

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **045944**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.01.22

(51) Int. Cl. **C07C 4/06 (2006.01)**

(21) Номер заявки
202100169

(22) Дата подачи заявки
2019.09.19

(54) **КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ЛИГРОИНА, СПОСОБ
КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА И УСТАНОВКА КРЕКИНГА**

(31) **201811135535.4; 201910201901.X;
201910265854.5**

(56) **CN-A-109232153
CN-A-107974285**

(32) **2018.09.27; 2019.03.18; 2019.04.03**

WU, Wenlong et al. "Study on Characteristics of Gas-solids Flow in Diameter-enlarged Section of A Novel Riser Reactor" (Petroleum Processing and Petrochemicals), Vol. 45, No. 11, 30 November 2014 (2014-11-30), ISSN: 1005-2399, figure 1, and abstract

(33) **CN**

(43) **2021.12.14**

(86) **PCT/CN2019/106752**

WANG, Hongbin et al. "Numerical Simulation of The Influence of Injecting Velocity and Angle on Flow and Reaction in Rfoc Riser Reactor" (Journal of Chemical Industry and Engineering (China), Vol. 50, No. 2, 30 April 1999 (1999-04-30), ISSN: 0438-1157, introduction, and section 2

(87) **WO 2020/063449 2020.04.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ШАНХАЙ СУПЕЗЕТ
ИНЖИНИРИНГ ТЕКНОЛОДЖИ
КО., ЛТД.; ХАНЬИ ШЕНФЕЙ НЬЮ
МАТЕРИАЛС КО., ЛТД.; ЧАЙНА
ЮНИВЕРСИТИ ОФ ПЕТРОЛЕУМ
(ИСТ ЧАЙНА) (CN)**

**CN-A-101116827
WO-A1-2013054173
US-A-3725495**

(72) Изобретатель:
**Ли Чуньи, Чжан Линьюн, Чжан
Сяою, Чжан Ин, Мао Кайтан, Ли Хой,
Пан Чуньгйан (CN)**

(74) Представитель:
Ермакова Е.А. (RU)

(57) Предлагается способ каталитического крекинга лигроина. Каталитический крекинг лигроина осуществляют под воздействием катализатора. Катализатор включает в себя алюмосиликат, оксид щелочного металла, оксид щелочноземельного металла, TiO₂, оксид железа, оксиды ванадия и никеля. Также на ответвателе каталитической установки крекинга расположен компонент быстрой сепарации с целью значительного уменьшения транспортировочной высоты надслоевого пространства без изменения потока газа и диаметра ответвателя. В дополнение к этому, повышается эффективность сепарации попутного газа и катализатора.

045944
B1

045944
B1

Область техники изобретения

Настоящее изобретение относится к области нефтехимической промышленности, а конкретно - к способу и установке каталитического крекинга алканов.

Уровень техники изобретения

Паровой крекинг углеводородов всегда представлял собой основную технологию получения низкоуглеродистых олефинов, таких как этилен и пропилен. К материалам для парового крекинга преимущественно относятся этан, пропан, бутан, лигроин прямой перегонки и прочие легкие углеводороды. Теоретически, в качестве материалов для парового крекинга также могут использоваться тяжелые углеводороды, за исключением арена, но при паровом крекинге тяжелых углеводородов коксование крекинг-печи будет более значительным. В дополнение к этому, концентрация олефинов в материалах для парового крекинга должна быть строго ограничена. Высокая концентрация олефинов также может ускорить коксование труб крекинг-печи. Объем водяного пара, используемого при паровом крекинге, относительно велик, и массовое соотношение пара/углеводородов в целом составляет около 0,5. Кроме того, температура реакции при паровом крекинге относительно высока - в целом, от 800°C и выше. Высокая температура и большой объем водяного пара приводят к высокому энергопотреблению при реакции.

Паровой крекинг представляет собой тепловую реакцию. В течение множества лет исследователи надеялись снизить температуру реакции и объем водяного пара за счет каталитических реакций. Согласно общедоступным отчетам в литературных источниках, исследователями предлагалось множество решений, связанных с катализаторами, и реакторами, например, способ комбинирования парового и каталитического крекинга или внесение изменений в способ каталитического крекинга.

Цель настоящего изобретения заключается в расширении способов осуществления реакции каталитического крекинга алканов.

Сущность изобретения

Согласно одному аспекту первая задача настоящего изобретения заключается в предложении катализатора для каталитического крекинга лигроина с высоким каталитическим действием.

Катализатор для каталитического крекинга лигроина включает в себя алюмосиликат, оксид щелочного металла, оксид щелочноземельного металла, TiO_2 , оксид железа, оксиды ванадия и никеля.

Этот катализатор применяется для каталитического крекинга алканов, а в частности - для осуществления реакции каталитического крекинга лигроина, а также он обладает каталитическим действием.

Согласно другому аспекту вторая задача настоящего изобретения заключается в предложении способа каталитического крекинга лигроина. Согласно этому способу температура реакции каталитического крекинга значительно ниже таковой при использовании стандартного способа парового крекинга.

Этот способ каталитического крекинга лигроина включает в себя следующий этап:

лигроин подвергается реакции каталитического крекинга под действием вышеприведенного катализатора.

В сопоставлении со стандартным способом крекинга температура при каталитическом крекинге лигроина в вышеуказанных условиях может быть понижена примерно на 100°C.

Третья задача настоящего изобретения заключается в предложении способа каталитического крекинга лигроина, позволяющего снизить или предотвратить коксование в реакторном блоке.

Этот способ каталитического крекинга лигроина включает в себя следующие этапы:

S1: катализатор поступает в предлифтовую трубу через наклонную трубу рекуператора и продвигается вверх к плотнофазной секции реактора под действием предлифтовой среды, а в реактор по касательной вверх через форсунку, расположенную в нижней части плотнофазной секции реактора, впрыскивается исходный продукт;

через форсунку реактора по касательной относительно поперечной цилиндрической обечайки распыляется исходный продукт под углом 10-90° к вертикали;

S2: попутный газ и катализатор, выходящие из вертикальной трубы, поступают в отвеиватель установки крекинга, попутный газ выходит из отвеивателя для входа в систему сепарации, а катализатор выходит через транспортирующую часть циклона и опускается в блок отпарки отвеивателя;

S3: далее происходит отпарка катализатора, после чего отпаренный катализатор поступает в рекуператор через отводящую наклонную трубу, а затем разогревается в нем; и

S4: нагретый катализатор поступает в блок отвеивателя рекуператора, опускается в блок отпарки этого отвеивателя, после чего поступает в бак-дегазатор, где он подвергается дополнительной отпарке, после чего отпаренный катализатор возвращается в реактор по наклонной трубе рекуператора.

Благодаря компоновке подающей форсунки в реакторе катализатору можно придать вращение для уменьшения застойной зоны в плотнофазной секции, за счет чего снижается или предотвращается коксование в реакторе.

Четвертая задача настоящего изобретения заключается в предложении устройства для регенерации катализатора. Благодаря высокой эффективности сепарации газов/твердых частиц в отвеивателе устройства для регенерации снижаются потери катализатора.

Устройство для регенерации катализатора по настоящему изобретению включает в себя реакторный блок рекуператора, а также блок отвеивателя рекуператора. Блок отвеивателя рекуператора расположен

над реакторным блоком последнего, а выпускное отверстие реакторного блока рекуператора расположено внутри блока отвеивателя; при этом в блоке отвеивателя рекуператора расположены первичный циклон, его вертикальная труба и крышка. Крышка включает в себя верхнюю и нижнюю части, причем верхняя часть крышки имеет форму усеченного конуса, нижнее основание которого представляет собой нижнюю часть этой крышки, находящуюся в цилиндрической конструкции. Площадь проема в самой нижней части крышки превышает таковую для выпускного отверстия реактора. Наружная окружность верхней части основания усеченного конуса соединяется с крайней частью вертикальной трубы первичного циклона или же с конечной частью этого циклона над впускным отверстием.

Согласно другому аспекту устройство для регенерации катализатора по настоящему изобретению включает в себя реакторный блок рекуператора, а также блок отвеивателя рекуператора. Блок отвеивателя рекуператора сообщается с его реакторным блоком, а выпускное отверстие реакторного блока расположено внутри блока отвеивателя рекуператора, причем в этом блоке расположены первая и вторая колонны разделения, и обе находятся над выпускным отверстием реакторного блока. Первая колонна разделения представляет собой составляющую, снижающую скорость потока газа, направленного вверх, который выходит через выпускное отверстие реактора, а вторая колонна включает в себя вторую крышку, площадь которой в поперечном сечении постепенно уменьшается снизу вверх, и на второй крышке имеются проемы как в самой верхней, так и в самой нижней части, причем первая колонна разделения помещается во второй.

В устройстве для регенерации по настоящему изобретению транспортировочная высота надслоевого пространства значительно уменьшена без изменения потока газа и диаметра блока отвеивателя рекуператора. В дополнение к этому, повышается эффективность сепарации дымового газа и катализатора.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - схематическое изображение установки каталитического крекинга лигроина для обеспечения реакций/рекуперации по настоящему изобретению.

Фиг. 2 - схематическое изображение установки каталитического крекинга по настоящему изобретению.

Фиг. 3 - схема строения крышки первичного циклона в блоке отвеивателя рекуператора на фиг. 2.

Фиг. 4А-4С - виды в поперечном разрезе устройства быстрой сепарации в блоке отвеивателя рекуператора по настоящему изобретению.

Фиг. 5 - вид в поперечном разрезе другого устройства быстрой сепарации блока отвеивателя рекуператора по настоящему изобретению.

