



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*B01J 8/24 (2019.08)*

(21)(22) Заявка: 2017134469, 03.03.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.03.2016

Дата регистрации:  
21.10.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
06.03.2015 CN 201510099291.9

(43) Дата публикации заявки: 08.04.2019 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 21.10.2019 Бюл. № 30

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 06.10.2017

(86) Заявка РСТ:  
US 2016/020551 (03.03.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/144662 (15.09.2016)

Адрес для переписки:  
119019, Москва, Гоголевский б-р, 11, этаж 3,  
"Гоулинг ВЛГ (Интернэшнл) Инк.",  
Парамонова Ксения Витальевна

(72) Автор(ы):

МАКДОНЕЛ, Тимоти Роберт (US),  
КОУЧ, Джей Роберт (US),  
ВАГНЕР, Дэвид Рудольф (US),  
ВАЧТЕНДОРФ, Пол Тригг (US)

(73) Патентообладатель(и):  
ИНЕОС ЮРОП АГ (CH)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2359747 C2, 27.06.2009. US 2006/  
161036 A1, 20.07.2006. GB 1194366 A, 10.06.1970.  
US 5221301 A, 22.06.1993. WO 2011/090131 A1,  
28.07.2011. CN 203916613 U, 05.11.2004.

## (54) УЛУЧШЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЦИКЛОНОВ

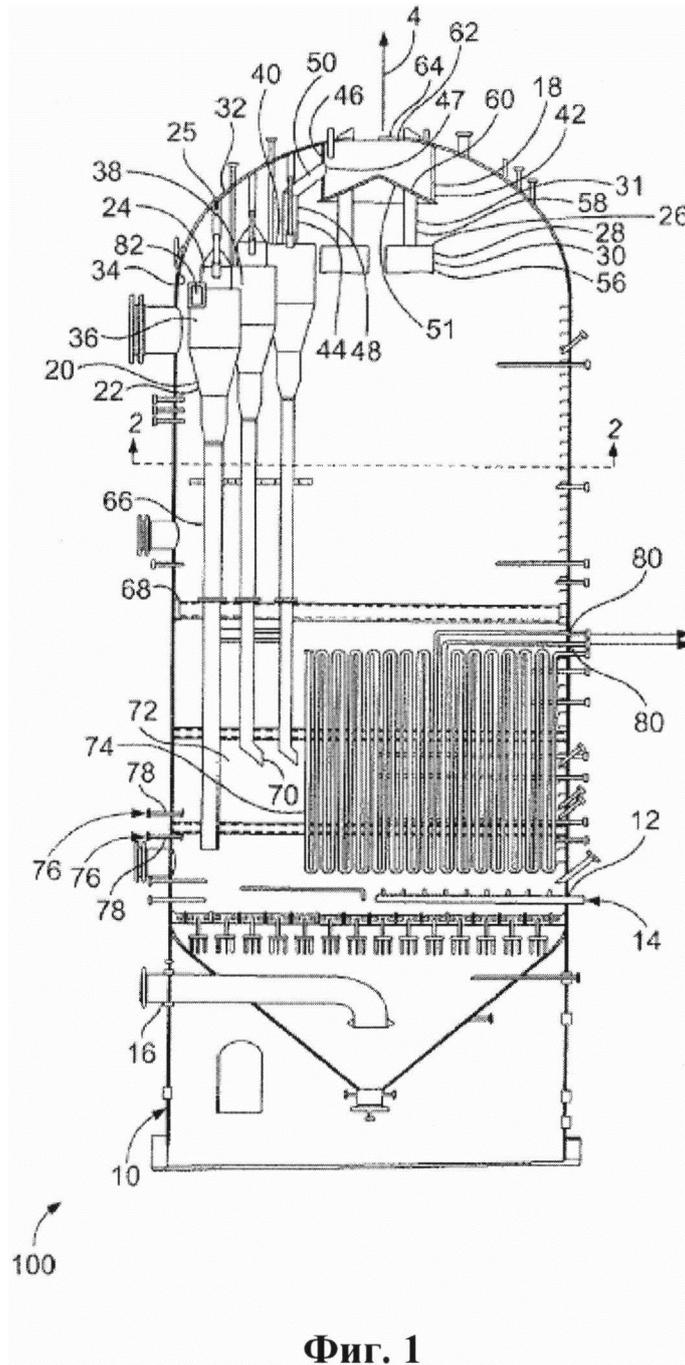
(57) Реферат:

