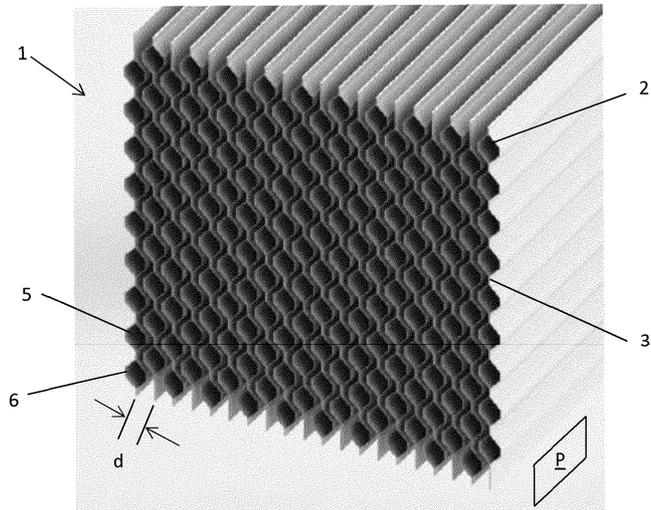
Фиг. 2F



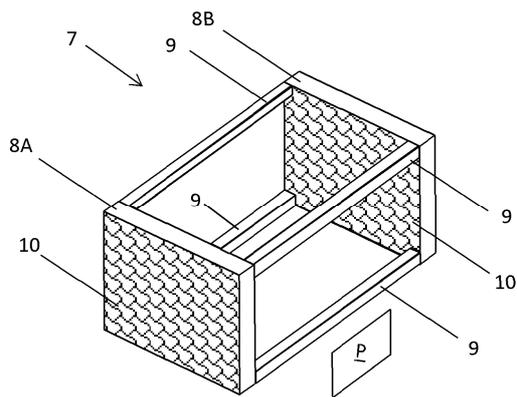
Фиг. 2G



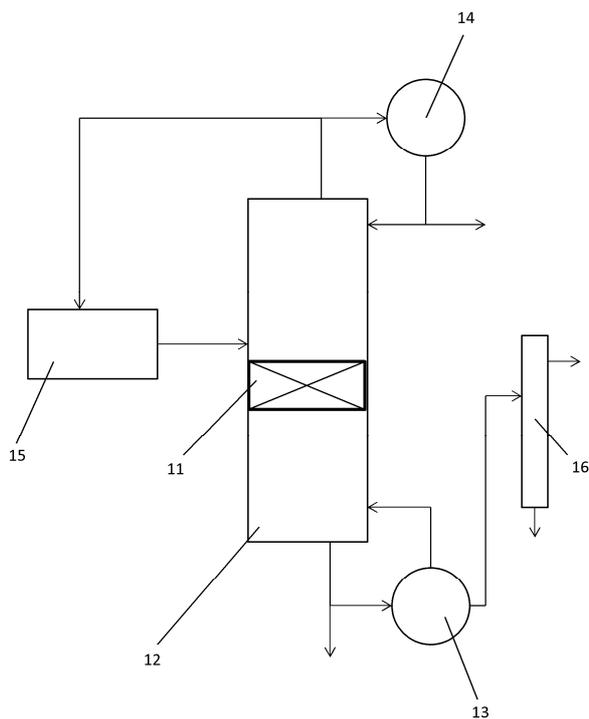
Фиг. 2H



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5