Фиг. 6 - вид сверху на внутреннюю часть блока отвеивателя рекуператора по настоящему изобретению;

Фиг. 7 - схематическое изображение потока дымового газа в блоке отвеивателя рекуператора по настоящему изобретению.

Подробное описание

Для лучшего понимания сведений, содержащихся в настоящем изобретении, ясное и полное описание технических решений будет приведено в сочетании с конкретными вариантами осуществления, примерами и прилагаемыми чертежами по настоящему изобретению. Следующие далее варианты осуществления используются для демонстрации изобретения по настоящей заявке, но не ограничивают ее объем.

Условия относительно экспериментальных методов, в отношении которых в последующих примерах такие условия не указаны конкретно, как правило, соответствуют стандартным условиям или условиям, рекомендованным производителем. Если не указано иное, все процентные соотношения, отношения, коэффициенты или детали основываются на массе.

Плотнотная секция: эта секция имеет больший диаметр слоя, меньшую скорость потока газа и повышенную плотность взвешивания катализатора, а также содействует обеспечению соприкосновения и вступлению в реакцию газообразной и твердой фаз.

Блок вертикальной трубы: этот блок имеет меньший диаметр слоя, повышенную скорость тока газа и меньшую плотность взвешивания катализатора. Назначение: линейная скорость увеличена для быстрого выхода попутного или дымового газа из реактора, за счет чего уменьшается количество вторичных реакций олефинов; малая плотность катализатора также способствует снижению количества вторичных реакций, в особенности, коксования; а также этот блок необходим для транспортировки катализатора.

"Периферийная стенка" реактора согласно настоящему изобретению представляет собой стенку реактора, параллельную его центральной оси.

Крекинг, также известный как пиролиз, представляет собой процесс, при котором происходят термическое разложение органических соединений и их конденсация для получения продуктов отличной относительной молекулярной массы.

Понятие "массово-временное отношение" относится к соотношению массы катализатора с массой подаваемого продукта в час.

Понятие "приведенная скорость газового потока" относится к скорости, с которой флюид выходит из материала слоя после взвешивания этого слоя, а также является важным рабочим параметром циркуляции взвешенного слоя.

Понятие "угол естественного откоса" относится к критическому углу откоса и представляет собой минимальный угол между наклонной и горизонтальной поверхностями в случае если предмет, помещенный на наклонную поверхность, пребывает в критическом состоянии соскальзывания вниз по этой наклонной поверхности (то есть, по мере увеличения угла наклона предмет на наклонной поверхности будет соскальзывать вниз быстрее; а также при достижении предметом состояния начала соскальзывания угол этого критического состояния именуется углом естественного откоса).

Понятие "попутный газ" относится к сумме всех реагентов и продуктов в установке крекинга согласно настоящему изобретению.

Если не указано иное, все профессиональные и научные понятия, используемые в настоящем документе, соответствуют общераспространенным на предыдущем уровне техники. В дополнение к этому, любые способы и материалы, аналогичные или эквивалентные раскрываемым здесь, могут быть применены в отношении способов согласно настоящему изобретению. Предпочтительные способы реализации и материалы, описываемые в настоящем документе, служат исключительно в качестве примеров.

Согласно одному аспекту катализатор для каталитического крекинга лигроина согласно настоящему изобретению включает в себя алюмосиликат, оксид щелочного металла, оксид щелочноземельного металла, TiO_2 , оксид железа, оксиды ванадия и никеля.

Алюмосиликат включает в себя SiO_2 и Al_2O_3 . Алюмосиликат подбирают из одного или нескольких компонентов, входящих в группу, состоящую из цеолита, каолина и муллита. Или же алюмосиликат состоит из SiO_2 или золи кремнистой кислоты (прекурсор SiO_2) и/или прекурсоров кремнекислого натрия и Al_2O_3 .

Согласно одному варианту осуществления процентная концентрация компонентов по массе в катализаторе следующая:

SiO_2 - 30-80 мас.%, а Al_2O_3 - 10-70 мас.%.

Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация компонентов по массе в катализаторе следующая: SiO_2 - 40-60 мас.%, а Al_2O_3 - 25-60 мас.%.

Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация оксида щелочного металла не превышает 5 мас.%, а предпочтительно - не более 3 мас.%. Оксид щелочного металла включает в себя один или два компонента - Na_2O и K_2O .

Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация оксида щелочноземельного металла не превышает 5 мас.%, а предпочтительно - не более 3 мас.%. Оксид щелочноземельного металла включает в себя один или два компонента - CaO и MgO .

Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация TiO_2 , оксида железа, оксидов ванадия и никеля не превышает 2 мас.%, а предпочтительно - не более 1 мас.%.

Согласно настоящему изобретению оксиды металлических элементов подгруппы в катализаторе могут представлять собой один или смесь двух или нескольких элементов из числа TiO_2 , оксида железа, оксидов ванадия и никеля, и концентрация всех оксидов металлических элементов подгруппы не превышает 2 мас.%, а предпочтительно - не более 1 мас.%.

Катализатор для каталитического крекинга согласно настоящему изобретению обладает хорошей тепловой, гидротермальной стабильностью и надлежащей кислотностью. Согласно другому аспекту удельная площадь поверхности катализатора согласно настоящему изобретению не превышает $150 \text{ м}^2/\text{г}$, а предпочтительно - не превышает $80 \text{ м}^2/\text{г}$, а также обладает высокой механической прочностью.

Катализатор для каталитического крекинга согласно настоящему изобретению может быть получен с помощью существующих способов на предыдущем уровне техники, таких как способы преципитации, пропитывания и смешивания.

Согласно другому аспекту способ каталитического крекинга лигроина включает в себя:

S1: катализатор поступает в предлифтовую трубу через наклонную трубу рекуператора и продвигается вверх к плотнофазной секции реактора под действием предлифтовой среды, а в реактор по касательной вверх через форсунку, расположенную в нижней части плотнофазной секции реактора, впрыскивается исходный продукт;

через форсунку реактора по касательной относительно поперечной цилиндрической обечайки распыляется исходный продукт под углом $10-90^\circ$ к вертикали;

S2: попутный газ и катализатор, выходящие из вертикальной трубы, поступают в отвеиватель установки крекинга, попутный газ выходит из отвеивателя для входа в систему сепарации, а катализатор выходит через транспортирующую часть циклона и опускается в блок отпарки отвеивателя;

S3: далее происходит отпарка катализатора, после чего отпаренный катализатор поступает в рекуператор через отводящую наклонную трубу, а затем разогревается в нем; и

S4: катализатор поступает в блок отвеивателя рекуператора, опускается в блок отпарки этого рекуператора, после чего поступает в бак-дегазатор, где он подвергается дополнительной отпарке, после чего отпаренный катализатор возвращается в реактор по наклонной трубе рекуператора.

Во время реакции каталитического крекинга лигроина используется катализатор для каталитического крекинга, предлагаемый согласно настоящему изобретению.

Согласно некоторым вариантам осуществления предлифтовая среда подбирается из одного или не-

скольких компонентов, входящих в группу, состоящую из пара, этана, пропана, бутана и лигроина.

Согласно способу каталитического крекинга лигроина по настоящему изобретению высокотемпературный катализатор сначала поступает в предлифтовую трубу, контактирует с предлифтовой средой и вступает с ней в реакцию, после чего поступает в плотнофазную секцию. В процессе прохождения катализатора вверх по предлифтовой трубе и поступления в плотнофазную секцию температура этого катализатора постепенно уменьшается. В плотнофазной секции катализатор контактирует и вступает в реакцию с лигроином. Температура катализатора, поступающего в плотнофазную секцию, ниже, чем при поступлении в предлифтовую трубу, и на разных этапах катализатор может контактировать и вступать в реакции с разными углеводородами для соответствия требованиям к температурам реакций различного сырья. Конечный продукт, то есть, низкоуглеродистые олефины, обладают высокой селективностью, благодаря чему можно эффективно снизить генерирование метана и других продуктов с низкой добавленной стоимостью.

В сопоставлении с паровым крекингом способ крекинга каталитического согласно настоящему изобретению обладает преимуществами, заключающимися в пониженных температуре реакции и паропотреблении, благодаря чему снижает энергопотребление.

Согласно некоторым вариантам осуществления предлифтовая среда представлена паром и этаном. Массовое соотношение пара и этана колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1, а предпочтительно - в диапазоне от 1/10 до 1/2.

Согласно этому варианту осуществления высокотемпературный катализатор (например, имеющий температуру свыше 800°C) реагирует с этаном в предлифтовой трубе, после чего поступает в плотнофазную секцию. Температура катализатора может быть понижена (например, до приблизительно 700°C) для точного соответствия температуре реакции лигроина.

Согласно способу каталитического крекинга лигроина по настоящему изобретению массовое соотношение этилена и пропилена может регулироваться за счет изменения температуры и составляющих реакции.

Согласно некоторым вариантам осуществления исходный продукт включает в себя лигроин и пар. Массовое соотношение пара и лигроина колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1, а предпочтительно - в диапазоне от 1/10 до 1/2.

Согласно некоторым вариантам осуществления предлифтовая среда подбирается из одного или нескольких компонентов, входящих в группу, состоящую из этана, пропана, бутана и лигроина. Исходный продукт включает в себя лигроин и пар, а массовое соотношение пара и совокупности углеводородов в качестве предлифтовой среды и лигроина колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1, а предпочтительно - от 1/10 до 1/2.

Согласно некоторым вариантам осуществления предлифтовая среда включает в себя пар и углеводороды, а углеводороды, в свою очередь, включают в себя один или несколько компонентов, входящих в группу, состоящую из этана, пропана, бутана и лигроина. Исходный продукт включает в себя лигроин. Массовое соотношение пара и совокупности углеводородов в качестве предлифтовой среды и лигроина колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1, а предпочтительно - от 1/10 до 1/2.