Изобретение относится к реактору и способу аммоксидирования, в частности к улучшенному способу извлечения катализатора в реакторе при производстве акрилонитрила и метакрилонитрила, используя улучшенную конструкцию циклона. Реактор аммоксидирования содержит наружное кольцо наборов многоступенчатых циклонов, подвешенных в реакторе, причем каждый многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема

потока реактора, протекающего вверх из псевдооживленного слоя катализатора в реактор, и выделения части катализатора из потока реактора, причем соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05. Способ аммоксидирования предусматривает реакцию углеводородного потока в псевдооживленном слое катализатора в реакторе с получением потока реактора и выделение катализатора из

потока реактора в наружном кольце наборов многоступенчатых циклонов. Изобретение обеспечивает безопасные, эффективные и

рентабельные способы и устройства аммоксирирования. 5 н. и 50 з.п. ф-лы, 3 ил.



С 2  
7 4 9 3 0 2  
2 7 0 3 6 4 7  
R U

R U  
2 7 0 3 6 4 7  
С 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*B01J 8/24 (2019.08)*

(21)(22) Application: **2017134469, 03.03.2016**

(24) Effective date for property rights:  
**03.03.2016**

Registration date:  
**21.10.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**06.03.2015 CN 201510099291.9**

(43) Application published: **08.04.2019** Bull. № 10

(45) Date of publication: **21.10.2019** Bull. № 30

(85) Commencement of national phase: **06.10.2017**

(86) PCT application:  
**US 2016/020551 (03.03.2016)**

(87) PCT publication:  
**WO 2016/144662 (15.09.2016)**

Mail address:

**119019, Moskva, Gogolevskij b-r, 11, etazh 3,  
"Gouling VLG (Interneshnl) Ink.", Paramonova  
Kseniya Vitalevna**

(72) Inventor(s):

**MCDONEL, Timothy Robert (US),  
COUCH, Jay Robert (US),  
WAGNER, David Rudolph (US),  
WACHTENDORF, Paul Trigg (US)**

(73) Proprietor(s):

**INEOS EUROPE AG (CH)**

(54) **IMPROVED DESIGN OF CYCLONES**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to a reactor and a method for ammoxidation, particularly to an improved method of extracting catalyst in a reactor when producing acrylonitrile and methacrylonitrile, using an improved cyclone structure. Ammoxidation reactor comprises an outer ring of sets of multistage cyclones suspended in a reactor, wherein each multistage set of cyclones comprises a first stage cyclone with an inlet of a first stage, configured to receive a stream of a reactor flowing upward from the fluidised catalyst bed into a reactor, and separating a portion of the catalyst

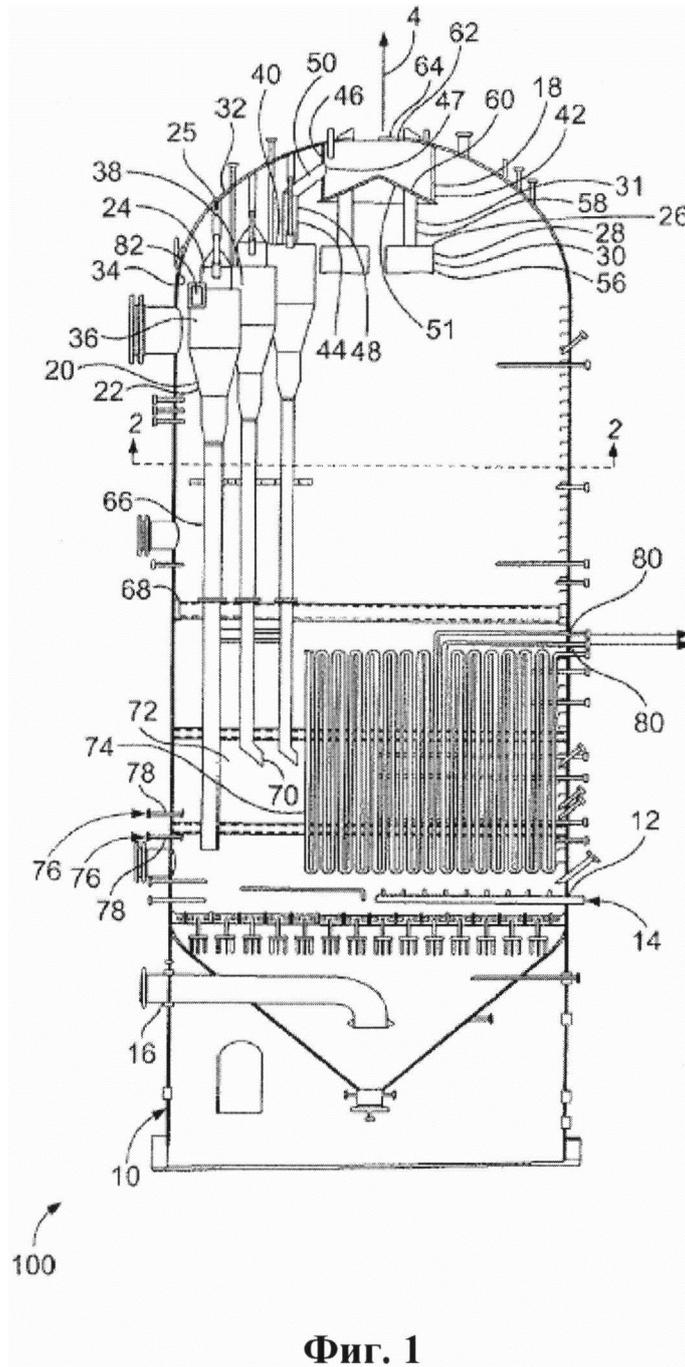
from the reactor stream, wherein the ratio of the square area of the first stage inlet opening to the square meter of the available reactor cross-section area ranges from about 0.03 to about 0.05. Ammoxidation method involves reacting a hydrocarbon stream in a fluidised catalyst bed in a reactor to obtain a reactor stream and separating the catalyst from the reactor stream in the outer ring of multistage cyclones.

EFFECT: invention provides safe, efficient and cost-effective methods and apparatus for ammoxidation.

55 cl, 3 dwg

C 2  
7  
4  
9  
3  
6  
4  
7  
R U

R U  
2  
7  
0  
3  
6  
4  
7  
C 2



## Область техники

Настоящее изобретение относится к улучшенному способу извлечения катализатора в реакторе, включая способ извлечения катализатора в реакторе, используемом при производстве акрилонитрила и метакрилонитрила, используя улучшенную конструкцию циклона. Реактор и способ аммоксидирования включают наружное кольцо наборов многоступенчатых циклонов, подвешенных в реакторе. Более конкретно, соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени циклона к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05.

## Уровень техники

Известны различные способы и системы для производства акрилонитрила и метакрилонитрила; смотрите, например, патент США №6107509. Обычно извлечение и очистку акрилонитрила/метакрилонитрила, получаемых прямой реакцией углеводорода, выбранного из группы, состоящей из пропана, пропилена или изобутилена, аммиака и кислорода в присутствии катализатора осуществляли путем перемещения выходящего потока реактора, содержащего акрилонитрил/метакрилонитрил, в первую колонну (закалочную), где выходящий поток реактора охлаждали первым водным потоком, перемещения охлажденного выходящего потока, содержащего акрилонитрил/метакрилонитрил, во вторую колонну (абсорбер), где охлажденный выходящий поток приводили в контакт со вторым водным потоком для абсорбции акрилонитрила/метакрилонитрила во второй водный поток, перемещения второго водного потока, содержащего акрилонитрил/метакрилонитрил, из второй колонны в первую дистилляционную колонну (регенерационную колонну) для выделения неочищенного акрилонитрил/метакрилонитрил из второго водного потока, и перемещения выделенного неочищенного акрилонитрила/метакрилонитрила во вторую дистилляционную колонну (колонну головного потока) для удаления, по меньшей мере, некоторых примесей из неочищенного акрилонитрила/метакрилонитрила, и перемещения частично очищенного акрилонитрила/метакрилонитрила в третью дистилляционную колонну (колонну продуктов) для получения продукционного акрилонитрила/метакрилонитрила. В патентах США №№4234510; 3885928; 3352764; 3198750 и 3044966 показаны типичные способы извлечения и очистки акрилонитрила и метакрилонитрила.

Обычные реакторы с псевдооживленным слоем содержат камеру повышенного давления, прикрепленную к крышке реактора в центре верхней части реактора, и циклоны, подвешенные на опорных элементах, прикрепленных к крышке реактора вокруг камеры повышенного давления. Циклоны сконструированы для улавливания катализатора, который переместился вверх из псевдооживленного слоя в реакторе, и возврата уловленного катализатора назад в псевдооживленный слой, при этом снижая количество катализатора, переносимое в камеру повышенного давления и из верхней части реактора с продукционным акрилонитрилом.