Согласно некоторым вариантам осуществления средняя скорость потока газа в плотнофазной секции превышает 0,25 м/с, а предпочтительно - превышает 1 м/с.

Среднее время выдерживания попутного газа в плотнофазной секции не превышает 4 с, а предпочтительно - не превышает 2 с.

Согласно некоторым вариантам осуществления средняя скорость потока газа в вертикальной трубе на этапе S2 превышает 3 м/с, а предпочтительно - превышает 7 м/с. Среднее время выдерживания в вертикальной трубе не превышает 5 с, а предпочтительно - не превышает 3 с.

Согласно некоторым вариантам осуществления линейная скорость исходного продукта у выпускного отверстия форсунки превышает 5 м/с, а предпочтительно - превышает 10 м/с.

При распылении исходного продукта через форсунку по касательной относительно поперечной обечайки плотнофазной секции под углом 10-90° к вертикали, а также при линейной скорости у выпускного отверстия, превышающей 5 м/с, катализатору может быть сообщено вращение в рамках плотнофазной секции для улучшения массообмена, теплопередачи и реакции между попутным газом и катализатором и, таким образом, может быть уменьшена застойная зона в плотнофазной секции, благодаря чему снизится или будет предотвращено коксование в реакторе. Установка крекинга может безопасно и стабильно работать в течение длительного промежутка времени.

Согласно третьему аспекту установка каталитического крекинга лигроина включает в себя:

предлифтовую трубу;

плотнофазную секцию реактора, первая оконечность которой сообщается с предлифтовой трубой;

наклонную трубу рекуператора, сообщающуюся с внутренней частью предлифтовой трубы;

форсунку, расположенную в нижней части плотнофазной секции реактора;

вертикальную трубу, сообщающуюся со второй оконечностью плотнофазной секции реактора;

блок отвеивателя, сообщающийся с вертикальной трубой;

блок отпарки отвеивателя, сообщающийся с блоком отвеивателя;

обратную наклонную трубу, сообщающуюся с блоком отпарки отвеивателя; и бак-дегазатор, соединенный с обратной наклонной трубой и рекуператором.

Диаметр поперечного сечения вертикальной трубы меньше диаметра поперечного сечения плотной фазной секции реактора.

Согласно четвертому аспекту устройство для регенерации катализатора включает в себя реакторный блок рекуператора, а также блок отвеивателя рекуператора. В реакторном блоке используется любая конструкция, раскрытая на предыдущем уровне техники. Часть реакторного блока входит в блок отвеивателя.

Блок отвеивателя рекуператора располагается над реакторным блоком последнего, а выпускное отверстие реакторного блока располагается внутри блока отвеивателя. Также в блоке отвеивателя расположены первичный циклон, его вертикальная труба и крышка. Крышка включает в себя верхнюю и нижнюю части, причем верхняя часть крышки имеет форму усеченного конуса, нижнее основание которого представляет собой нижнюю часть этой крышки, находящуюся в цилиндрической конструкции. Площадь проема в самой нижней части крышки превышает таковую для выпускного отверстия реактора. Окружность верхней части основания усеченного конуса соединяется с крайней частью вертикальной трубы первичного циклона или же с конечной частью этого циклона над впускным отверстием.

Поперечное сечение цилиндрической конструкции нижней части крышки, расположенное перпендикулярно относительно осевого направления, может быть одинаковым или разным. То есть, нижняя часть крышки может представлять собой цилиндрическую конструкцию, диаметр которой постепенно уменьшается сверху вниз, или же она может быть представлена цилиндрической конструкцией, диаметр которой постепенно увеличивается сверху вниз. Предпочтительно, чтобы нижняя часть крышки представляла собой цилиндрическую конструкцию одинакового диаметра.

Конструкция первичного циклона представлена любой конструкцией из предыдущего уровня техники и, как правило, включает в себя корпус первичного циклона и транспортирующую часть, расположенную ниже этого корпуса.

Согласно одному варианту осуществления выпускное отверстие транспортирующей части первичного циклона находится ниже выпускного отверстия реактора.

Согласно одному варианту осуществления угол θ между образующей линией усеченного конуса и нижним основанием верхней части крышки в форме усеченного конуса превышает угол естественного откоса гранул катализатора, благодаря чему обеспечивается свободное ссыпание этих гранул, падающих на коническую поверхность.

Согласно некоторым вариантам осуществления площадь проема в самой нижней оконечности крышки больше или равна таковой для выпускного отверстия блока вертикальной трубы. Предпочтительно, чтобы площадь самой нижней оконечности крышки превышала площадь выпускного отверстия реакторного блока в 1,5-5 раз, а более предпочтительно - в 2-3 раза.

В блоке отвеивателя рекуператора по настоящему изобретению снаружи крышки дополнительно установлен циклон. Могут быть установлены несколько циклонов. Также могут быть установлены несколько циклонов первой ступени и несколько циклонов второй ступени. Циклон, установленный снаружи крышки, сообщается со сборочной камерой в блоке отвеивателя рекуператора посредством вертикальной трубы.

Согласно некоторым вариантам осуществления выпускное отверстие вертикальной трубы первичного циклона не соединяется со впускным отверстием циклона первой ступени.

Согласно некоторым вариантам осуществления выпускное отверстие вертикальной трубы первичного циклона соединяется со впускным отверстием циклона первой ступени посредством раструбного соединения, и между стенками вертикальной трубы первичного циклона и впускным отверстием циклона первой ступени имеется зазор с тем, чтобы попутный газ в блоке отвеивателя мог поступать в циклон.

Согласно настоящему изобретению верхняя оконечность крышки в блоке отвеивателя рекуператора располагается на удалении от выпускного отверстия реакторного блока. В некоторых случаях расстояние между верхней оконечностью крышки и впускным отверстием реакторного блока приблизительно совпадает с высотой циклона. В дополнение к этому, ниже части в форме усеченного конуса находится цилиндрическая часть. Часть попутного газа, выходящая через выпускное отверстие реакторного блока, поступает в блок отвеивателя через крайнюю часть проема в нижней оконечности крышки; а другая часть попутного газа поступает в крышку и попадает непосредственно в верхнюю часть блока отвеивателя через впускное отверстие первичного циклона. Таким образом, в отличие от поступления в блок отвеивателя и движения вверх, согласно настоящему изобретению попутный газ поступает в циклон из верхней и нижней частей блока отвеивателя с целью значительного снижения приведенной скорости газового потока, благодаря чему снижается объем катализатора, захватываемого потоком газа, направленным вверх, а также снижается высота надслоевого пространства (ВНП).

Согласно некоторым вариантам осуществления самая нижняя часть крышки в блоке отвеивателя рекуператора находится ниже выпускного отверстия реакторного блока. То есть, плоскость, в которой расположена самая нижняя оконечность крышки, находится ниже плоскости, в которой расположено выпускное отверстие реакторного блока. За счет этого попутный газ, выходящий через выпускное отвер-

ствие реакторного блока, может поступать в крышку, а также непосредственно в блок отвеивателя снаружи от нее.

Согласно некоторым вариантам осуществления блок отвеивателя рекуператора включает в себя плотнофазную секцию и секцию разреженной фазы, и самая нижняя оконечность крышки находится выше поверхности сопряжения между секцией разреженной фазы и плотнофазной секцией, то есть, самая нижняя оконечность крышки расположена в секции разреженной фазы блока отвеивателя. Предпочтительно, чтобы самая нижняя оконечность крышки находилась на 0,5 м выше поверхности сопряжения между секцией разреженной фазы и плотнофазной секции или еще выше, а более предпочтительно - выше на 1 м или более.

Согласно некоторым вариантам осуществления выпускное отверстие первичного циклона не соединяется с выпускным отверстием реактора.

Согласно некоторым вариантам осуществления выпускное отверстие вертикальной трубы первичного циклона и выпускное отверстие циклона первой ступени находятся в одной горизонтальной плоскости, или же выпускное отверстие вертикальной трубы первичного циклона находится выше выпускного отверстия циклона первой ступени.

Реакторный блок рекуператора согласно настоящему изобретению может включать в себя плотнофазную секцию и блок вертикальной трубы, причем и блок вертикальной трубы, и плотнофазная секция находятся в барабанной конструкции одного диаметра, а диаметр блока вертикальной трубы меньше диаметра плотнофазной секции. Также в реакторном блоке рекуператора могут отсутствовать плотнофазная секция и секция вертикальной трубы, и реакторный блок будет представлять собой прямую трубу и бак одинакового диаметра.

Согласно некоторым вариантам осуществления корпус первичного циклона и реакторный блок установлены соосно друг другу. Центральная линия корпуса первичного циклона совпадает с центральной линией крышки.

При использовании только инерционной сепарации у выпускного отверстия реакторного блока рекуператора используется простая конструкция для быстрой сепарации, однако эффективность сепарации катализатора и дымового газа невысока. Высокая концентрация катализатора в дымовом газе, поступающем в циклон, усиливает потребление катализатора.

В дополнение к этому, при обеспечении постоянной эффективности сепарации в циклоне потери катализатора тем меньше, чем меньше его концентрация в газе, поступающем в циклон. Следовательно, эффективность первичной сепарации дымового газа и катализатора напрямую влияет на потери последнего.

В дополнение к техническим признакам, раскрываемым в настоящем изобретении, конструкции или составляющие, используемые в других установках каталитического крекинга алканов, могут включать составляющие и конструкции, раскрытые на предыдущем уровне техники, для обеспечения хорошо протекающей вышеприведенной реакции.