В обычном способе получения акрилонитрила пропилен, аммиак и кислород реагируют в присутствии катализатора в реакторе с псевдооживленным слоем с получением акрилонитрила. Ацетонитрил и цианид водорода (HCN) также получают. Полученные акрилонитрил, ацетонитрил и HCN обычно отводят из верхней части реактора через камеру повышенного давления. Камера повышенного давления обычно располагается в центре верхней части реактора и прикреплена к крышке реактора. Для снижения количества катализатора, переносимого в камеру повышенного давления и из реактора с акрилонитрилом, ацетонитрилом и HCN, циклоны использовались для улавливания катализатора в верхней части реактора и возврата уловленного

катализатора в нижнюю часть реактора. Обычный реактор содержит наружное кольцо циклонов, подвешенных на крышке реактора, которые расположены по внутреннему периметру реактора. В обычном реакторе каждый циклон имеет восходящую трубу, которая проходит вертикально вверх от циклона, а затем изгибается под углом вверх к боковой поверхности наружного периметра камеры повышенного давления. В  
5 обычном реакторе поток пара реактора (например, поток реактора, содержащий акрилонитрил, ацетонитрил и HCN) поднимается вверх от псевдоожигенного слоя катализатора и поступает во впускное отверстие циклона вблизи внутреннего периметра реактора. В каждом циклоне поток реактора направляется через циклон и при выходе  
10 из циклона входит в соответствующую восходящую трубу и направляется сначала вертикально, а затем под углом наружу через восходящую трубу и выходит из восходящей трубы и поступает во впускное отверстие камеры повышенного давления на боковой поверхности наружного периметра камеры повышенного давления. Выходящий газ реактора, таким образом, отводится только на наружном периметре  
15 реактора, и режим циркуляции газа реактора устанавливается соответствующим образом. В патентах США №7442345; №7323038 и №5221301 описываются реакторы с циклонами и работа циклонов.

Хотя производство акрилонитрила/метакрилонитрила осуществляли в промышленной практике в течение многих лет, все еще существуют области, в которых улучшение  
20 может принести значительную пользу. Одной из таких областей улучшения будет более эффективная работа реактора, особенно при увеличении масштаба от обычных производительностей до более высоких производительностей реактора.

#### Сущность изобретения

Следовательно, аспектом настоящего раскрытия является обеспечение безопасного,  
25 эффективного и рентабельного способа и устройства, которые преодолевают или уменьшают недостатки обычных способов.

Реактор аммоксидирования содержит наружное кольцо наборов многоступенчатых циклонов, подвешенных в реакторе. Каждый многоступенчатый набор циклонов  
30 содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема потока реактора, протекающего вверх из псевдоожигенного слоя катализатора в реактор, и выделения, по меньшей мере, части катализатора из потока реактора. Соотношение совокупного квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05.

Способ аммоксидирования предусматривает реакцию углеводородного потока в псевдоожигенном слое катализатора в реакторе с получением потока реактора. Способ  
35 также предусматривает выделение катализатора из потока реактора в наружном кольце наборов многоступенчатых циклонов, причем каждый многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени,  
40 сконструированным для приема потока реактора, протекающего вверх из псевдоожигенного слоя катализатора в реактор, и выделения, по меньшей мере, части катализатора из потока реактора. Соотношение скорости на входе циклона в метрах/секунду к скорости выходящего потока реактора в метрах/секунду составляет 15 или более. Для целей данной заявки (i) скорость выходящего потока реактора будет основана  
45 на объемном расходе выходящего потока в выпускной форсунке реактора и доступной площади сечения реактора («CSA»), и (ii) доступная площадь сечения реактора представляет собой площадь сечения, исключая площадь змеевиков охлаждения и погружных труб, и для целей данной заявки может необязательно быть приближена к

приблизительно 90% открытой CSA.

Реактор аммоксидирования имеет внутренний диаметр реактора от приблизительно 9 м до приблизительно 11 м, соотношение внутреннего диаметра реактора к высоте (длине) цилиндрической части реактора от приблизительно 0,45 до приблизительно 0,6 и высоту циклона первой ступени от приблизительно 2% до приблизительно 10% высоты реактора (длины).