В качестве альтернативного варианта другое устройство для регенерации катализатора по настоящему изобретению включает в себя реакторный блок рекуператора, а также блок отвеивателя рекуператора. Блок отвеивателя сообщается с реакторным блоком, а внутри блока отвеивателя располагается выпускное отверстие реакторного блока. В блоке отвеивателя располагаются первая и вторая колонны разделения, и обе из них расположены над выпускным отверстием реакторного блока. Первая колонна разделения представляет собой составляющую, снижающую скорость потока газа, направленного вверх, который выходит через выпускное отверстие реакторного блока, а вторая колонна разделения включает в себя вторую крышку с проемами в верхней и нижней оконечностях, причем диаметр проема в нижней оконечности в поперечном сечении больше такового у верхней оконечности, а первая колонна разделения помещается во второй.

Согласно настоящему изобретению в блоке отвеивателя рекуператора расположены как минимум два уровня колонн разделения. Под действием первой колонны, расположенной ближе всего к выпускному отверстию реакторного блока, дымовой газ и катализатор, выходящие из этого выпускного отверстия, преимущественно оседают непосредственно в плотнофазном слое блока отвеивателя. Газ разделяется на две части. Часть газа, захватывающая часть катализатора, проходит вверх вдоль зазора между первой и второй колоннами разделения, а другая часть - наискосок вверх из наружной части второй колонны. Соотношение этих двух частей газа может гибко регулироваться за счет настройки степени расширения нижней части первой колонны разделения относительно второй, расстояния между этими колоннами, а также размера верхнего выпускного отверстия второй колонны разделения.

Согласно некоторым вариантам осуществления первая колонна разделения представлена первой крышкой, площадь поперечного сечения которой постепенно уменьшается снизу вверх, в нижней оконечности которой имеется проем, и она представляет собой сплошную поверхность от самой нижней до верхней оконечности крышки.

Предпочтительно, чтобы первая колонна разделения представляла собой конструкцию в форме обратного конуса или конструкцию со сферической крышкой.

Согласно некоторым вариантам осуществления площадь поперечного сечения самой нижней око-

нечности первой колонны разделения (то есть, оконечности, расположенной ближе всего к выпускному отверстию реактора) превышает таковую у выпускного отверстия реакторного блока или равна ей. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения самой нижней оконечности первой колонны разделения была больше таковой относительно выпускного отверстия реакторного блока, а также предпочтительно, чтобы она не превышала площадь поперечного сечения выпускного отверстия этого блока в два раза.

Согласно одному варианту осуществления самая нижняя оконечность первой колонны разделения находится ниже выпускного отверстия реакторного блока. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием реакторного блока и первой колонной разделения, была меньше или равна площади поперечного сечения выпускного отверстия реакторного блока.

Согласно другому варианту осуществления самая нижняя оконечность первой колонны разделения находится выше выпускного отверстия реакторного блока. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием реакторного блока и нижней оконечностью первой колонны разделения, была меньше или равна площади поперечного сечения выпускного отверстия реакторного блока.

Согласно некоторым вариантам осуществления первая колонна разделения предпочтительно имеет конструкцию в виде обратного конуса, а угол θ между образующей линией и основанием этого конуса превышает угол естественного откоса гранул катализатора, благодаря чему обеспечивается свободное ссыпание этих гранул, падающих на коническую поверхность.

Согласно одному варианту осуществления первая колонна разделения включает в себя первую крышку в конической конструкции, поперечное сечение которой постепенно увеличивается снизу вверх, края поперечного сечения первой крышки, проходящие через вершину конуса в продольном направлении, представлены двумя кривыми, проходящими через эту вершину, и кривизна каждой кривой сначала возрастает, а затем уменьшается по направлению от вершины до края конического основания.

Согласно другому варианту осуществления первая колонна разделения включает в себя первую крышку в конической конструкции, поперечное сечение которой постепенно увеличивается снизу вверх, и коническая поверхность этой конструкции изгибается в сторону от центральной линии конуса по направлению от вершины этого конуса к краю его основания.

Дополнительно первая колонна разделения включает в себя полость в конической конструкции, поперечные сечения которой постепенно увеличиваются по направлению сверху вниз; оконечность, прилегающая к выпускному отверстию зоны реакции полости, представляет собой основание; оконечность, расположенная на расстоянии от основания зоны реакции первой крышки, представляет собой основание, и край основания первой крышки в конической конструкции соединяется с краем основания полости.

Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения самой нижней оконечности полости в конической конструкции первой колонны разделения превышала таковую относительно выпускного отверстия реакторного блока. Более предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения самой нижней оконечности полости в конической конструкции в первой колонне разделения была больше таковой относительно выпускного отверстия реакторного блока, а также предпочтительно, чтобы она не превышала площадь поперечного сечения выпускного отверстия этого блока в два раза.

После обработки дымового газа и катализатора, выходящих из выпускного отверстия реакторного блока в первой колонне разделения, как представлено на фиг. 4С, попадание большей части катализатора в плотнофазный слой блока отщепителя предотвращается. Газ разделяется на две части. Одна часть газа, захватывающая часть катализатора, проходит вверх вдоль зазора между первой и второй колоннами разделения под воздействием первой колонны, а другая часть - наискосок вверх из наружной части второй колонны.

Согласно некоторым вариантам осуществления вторая колонна разделения дополнительно включает в себя отводную трубу аналогичного диаметра, один конец которой соединен с проемом в верхней оконечности крышки. Предпочтительно, чтобы отводная труба была представлена прямой трубой одинакового диаметра или трубопроводом переменного диаметра.

Согласно некоторым вариантам осуществления вторая колонна разделения представляет собой крышку в форме усеченного конуса, и как минимум одна оконечность (верхнее основание) в поперечном сечении этого конуса соединена с отводной трубой.

Вторая колонна разделения представляет собой крышку в форме усеченного конуса, и внутренний угол между образующей линией и нижним основанием превышает угол естественного откоса гранул катализатора.

Согласно некоторым вариантам осуществления вторая колонна разделения представляет собой конструкцию в форме сферической крышки, и эта конструкция оснащена выпускным отверстием. Предпочтительно, чтобы самая верхняя оконечность (то есть, удаленная от выпускного отверстия реактора) конструкции в форме сферической крышки была оснащена выпускным отверстием.

Участок выпускного отверстия второй колонны разделения спроектирован так, чтобы скорость по-

тока газа в этом отверстии была ниже или равна скорости потока газа в выпускном отверстии вертикальной трубы. То есть, площадь поперечного сечения выпускного отверстия второй колонны разделения превышает таковую относительно выпускного отверстия реакторного блока.

Согласно некоторым вариантам осуществления площадь поперечного сечения самой нижней оконечности второй колонны разделения превышает максимальную площадь поперечного сечения первой колонны в 1,5 раза.

Согласно некоторым вариантам осуществления минимальное расстояние от первой колонны разделения до второй превышает диаметр поперечного сечения выпускного отверстия реакторного блока.

Контролируя или изменяя расстояние между первой и второй колоннами разделения, можно регулировать соотношение (соотношение разделения) технологической среды, непосредственно входящей в блок отвеивателя, со средой, продолжающей двигаться вверх через зазор между первой и второй колоннами. Предпочтительно, чтобы соотношение между двумя колоннами разделения составляло 3/1-1/1.

В дополнение к этому, самая нижняя оконечность второй колонны разделения находится выше поверхности сопряжения разреженной и плотной фаз катализатора в блоке отвеивателя. Более предпочтительно, чтобы самая нижняя оконечность второй колонны разделения находилась выше поверхности сопряжения разреженной и плотной фаз катализатора в блоке отвеивателя как минимум на 1 м.

Согласно некоторым вариантам осуществления в блоке отвеивателя дополнительно установлена третья колонна разделения, находящаяся выше второй колонны, и она также представляет собой третью крышку, площадь поперечного сечения которой постепенно уменьшается снизу вверх, причем в самой нижней оконечности этой крышки имеется проем, и она представляет собой сплошную поверхность от самой нижней до верхней оконечности крышки.

Предпочтительно, чтобы третья колонна разделения представляла собой конструкцию в форме обратного конуса или конструкцию со сферической крышкой.

Катализатор, подхваченный газом, движется вверх в отводной трубе второй колонны разделения. Под действием третьей колонны разделения часть катализатора непосредственно оседает и опускается вниз, а другая его часть по-прежнему увлекается газом. Однако газ, отходящий в сторону, преимущественно движется горизонтально или по касательной вниз, в сторону выпускного отверстия циклона (как представлено на фиг. 5), и сила, действующая вверх, которая могла бы уравновесить массу катализатора, отсутствует, поэтому эта часть катализатора также естественным образом оседает. Можно понять, что объединенная установка нескольких уровней колонн разделения дополнительно снижает захват катализатора и содействует его оседанию за счет изменения распределения поля течения.

В некоторых вариантах осуществления площадь поперечного сечения самой нижней оконечности третьей колонны разделения превышает или равна таковой относительно выпускного отверстия второй колонны разделения. Или же площадь поперечного сечения самой нижней оконечности третьей колонны разделения превышает или равна таковой относительно выпускного отверстия отводной трубы во второй колонне разделения.

Согласно некоторым вариантам осуществления самая нижняя оконечность третьей колонны разделения находится ниже выпускного отверстия отводной трубы второй колонны разделения. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием отводной трубы и третьей колонной разделения, была больше или равна площади поперечного сечения выпускного отверстия отводной трубы.

Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием отводной трубы и третьей колонной разделения, была больше площади поперечного сечения выпускного отверстия реактора.

Согласно другому варианту осуществления самая нижняя оконечность третьей колонны разделения позиционно находится ниже выпускного отверстия отводной трубы второй колонны разделения. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием отводной трубы и нижней оконечностью третьей колонны разделения, была больше или равна площади поперечного сечения выпускного отверстия отводной трубы. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием отводной трубы и третьей колонной разделения, была больше площади поперечного сечения выпускного отверстия реакторного блока.