Способ аммоксидирования предусматривает реакцию углеводородного потока в псевдооживленном слое катализатора в реакторе с получением потока реактора. Внутренний диаметр реактора составляет от приблизительно 9 м до 11 м, соотношение внутреннего диаметра реактора к высоте (длине) цилиндрической части реактора составляет от приблизительно 0,45 до приблизительно 0,6, а высота циклона первой ступени составляет от приблизительно 2% до приблизительно 10% высоты реактора (длины).

Способ аммоксидирования предусматривает реакцию углеводородного потока в псевдооживленном слое катализатора в реакторе с получением потока реактора. Способ предусматривает выделение катализатора из потока реактора в наружном кольце наборов многоступенчатых циклонов, каждом многоступенчатом наборе циклонов. Многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема потока реактора, протекающего вверх из псевдооживленного слоя катализатора в реактор, и выделения, по меньшей мере, части катализатора из потока реактора. В данном аспекте центробежная сила от приблизительно 300 до приблизительно 900 м/с<sup>2</sup> обеспечивается в циклоне первой ступени.

Вышеуказанные и другие аспекты, признаки и преимущества настоящего раскрытия будут очевидны из следующего подробного описания их показанных вариантов осуществления, которые следует читать совместно с приложенными графическими материалами.

Краткое описание чертежей

Более полного понимания типичных вариантов осуществления настоящего изобретения и их преимуществ можно достичь со ссылкой на следующее описание с учетом приложенных графических материалов, на которых подобные номера позиций указывают подобные признаки и где:

на фиг. 1 представлена схема варианта осуществления согласно аспектам настоящего раскрытия;

на фиг. 2 представлена схема варианта осуществления, показанного на фиг. 1, взятая по линии 2-2;

на фиг. 3 показан один циклон.

Подробное описание изобретения

Далее следует описание применительно к получению акрилонитрила. Следующее описание, однако, можно использовать для других применений, которые включают реакторы с псевдооживленным слоем. Например, следующее описание можно применять к реакторам с псевдооживленным слоем, которые содержат множество циклонов, причем циклоны сконструированы для улавливания катализатора, который переместился вверх из псевдооживленного слоя в реакторе, и возврата уловленного катализатора назад в псевдооживленный слой, при этом снижая количество катализатора, переносимое в камеру высокого давления и из верхней части реактора с продукционным акрилонитрилом. Согласно одному аспекту катализатор сконструирован для облегчения реакции углеводорода, аммиака и кислорода в реакторе для получения потока реактора,

причем поток реактора содержит акрилонитрил.

Согласно одному аспекту устройство содержит наружное кольцо наборов циклонов, предпочтительно многоступенчатых циклонов. Циклоны наружного кольца подвешены на крышке реактора и расположены по внутреннему периметру реактора. Каждый многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема потока реактора, протекающего вверх из псевдоожиженного слоя катализатора в реактор, и выделения, по меньшей мере, части катализатора из потока реактора. Согласно данному аспекту соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой стадии к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05, согласно другому аспекту от приблизительно 0,035 до приблизительно 0,045 и согласно другому аспекту от приблизительно 0,0375 до приблизительно 0,0425. Согласно другому аспекту соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой стадии к квадратному метру доступной площади сечения реактора на кубический метр объема слоя катализатора составляет от приблизительно 0,00006 до приблизительно 0,0002, согласно другому аспекту от приблизительно 0,0001 до приблизительно 0,00018 и согласно другому аспекту от приблизительно 0,00013 до приблизительно 0,00016. Согласно другому аспекту соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой стадии к квадратному метру доступной площади сечения реактора на метрическую тонну катализатора составляет от приблизительно 0,00015 до приблизительно 0,00035, согласно другому аспекту от приблизительно 0,0002 до приблизительно 0,0003 и согласно другому аспекту от приблизительно 0,00022 до приблизительно 0,0028.

Доступная площадь сечения (CSA) реактора определяется следующим образом:

Доступная CSA = (вся CSA)(%CSA с внутрикорпусными устройствами),

Вся CSA = (радиус реактора)<sup>2</sup>π,

% CSA с внутрикорпусными устройствами = ((открытое сечение) - (площадь змеевиков + площадь опускных труб)) / (открытое сечение).