Согласно некоторым вариантам осуществления третья колонна разделения предпочтительно имеет конструкцию в виде обратного конуса, а угол θ между образующей линией и основанием этого конуса превышает угол естественного откоса гранул катализатора, благодаря чему обеспечивается свободное ссыпание этих гранул, падающих на коническую поверхность.

Согласно настоящему изобретению первая, вторая и третья колонны разделения соответственно установлены в блоке отвеивателя рекуператора и соединены способом, общепринятым в этой области техники.

В блоке отвеивателя рекуператора по настоящему изобретению снаружи от первой, второй и третьей колонн разделения дополнительно установлен циклон. Могут быть установлены несколько циклонов. Также могут быть установлены несколько циклонов первой ступени и несколько циклонов второй ступени. Циклон, установленный снаружи крышки, сообщается со сборочной камерой в отвеивателе посред-

вом вертикальной трубы.

Согласно некоторым вариантам осуществления выпускное отверстие второй колонны разделения или отводной трубы находится выше или на том же уровне, что и выпускное отверстие циклона.

Согласно некоторым вариантам осуществления впускные отверстия нескольких циклонов в блоке отвейвателя рекуператора установлены вблизи стенки этого блока. Предпочтительно, чтобы впускные отверстия циклонов были установлены по окружности, например, по часовой стрелке или против нее.

Благодаря такому способу установки циклонов согласно настоящему изобретению газ во всем блоке отвейвателя рекуператора вращается в одном направлении, что оказывает полезный эффект на катализатор, взвешенный в этом блоке, в виде "отталкивания" к стенке блока отвейвателя под действием центробежной силы и соскальзывания по стенке для входа в плотнофазный слой, благодаря чему дополнительно снижается объем катализатора, попадающего в циклон.

Согласно настоящему изобретению дымовой газ поступает в циклон из верхней и нижней частей блока отвейвателя с целью значительного снижения приведенной скорости газового потока, благодаря чему снижается объем катализатора, захватываемого потоком дымового газа, направленным вверх, а также снижается высота надслоевого пространства (ВНП).

Далее приведено дополнительное описание в сочетании с конкретными чертежами и примерами.

Пример 1.

Способом распылительного гранулирования были получены 200 кг катализатора для крекинга.

В смесительный бак были добавлены 143 кг деионизированной воды и 96 кг псевдобемита (переработанные до 34 мас.%, в зависимости от обстоятельств), 8 кг концентрированной азотной кислоты 68% в условиях непрерывного помешивания до получения гелеобразной смеси. Далее были добавлены 310 кг золи кремнистой кислоты (с концентрацией твердых частиц, равной 40 мас.%), 1,5 кг карбоната натрия, 3,5 кг карбоната кальция, 0,5 кг нитрата никеля и 1,1 кг нитрата железа. После перемешивания в течение 1 ч было проведено распылительное гранулирование для получения катализатора, и этот катализатор был кальцинирован при температуре 700°C для получения конечного продукта для последующего использования.

Вышеуказанный катализатор обладает хорошей тепловой и гидротермальной стабильностью, малой площадью поверхности (удельная площадь поверхности не превышает 150 м²/г, а в некоторых случаях не превышает 80 м²/г) и высокой механической прочностью.

Пример 2.

В настоящем примере способ получения низкоуглеродистых олефинов из лигроина включает в себя следующие этапы:

S1: катализатор поступает в предлифтовую трубу через наклонную трубу рекуператора и продвигается вверх к плотнофазной секции реактора под действием предлифтовой среды, а в реактор по касательной вверх через форсунки, расположенные в нижней части плотнофазной секции реактора, впрыскиваются лигроин и пар;

через форсунки реактора лигроин и пар распыляются по касательной относительно поперечной цилиндрической обечайки под углом 10-90° к вертикали;

S2: попутный газ и катализатор, выходящие из вертикальной трубы, поступают в отвейватель установки крекинга, попутный газ выходит из отвейвателя для входа в систему сепарации, а катализатор выходит через транспортирующую часть циклона и опускается в блок отпарки отвейвателя;

S3: далее происходит отпарка катализатора, после чего он поступает в рекуператор через отводящую наклонную трубу, а затем разогревается в нем; и

S4: катализатор поступает в блок отвейвателя рекуператора, опускается в блок отпарки этого отвейвателя, после чего поступает в бак-дегазатор, где он подвергается дополнительной отпарке, после чего отпаренный катализатор возвращается в реактор по наклонной трубе рекуператора.

На этапе S1 лигроин и пар распыляются через форсунки под углом 30-60° к вертикали, а линейная скорость у выпускного отверстия превышает 10 м/с.

Форсунки расположены на одинаковом расстоянии друг от друга в одном и том же направлении, и их количество варьируется от 2 до 6 единиц.

Катализатор включает в себя алюмосиликат, оксид щелочного металла, оксид щелочноземельного металла, TiO₂, оксид железа, оксиды ванадия и никеля.

Процентная концентрация компонентов по массе в катализаторе следующая:

алюмосиликат включает в себя SiO₂ и Al₂O₃, где процентная концентрация SiO₂ по массе составляет 30-80 мас.%, а Al₂O₃ - 10-70 мас.%;

оксид щелочного металла включает в себя один или два компонента - Na₂O и K₂O, где процентная концентрация оксида щелочного металла по массе не превышает 5 мас.%; и

оксид щелочноземельного металла включает в себя один или два компонента - CaO и MgO, где процентная концентрация оксида щелочноземельного металла по массе не превышает 5 мас.%.

Процентная концентрация TiO₂, оксида железа, оксидов ванадия и никеля по массе не превышает 2 мас.%.

На этапе S1 предлифтовая среда представлена паром и этаном. Массовое соотношение пара и этана

колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1.

На этапе S1 массовое соотношение пара и лигроина колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1.

На этапе S1 средняя скорость потока газа в плотнофазной секции превышает 0,25 м/с.

На этапе S1 среднее время выдерживания попутного газа в плотнофазной секции не превышает 4 с.

Средняя скорость потока газа в вертикальной трубе на этапе S2 превышает 3 м/с.

Пример 3.

Установка для реализации способа, описанного в примере 2, включает в себя как минимум:

преддифтовую трубу 2;

плотнофазную секцию реактора 4, первая оконечность которой сообщается с преддифтовой трубой 2;

наклонную трубу рекуператора 10, сообщающуюся с внутренней частью преддифтовой трубы 2;

форсунку 3, расположенную в нижней части плотнофазной секции реактора 4;

вертикальную трубу 5, сообщающуюся со второй оконечностью плотнофазной секции реактора 4;

блок отсепаратора 7, сообщающийся с вертикальной трубой 5;

блок отпарки отсепаратора 8, сообщающийся с блоком отсепаратора 7;

обратную наклонную трубу 9, сообщающуюся с блоком отпарки отсепаратора 8; и

бак-дегазатор 18, соединенный с обратной наклонной трубой 9 и рекуператором 12.

Конкретные этапы применения установки для получения низкоуглеродистых олефинов следующие:

Как представлено на фиг. 1, высокотемпературный регенерированный катализатор поступает в преддифтовую трубу 2 через наклонную трубу рекуператора 10 и продвигается вверх к плотнофазной секции реактора 4 под действием преддифтовой среды 1, а в реактор через форсунку 3, расположенную в нижней части плотнофазной секции реактора 4, впрыскивается исходный продукт - лигроин и пар. Относительно увеличенного изображения компоновки форсунок на фиг. 1 через форсунку реактора по касательной относительно его поперечной цилиндрической обечайки распыляется исходный продукт под углом 30-60° к вертикали. Линейная скорость у выпускного отверстия форсунки превышает 5 м/с, за счет чего катализатору может быть сообщено вращение для улучшения массообмена, теплопередачи и реакции между попутным газом и катализатором и, таким образом, может быть уменьшена застойная зона в плотнофазной секции, благодаря чему снизится или будет предотвращено коксование в реакторе. Средняя скорость потока газа в плотнофазной секции превышает 0,25 м/с. Среднее время выдерживания попутного газа в плотнофазной секции не превышает 4 с. Попутный газ выходит из плотнофазной секции и поступает в вертикальную трубу 5, и средняя скорость потока газа в этой трубе превышает 3 м/с, а среднее время выдерживания в ней составляет не более 5 с. Попутный газ 6 и катализатор, выходящие из вертикальной трубы 5, поступают непосредственно в циклоны блока отсепаратора 7 и проходят две-три ступени сепарации, попутный газ выходит из отсепаратора для входа в систему сепарации, а катализатор выходит через транспортирующую часть циклона и опускается в блок отпарки отсепаратора 8. Для предотвращения коксования высокотемпературного попутного газа в отсепараторе попадание большого объема этого газа в отсепаратор предотвращается. Происходит отпарка катализатора паром 15, после чего отпаренный катализатор поступает в рекуператор 12 через отводящую наклонную трубу 9. В рекуператоре 12 происходит сжигание распыленных воздуха и топлива 11 для нагрева регенерирующего агента с целью достижения высокой температуры, равной 750-850°C, с одновременным выжиганием нагара с поверхности катализатора. Под действием дымового газа высокотемпературный катализатор поступает в рекуперационный отсепаратор 13, опускается в блок отпарки этого рекуператора и подвергается отпарке паром 17, после чего отпаренный катализатор поступает в бак-дегазатор 18. В баке-дегазаторе 18 катализатор подвергается дополнительной отпарке паром 16, после чего отпаренный катализатор возвращается в реактор по наклонной трубе 10.

Пример 4.

Составляющие лигроина (под № 1) в настоящем примере представлены в таблице 1, и реакция крекинга лигроина осуществляется в установке со взвешенным слоем в примере 3.

Согласно этому способу температура регенерации катализатора составляет 800°C, а преддифтовая среда представлена паром, что составляет 5 мас.%, лигроина по массе. Катализатор включает в себя следующие оксиды: SiO₂ - 51 мас.%, Al₂O₃ - 42 мас.%, MgO - 4 мас.%, Fe₂O₃ - 0,5 мас.%, Na₂O - 1,5 мас.%, и V₂O₅ - 1,0 мас.%. Температуру у выпускного отверстия вертикальной трубы устанавливают на 700°C, а массовое соотношение пара и лигроина составляет 1/4. Среднее время выдерживания попутного газа в плотнофазной секции реактора составляет 1,5 с, а среднее время его выдерживания в вертикальной трубе - 1,5 с. Результаты демонстрируют, что выход этилена и пропилена составляет 47 мас.%, а конкретный состав суммарного продукта при крекинге представлен в табл. 3.

При использовании способа парового крекинга из предыдущего уровня техники для крекинга аналогичного лигроина выход этилена и пропилена составляет около 43 мас.%.

Таблица 1

Состав лигроина № 1 по примеру 4, мас.%						
Углеродное число	Н-алканы	Изоалканы	Циклоалканы	Арены	Олефины	Всего
5	8,09	6,74	1,42	--	0,02	16,27
6	12,10	12,02	8,53	1,58	0,01	34,24
7	7,09	9,27	9,65	5,62	--	31,62
8	2,12	2,78	2,84	3,17	--	10,92
9	0,72	1,06	0,97	0,61	--	3,37
10	0,51	0,50	0,66	0,46	--	2,14
11	--	0,28	--	1,18	--	1,45
Σ	30,64	32,64	24,07	12,6 2	0,03	100

Пример 5.

Пример 5 отличается от примера 4 тем, что: температура у выпускного отверстия вертикальной трубы повышена до 750°C, но прочие условия аналогичны таковым в примере 4. Выход этилена и пропилена составляет 52,32 мас.%, и конкретный состав суммарного продукта при крекинге представлен в табл. 3.

Пример 6.

Этот пример отличается от примера 4 тем, что: составляющие лигроина отличаются, и компоненты лигроина (под № 2) в этом примере соответствуют представленным в табл. 2, но прочие условия аналогичны таковым в примере 4. Выход этилена и пропилена составляет 50,48 мас.%, и конкретный состав суммарного продукта при крекинге представлен в табл. 3.

Таблица 2

Состав лигроина № 2 по примеру 6, мас.%						
Углеродное число	Н-алканы	Изоалканы	Циклоалканы	Арены	Олефины	Всего
5	10,96	5,62	1,20	--	--	17,78
6	10,37	12,32	5,47	0,93	--	29,09
7	6,34	6,83	5,16	1,70	--	20,03
8	3,52	4,07	3,65	1,67	0,08	12,92
9	2,05	4,01	1,89	1,08	--	9,13
10	1,39	1,90	2,63	2,54	--	8,45
11	0,08	1,51	--	0,28	--	1,87
12	0,11	--	--	0,61	--	0,73
Σ	34,82	36,27	20,00	8,82	0,08	100

Пример 7.

Этот пример отличается от примера 4 тем, что: составляющие лигроина отличаются, и компоненты лигроина (под № 2) в этом примере соответствуют представленным в табл. 2, а также температура у выпускного отверстия вертикальной трубы увеличена до 750°C. Прочие условия аналогичны таковым в примере 4. Выход этилена и пропилена составляет 55,20 мас.%, и конкретный состав суммарного продукта при крекинге представлен в табл. 3.

Пример 8.

Этот пример отличается от примера 4 тем, что: составляющие лигроина (под № 2) в этом примере соответствуют представленным в табл. 2, и температура у выпускного отверстия вертикальной трубы увеличена до 750°C; этан, составляющий 3 мас.%, лигроина, смешивается с исходным продуктом; а также этан и пар совместно используются в качестве предлифтовой среды, в которой пар составляет 1,5 мас.%, исходного продукта в виде лигроина. Прочие условия аналогичны таковым в примере 4. Выход этилена и пропилена составляет 57,65 мас.%, и конкретный состав суммарного продукта при крекинге представлен в табл. 3.

Таблица 3

Состав суммарного продукта при каталитическом крекинге лигроина, мас. %

Пример	4	5	6	7	8
Исходный продукт	Лигроин № 1	Лигроин № 1	Лигроин № 2	Лигроин № 2	Этан 3 % масс. /лигроин № 2 97 %
Температура у выпускного отверстия, °С	700	750	700	750	750
Водород	0,70	1,05	0,91	0,91	0,91
Метан	10,26	16,05	12,45	16,74	16,94
Этан	2,47	2,49	2,81	3,01	0,30
Этилен	26,49	34,69	31,22	37,96	40,31
Пропан	0,59	0,60	0,52	0,44	0,45
Пропилен	21,14	17,63	19,25	17,24	17,34
Изобутан	0,50	0,47	0,78	0,34	0,35
н-бутан	1,99	0,18	0,29	0,19	0,19
Транс-бутен	5,16	2,93	4,94	4,25	4,58
1-бутен	1,83	0,72	1,23	0,65	0,66
Изобутен	4,18	2,55	2,82	2,09	2,10
Цис-2-бутен	1,75	0,69	1,06	0,61	0,62
1,3-бутадиен	4,24	4,65	5,00	5,05	5,08
Бензин	13,86	11,73	11,78	7,22	7,06
Дизель	4,83	3,58	4,95	3,28	3,10
Этилен + пропилен	47,63	52,32	50,48	55,20	57,65

Пример 9.

В этом примере описывается частичная структура устройства для регенерации катализатора установки каталитического крекинга лигроина. Ниже представлено дополнительное конкретное описание в привязке к фиг. 2 и 3.

Как представлено на фиг. 2, устройство для регенерации катализатора при каталитическом крекинге лигроина включает в себя рекуперативные реактор 12 и отвеиватель 13. Рекуперативный реактор 12 включает в себя плотнофазную секцию 122 и секцию вертикальной трубы 125, которая входит в рекуперативный отвеиватель 13.

В рекуперативном отвеивателе 13 расположен циклонный компонент быстрой сепарации. Циклонный компонент быстрой сепарации включает в себя первичный циклон 20 и крышку 19. Как представлено на фиг. 3, первичный циклон 20 последовательно включает в себя цилиндр 201, обратный конус 204 и транспортирующую часть 205, расположенные в порядке сверху вниз. Впускное отверстие 202 первичного циклона 20 расположено на верхней части цилиндра 201, и через это отверстие поток газа по касательной входит в первичный циклон 20. Вершина первичного циклона 20 оснащена вертикальной трубой 203, сообщающейся с первичным циклоном 20 так, чтобы попутный или дымовой газ, входящий в первичный циклон 20, выходил через эту трубу. Крышка 19 включает в себя две части. Верхняя часть имеет форму усеченного конуса, а нижняя - цилиндра, и крышка может представлять собой единую конструкцию. Край верхней оконечности (то есть, верхнее основание усеченного конуса) крышки 19 соединен с крайней частью вертикальной трубы 203, и в крышке располагается первичный циклон 20. Поверхность нижней оконечности крышки 19 находится ниже выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 и располагается в секции разреженной фазы отвеивателя.

Внутренний угол между образующей линией верхней части в форме усеченного конуса и нижним основанием этой части крышки 19 превышает угол естественного откоса гранул катализатора. Иными словами, размер внутреннего угла усеченного конуса связан с применяемым углом естественного откоса гранул катализатора и обеспечивает движение катализатора вниз.

Площадь поперечного сечения проема в самой нижней части крышки 19 превышает таковую для выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125.

В этом примере центральные линии цилиндра 201 и обратного конуса 204 первичного циклона 20, крышки 19 и рекуперационного реактора 12 совпадают. Впускное отверстие транспортирующей части

должно находиться на удалении от выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125, то есть, если выпускное отверстие транспортирующей части расположено близко к выпускному отверстию секции вертикальной трубы 125, оно не способствует выводу катализатора первичного циклона 20 из транспортирующей части под действием потока газа в этой секции, направленного вверх.

В этом примере выпускное отверстие 202 первичного циклона 20 не соединяется с выпускным отверстием секции вертикальной трубы 125.

Пространство вне крышки 19 в отвеивателе 13 дополнительно оснащено циклонами 21 и сборочной камерой 22. В этом примере установлены два комплекта циклонов. Каждый комплект циклонов включает в себя циклон первой ступени 211 и циклон второй ступени 212, и циклон второй ступени 212 сообщается со сборочной камерой 22 посредством вертикальной трубы. Впускное отверстие циклона первой ступени 211 и впускное отверстие 202 первичного циклона 20 находятся в одной горизонтальной плоскости, либо же впускное отверстие циклона первой ступени 211 располагается немного ниже впускного отверстия 202 первичного циклона 20.

Пример 10.

Этот пример представляет собой другой вариант осуществления частичной структуры устройства для регенерации катализатора при каталитическом крекинге лигроина. Ниже представлено дополнительное конкретное описание в привязке к фиг. 4-7.

Как представлено на фиг. 2, устройство для регенерации катализатора при каталитическом крекинге лигроина включает в себя рекуперативный реактор 12 и отвеиватель 13. Рекуперативный реактор 12 включает в себя плотнофазную секцию и секцию вертикальной трубы 125, которая входит в рекуперативный отвеиватель 13.