Объем слоя катализатора определяется следующим образом:

Объем слоя катализатора = ((радиус реактора)<sup>2</sup>π)(высота слоя),

Высота слоя = ((загрузка катализатора\*1000)/плотность ожижения) / (π/4)(диаметр реактора)<sup>2</sup>(0,93).

Многоступенчатые циклоны имеют различные конструкции. Например, они могут быть несколькими последовательными циклонами, например, двух-, трех- или четырехступенчатыми циклонами, соединенными последовательно. Другая конструкция трехступенчатого циклона может также содержать один циклон первой ступени и два параллельных циклона второй ступени, находящихся ниже по потоку относительно одного циклона первой ступени. Целью конструкции циклона является захват насколько возможно большого количества катализатора из выходящего газа реактора, в то же время минимизируя перепад давления при этом и минимизируя риск блокировки циклонов. Наличие нескольких циклонов обеспечивает оптимизацию перепада давления и связанного диапазона размеров уловленного катализатора для каждого циклона. Если многоступенчатый циклон состоит из трех последовательных ступеней, каждый набор циклонов набора наружного кольца содержит последовательно первый, средний и последний циклоны, причем обычно первый циклон является самым ближним циклоном набора к наружному периметру реактора, средний циклон находится между первым и последним циклонами, а последний циклон набора является самым ближним

циклоном к камере повышенного давления. Последний циклон каждого набора многоступенчатых циклонов наружного кольца расположен по внутреннему периметру камеры повышенного давления и имеет восходящую трубу, которая проходит вертикально вверх от третьего циклона, а затем изгибается под углом наружу к боковой поверхности наружного периметра камеры повышенного давления. Данная конструкция приводит, во-первых, к тому, что выходящий газ реактора отводится от наружного периметра реактора, а, во-вторых, что самый грубый извлекаемый катализатор возвращается на наружный периметр реактора, а извлеченная каталитическая мелочь возвращается ближе к центру реактора.

Согласно одному аспекту устройство и способы настоящего изобретения достигают более равномерного сбора катализатора по площади сечения реактора из выходящего газа и/или более равномерного возврата катализатора по площади сечения реактора в псевдооживленный слой. Этого можно достигать путем обеспечения более равномерного распределения впускных форсунок циклона по площади сечения реактора, а также более равномерного распределения опускных труб для возврата катализатора по площади сечения реактора. Если используют многоступенчатые циклоны, также можно компоновать наборы циклонов так, чтобы размер частиц катализатора, возвращаемого в псевдооживленный слой, был более однородно распределен по площади сечения реактора.

Согласно одному аспекту обнаружили, что кольцо из одноступенчатых или одинарных циклонов реактора может быть подвержено закупориванию внутри циклонов и недостаточному выделению катализатора из потока реактора, вытекающего из псевдооживленного слоя катализатора. Это закупоривание и недостаточное выделение может приводить к нежелательной потере катализатора и проблемам обработки ниже по потоку относительно реактора из-за катализатора, захваченного потоком реактора, выходящим из реактора. Также обнаружили, что кольцо из двухступенчатых или двух последовательных циклонов может быть более подвержено закупориванию внутри циклонов и недостаточному выделению катализатора из потока реактора, вытекающего из псевдооживленного слоя катализатора, чем трехступенчатые или три последовательных циклона. Это закупоривание и недостаточное выделение может приводить к нежелательной потере катализатора и проблемам обработки ниже по потоку относительно реактора из-за катализатора, захваченного потоком реактора, выходящим из реактора.

Согласно другому аспекту обнаружили, что кольцо из наборов многоступенчатых или двух или более, предпочтительно трехступенчатых или трех последовательных циклонов, расположенных по внутреннему периметру реактора, могут быть менее подвержены закупориванию внутри циклона, чем одноступенчатые или двухступенчатые циклоны. Согласно одному аспекту обнаружили, что кольцо из наборов многоступенчатых или двух или более, предпочтительно трехступенчатых или трех последовательных циклонов, может обеспечивать большее выделение катализатора из потока реактора, вытекающего из псевдооживленного слоя катализатора, чем одноступенчатые циклоны. Согласно данному аспекту реактор содержит от приблизительно 0,35 до приблизительно 0,65 циклона на метр площади сечения реактора, согласно другому аспекту от приблизительно 0,40 до приблизительно 0,65, согласно другому аспекту от приблизительно 0,45 до приблизительно 0,65, согласно другому аспекту от приблизительно 0,45 до приблизительно 0,60 и согласно другому аспекту от приблизительно 0,50 до приблизительно 0,55 циклона на метр площади сечения реактора.