В рекуперативном отвеивателе 13 расположен циклонный компонент быстрой сепарации 23. Циклонный компонент быстрой сепарации 23 включает в себя первую колонну разделения 231 и вторую колонну разделения 232, а также дополнительно включает в себя третью колонну разделения 233. Первая, вторая и третья колонны разделения расположены над выпускным отверстием рекуперативного реактора.

Циклонный компонент быстрой сепарации может обеспечивать достижение эффекта быстрой сепарации дымового газа и катализатора согласно настоящему изобретению, включая в себя только первую 231 и вторую 232 колонны разделения. В случае, когда циклонный компонент быстрой сепарации включает в себя третью колонну разделения 233, может быть достигнут лучший эффект сепарации.

Первая колонна разделения 231 может быть представлена первой конической крышкой, как представлено на фиг. 4А, или первой сферической крышкой, как представлено на фиг. 4В, или же может представлять собой первую крышку в конструкции, как представлено на фиг. 4С. Первая колонна разделения 231, представленная на фиг. 4С, состоит из двух частей - верхней части в конической конструкции и нижней части, представленной первой крышкой, диаметр которой постепенно увеличивается снизу вверх. Продольная часть первой крышки, проходящая через ее центральную линию, представлена двумя кривыми, проходящими по вершине, которые изгибаются по сторону от центральной линии, и кривизна этих кривых сначала увеличивается, а затем уменьшается по направлению снизу вверх. Край основания самой нижней оконечности конической конструкции верхней части соединяется с краем верхней оконечности нижней части. Верхняя и нижняя части также могут представлять собой единую конструкцию.

Как представлено на фиг. 4А, 4В и 4С, вторая колонна разделения 232 включает в себя конструкцию в форме усеченного конуса и отводную трубу 621, которая соединяется с частью конструкции в форме усеченного конуса в месте ее наименьшего поперечного сечения; или же отводная труба 621 и конструкция в форме усеченного конуса представляют собой единую конструкцию, образующую вторую колонну разделения 232. Первая колонна разделения 231 расположена внутри второй колонны разделения 232.

Конструкция третьей колонны разделения 233 аналогична конструкции первой колонны 231. Формы первой и второй колонн разделения могут быть одинаковыми или отличаться. Например, первая колонна разделения 231 имеет форму сферической крышки, а третья 233 может представлять собой коническую конструкцию.

Внутренний угол между образующей линией нижнего основания конуса первой или третьей колонн разделения (231, 233) превышает угол естественного откоса гранул катализатора. Иными словами, размер внутреннего угла конуса связан с применяемым углом естественного откоса гранул катализатора и обеспечивает движение катализатора вниз.

Если первая колонна разделения 231 представляет собой первую крышку в конической конструкции или сферической конструкции, площадь поперечного сечения самой нижней оконечности (то есть, оконечности, расположенной ближе всего к реактору) первой колонны разделения превышает или равна таковой для выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения самой нижней оконечности первой колонны разделения была больше таковой относительно выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора, а также предпочтительно, чтобы она не превышала площадь поперечного сечения этой секции в два раза.

Если первая колонна разделения 231 является конструкцией, представленной на фиг. 4С, площадь поперечного сечения самой нижней оконечности конической конструкции ее верхней части больше таковой относительно выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора, а предпочтительно, чтобы она не превышала площадь поперечного сечения этой секции в два раза.

В этом примере самая нижняя оконечность первой колонны разделения 231 находится выше выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора. Площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора и нижней оконечностью первой колонны разделения 231, меньше или равна площади поперечного сечения выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора.

Самая нижняя оконечность первой колонны разделения 231 также может располагаться ниже выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора. Как представлено на фиг. 5, площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора и первой колонной разделения (участок, отмеченный пунктирной линией на фиг. 5), меньше или равна площади поперечного сечения выпускного отверстия секции вертикальной трубы 125 рекуперативного реактора.

В этом примере максимальная площадь поперечного сечения конструкции в форме усеченного конуса второй колонны разделения 232 превышает площадь поперечного сечения самой нижней оконечности первой колонны разделения 231 в 1,5 раза. Минимальное расстояние между первой 231 и второй 232 колоннами разделения должно быть больше диаметра поперечного сечения выпускного отверстия секции вертикальной колонны 125 рекуперативного реактора.

В этом примере площадь поперечного сечения самой нижней оконечности третьей колонны разделения 233 превышает или равна таковой относительно выпускного отверстия отводной трубы 621 во второй колонне разделения 232. Самая нижняя оконечность третьей колонны разделения находится выше выпускного отверстия отводной трубы второй колонны разделения. Предпочтительно, чтобы площадь поперечного сечения кольцевого зазора, образуемого выпускным отверстием отводной трубы и нижней оконечностью третьей колонны разделения, была больше или равна площади поперечного сечения выпускного отверстия отводной трубы.

В этом примере циклоны 21, в которые включены как минимум два циклона первой ступени 211 и как минимум два циклона второй ступени 212, расположены в отвеивателе 13 и снаружи от циклонного компонента быстрой сепарации 23, причем циклоны второй ступени 212 сообщаются со сборной камерой 22 посредством вертикальной трубы. Впускное отверстие циклона первой ступени 211 и впускное отверстие отводной трубы 621 второго циклона 23 находятся в одной горизонтальной плоскости, либо же впускное отверстие циклона первой ступени 211 располагается немного ниже впускного отверстия отводной трубы 621. Как представлено на фиг. 7, катализатор, подхваченный газом, движется вверх в отводной трубе 621 второй колонны разделения 232. Под действием третьей колонны разделения 233 часть катализатора непосредственно оседает и опускается вниз, а другая его часть выходит из нижней части третьей колонны разделения вместе с газом. Поток газа движется преимущественно горизонтально или по наклонной линии вниз, в сторону впускного отверстия циклона, а при отсутствии силы, действующей по направлению вверх, катализатор естественным образом оседает.

Как представлено на фиг. 6, несколько циклонов расположены по окружности отвеивателя 13 на равном расстоянии друг от друга, впускное отверстие циклона первой ступени 211 расположено вблизи стенки отвеивателя 13, а впускные отверстия 24 всех циклонов 211 расположены по окружности против часовой стрелки.

В настоящем изобретении представлено подробное описание. Его цель заключается в обеспечении понимания и возможности реализации изобретения по настоящей заявке специалистами в этой области техники, но не ограничение объема правовой охраны этого изобретения. Все эквивалентные изменения или модификации, осуществляемые согласно сущности изобретения по настоящей заявке, подпадают под объем его правовой охраны.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ каталитического крекинга лигроина, включающий:

S1: подачу - катализатора в предлифтовую трубу через наклонную трубу рекуператора и его движение вверх к плотнофазной секции реактора под действием предлифтовой среды, при этом предлифтовая труба соединена с первой оконечностью плотнофазной секции рекуператора и наклонной трубой рекуператора, соответственно;

а также подачу в реактор по касательной вверх через форсунку, расположенную в нижней части плотнофазной секции реактора, исходного продукта, содержащего лигроин;

подачу исходного продукта через форсунку реактора по касательной линии относительно поперечной обечайки плотнофазной секции реактора под углом 10-90° к вертикали;

S2: обеспечение поступления попутного газа и катализатора из вертикальной трубы в отвеиватель установки крекинга,

а также обеспечение входа попутного газа из отвеивателя в систему сепарации и поступления катализатора в блок отпарки отвеивателя через транспортирующую часть циклона;

S3: отпарку катализатора, позволяющую отпаренному катализатору из блока отпарки отвеивателя попасть в рекуператор через отводящую наклонную трубу, с последующим нагревом в нем; и

S4: обеспечение поступления катализатора в блок отвеивателя рекуператора с последующим его опусканием в блок отпарки этого отвеивателя и входом в бак-дегазатор, при этом бак-дегазатор соединен с наклонной трубой рекуператора и блоком отвеивателя рекуператора, а также

отпарку катализатора в баке-дегазаторе и обеспечение возврата отпаренного катализатора в реактор по наклонной трубе рекуператора;

при этом рекуператор включает:

реакторный блок рекуператора и блок отвеивателя этого рекуператора, который отличается тем, что

реакторный блок рекуператора включает плотнофазную секцию и секцию вертикальной трубы, и выпускное отверстие плотнофазной секции соединено со впускным отверстием секции вертикальной трубы, выпускное отверстие секции вертикальной трубы реакторного блока рекуператора расположено в блоке отвеивателя этого рекуператора, а также

в блоке отвеивателя рекуператора расположены первичный циклон, его вертикальная труба и крышка;

крышка включает верхнюю и нижнюю части, причем верхняя часть крышки имеет форму усеченного конуса, ее нижняя часть находится под нижним основанием усеченного конуса и представлена цилиндрической конструкцией;

площадь проема в самой нижней части крышки превышает таковую для выпускного отверстия реакторного блока; и

окружность верхней части основания усеченного конуса соединяется с крайней частью вертикальной трубы первичного циклона или же с конечной частью этого циклона над его впускным отверстием;

при этом первичный циклон включает корпус этого циклона и транспортирующую часть, расположенную ниже корпуса и

вертикальная труба первичного циклона расположена у вершины его корпуса и сообщается с ним.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что катализатор включает алумосиликат, оксид щелочного металла, оксид щелочноземельного металла, TiO_2 , оксид железа, оксиды ванадия и никеля.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что на этапе S1 предлифтовая среда подбирается из одного или нескольких компонентов, входящих в группу, состоящую из пара, этана, пропана и бутана; и

предлифтовая среда представлена паром и этаном, и массовое соотношение пара и этана колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что на этапе S1 исходный продукт включает в себя лигроин и пар, а массовое соотношение пара и лигроина колеблется в диапазоне от 1/20 до 1/1.

5. Способ по п.2, отличающийся тем, что в рамках концентрации составляющих катализатора по массе концентрация оксида щелочного металла не превышает 5 мас.%.
6. Способ по п.2 или 5, отличающийся тем, что концентрация TiO_2 , оксида железа, оксида ванадия или никеля по массе не превышает 2 мас.%, соответственно.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что угол θ между образующей линией усеченного конуса и нижним основанием крышки в форме усеченного конуса превышает угол естественного откоса гранул катализатора.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что площадь проема в самой нижней оконечности крышки больше или равна таковой для выпускного отверстия блока вертикальной трубы.

9. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что в блоке отвеивателя рекуператора самая нижняя оконечность крышки находится ниже выпускного отверстия вертикальной трубы реакторного блока.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что блок отвеивателя включает плотнофазную секцию и секцию разреженной фазы, и самая нижняя оконечность крышки расположена в секции разреженной фазы блока отвеивателя.

11. Способ по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что выпускное отверстие транспортирующей части первичного циклона находится ниже выпускного отверстия вертикальной трубы реакторного блока; соединение выпускных отверстий транспортирующей части и вертикальной трубы по оси в блоке отвеивателя отсутствует.

12. Способ каталитического крекинга лигроина, включающий:

S1: подачу катализатора в предлифтовую трубу через наклонную трубу рекуператора и его продвижение вверх к плотнофазной секции реактора под действием предлифтовой среды, при этом предлифтовая труба соединена с первым концом плотнофазной секции рекуператора и наклонной трубой рекуператора, соответственно;

а также подачу в реактор по касательной вверх через форсунку, расположенную в нижней части плотнофазной секции реактора, исходного продукта, содержащего лигроин;

подачу исходного продукта через форсунку реактора по касательной линии относительно попереч-

ной обечайки плотнофазной секции реактора под углом 10-90° к вертикали, а предпочтительно - под углом 30-60°;

S2: обеспечение поступления попутного газа и катализатора из вертикальной трубы в отвеиватель установки крекинга,

а также обеспечение входа попутного газа из отвеивателя в систему сепарации и поступления катализатора в блок отпарки отвеивателя через транспортирующую часть циклона;

S3: отпарку катализатора, позволяющую отпаренному катализатору попасть в рекуператор через отводящую наклонную трубу, с последующим нагревом в нем; и

S4: обеспечение поступления катализатора в блок отвеивателя рекуператора с последующим его опусканием в блок отпарки этого отвеивателя и входом в бак-дегазатор, при этом бак-дегазатор соединен с наклонной трубой рекуператора и блоком отвеивателя рекуператора, а также

отпарку катализатора в баке-дегазаторе и обеспечение возврата отпаренного катализатора в реактор по наклонной трубе рекуператора,

при этом рекуператор включает реакторный блок и блок отвеивателя, и последний сообщается с реакторным блоком рекуператора, а также внутри блока отвеивателя располагается выпускное отверстие реакторного блока;

в блоке отвеивателя установлены первая, вторая и третья колонны разделения, первая и вторая колонны разделения расположены над выпускным отверстием реакторного блока; первая колонна разделения представляет собой составляющую, снижающую скорость потока газа, направленного вверх, который выходит через выпускное отверстие реакторного блока;

вторая колонна разделения включает в себя вторую крышку с проемами в верхней и нижней оконечностях, причем площадь поперечного сечения проема в нижней оконечности больше таковой у верхней оконечности; а также первая колонна разделения помещается во второй;

вторая колонна разделения представляет собой вторую крышку в форме усеченного конуса; или же она представляет собой конструкцию в форме второй сферической крышки, и эта конструкция оснащена выпускным отверстием;

третья колонна разделения расположена над второй колонной разделения, и эта колонна представлена третьей крышкой, площадь поперечного сечения которой постепенно уменьшается по направлению снизу вверх, а также в ней имеется проем только в самой нижней оконечности,

а циклон расположен в блоке отвеивателя за первой, второй и третьей колоннами разделения и не соединен с первой, второй и третьей колоннами разделения.

13. Способ по п.12, отличающийся тем, что первая колонна разделения представлена первой крышкой, площадь поперечного сечения которой постепенно уменьшается по направлению снизу вверх, и она оснащена проемом только в самой нижней оконечности.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что минимальный зазор между первой колонной разделения и второй превышает диаметр поперечного сечения выпускного отверстия реакторного блока.

15. Способ по п.12 или 13, отличающийся тем, что площадь поперечного сечения оконечности первой колонны разделения, расположенной вблизи выпускного отверстия реакторного блока, больше или равна площади поперечного сечения этого выпускного отверстия.

16. Способ по п.12, отличающийся тем, что первая колонна разделения включает первую крышку в форме конической конструкции, поперечное сечение которой постепенно увеличивается снизу вверх, края поперечного сечения первой крышки, проходящие через вершину конуса в продольном направлении, представлены двумя кривыми, проходящими через эту вершину, и кривизна каждой кривой сначала возрастает, а затем уменьшается по направлению от вершины до края конического основания; и

первая колонна разделения дополнительно включает полость в конической конструкции, поперечные сечения которой постепенно увеличиваются по направлению сверху вниз; оконечность, прилегающая к выпускному отверстию реакторного блока полости, представляет собой ее основание; оконечность первой крышки, расположенная на расстоянии от выпускного отверстия реакторного блока, представляет собой основание этой крышки, и это основание соединено с основанием полости.

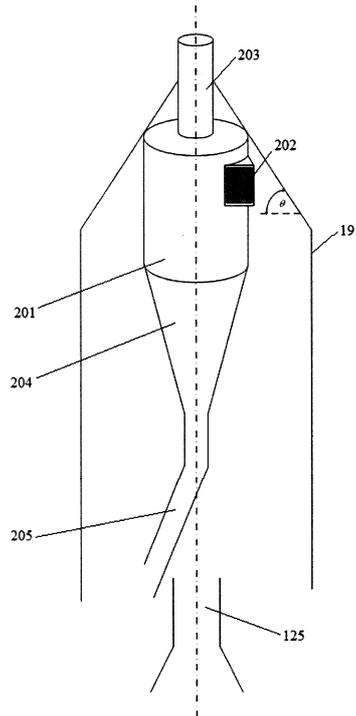
17. Способ по любому из пп.12-16, отличающийся тем, что вторая колонна разделения дополнительно включает отводную трубу, конец которой соединен с проемом в верхней оконечности второй крышки;

отводная труба представлена прямой трубой одинакового диаметра или трубопроводом переменного диаметра.

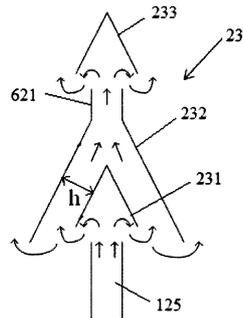
18. Способ по п.17, отличающийся тем, что площадь поперечного сечения самой нижней оконечности второй колонны разделения превышает максимальную площадь поперечного сечения первой колонны в 1,5 раза.

19. Способ по любому из пп.12-18, отличающийся тем, что площадь поперечного сечения самой нижней оконечности третьей колонны разделения превышает или равна таковой относительно выпускного отверстия второй колонны разделения.

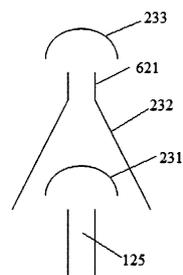
20. Способ по п.19, отличающийся тем, что самая нижняя оконечность третьей колонны разделения находится ниже выпускного отверстия отводной трубы второй колонны разделения;



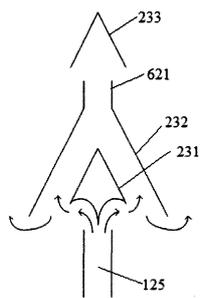
Фиг. 3



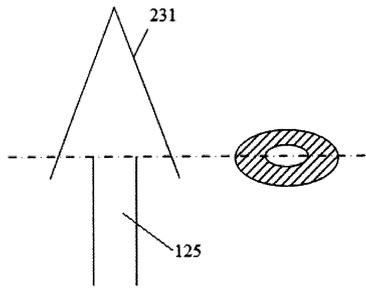
Фиг. 4А



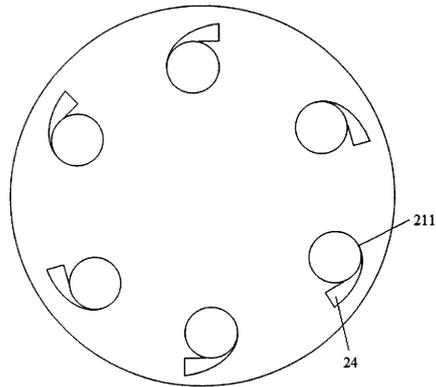
Фиг. 4В



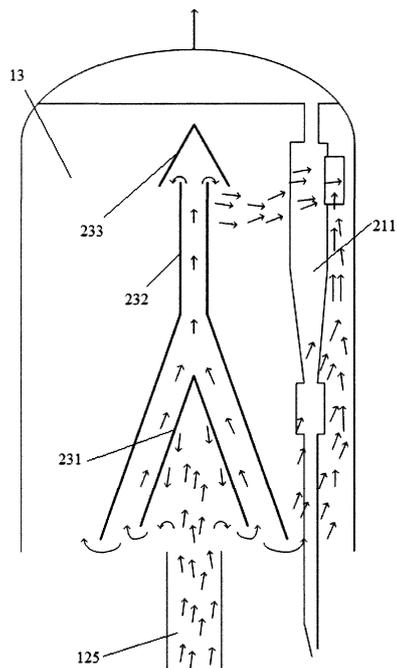
Фиг. 4С



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7