Согласно другому аспекту более высокий перепад давления в системах циклонов получают при помощи наборов многоступенчатых последовательных циклонов, чем при использовании наборов трех параллельных циклонов. Более высокий перепад давлений может обеспечивать более эффективное выделение катализатора из потока реактора. Также, однако, использование многоступенчатых циклонов может приводить к оптимизации перепада давления и выделения на каждой ступени.

На фиг. 1 представлен вид сбоку устройства 100 согласно аспектам настоящего раскрытия. Ссылаясь на фиг. 1, устройство 100 содержит реактор 10. Реактор 10 может содержать впускное отверстие 12, сконструированное для приема сырья 14. Сырье 14 может содержать аммиак и/или углеводород, выбранный из группы, состоящей из пропана, пропилена и изобутилена и их комбинаций. Реактор 10 может содержать впускное отверстие 16, сконструированное для приема воздуха. Кислород из воздуха реагирует с углеводородом и аммиаком в реакторе 10 в присутствии катализатора (не показан на фиг. 1). Воздух можно сжимать воздушным компрессором (не показан на фиг. 1) и подавать в реактор 10 через впускное отверстие 16. Акрилонитрил получается в реакторе 10 от реакции углеводорода, аммиака и кислорода в присутствии катализатора в реакторе 10. Согласно настоящему раскрытию реактор 10 содержит камеру 18 повышенного давления, наружное кольцо 20 наборов 22 многоступенчатых циклонов 24 и внутреннее кольцо 26 наборов 28 многоступенчатых циклонов 30.

Многоступенчатые циклоны 24 наружного кольца 20 подвешены на крышке 32 реактора 10 и расположены по внутреннему периметру 34 реактора 10. Как показано на фиг. 1, многоступенчатые циклоны 24 наружного кольца 20 могут быть подвешены на держателях 25 наружного кольца, которые прикреплены к крышке 32. Каждый набор 22 многоступенчатых циклонов 24 наружного кольца 20 содержит последовательно первый циклон 36, необязательно средний циклон 38 и последний циклон 40, причем первый циклон 36 является самым ближним циклоном набора к наружному периметру 34 реактора 10, средний циклон 38 находится между первым циклоном 36 и последним циклоном 40, а последний циклон 40 набора является самым ближним циклоном к камере 18 повышенного давления. Последний циклон 40 каждого набора 22 многоступенчатых циклонов 24 наружного кольца 20 расположен на внутреннем периметре 42 камеры 18 повышенного давления и имеет восходящую трубу 44, которая проходит вертикально вверх от последнего циклона 40, а затем изгибается под углом наружу к боковой поверхности 46 наружного периметра 42 камеры 18 повышенного давления. Восходящая труба 44 содержит первую секцию 48, которая проходит вертикально вверх от последнего циклона 40. Восходящая труба 44 имеет вторую секцию 50, которая изгибается под углом наружу к боковой поверхности 46 камеры 18 повышенного давления. Камера 18 повышенного давления содержит впускные отверстия 47, которые сконструированы для приема выходящего потока 4 реактора из восходящей трубы 44, соответствующей каждому последнему циклому 40 наружного кольца 20. Выходящий поток 4 реактора может содержать акрилонитрил, полученный в реакторе 10.

Согласно аспекту многоступенчатые циклоны 30 внутреннего кольца 26 подвешены на нижней поверхности 51 камеры 18 повышенного давления. Как показано на фиг. 1, многоступенчатые циклоны 30 внутреннего кольца 26 могут быть подвешены на держателях 31 внутреннего кольца, которые прикреплены к нижней поверхности 51 камеры 18 повышенного давления. Путем помещения внутреннего кольца 26 наборов 28 многоступенчатых циклонов 30 на нижней поверхности 50 камеры 18 повышенного давления можно использовать больше циклонов, чем в обычном реакторе. Согласно

аспекту каждый набор 28 многоступенчатых циклонов 30 внутреннего кольца 26 содержит последовательно первый циклон, необязательно средний циклон и последний циклон 56, причем первый циклон является самым ближним циклоном внутреннего кольца 26 набора 28 к наружному периметру 34 реактора 10, средний циклон находится между первым циклоном и последним циклоном 56, а последний циклон 56 набора 28 является самым ближним циклоном к камере 18 повышенного давления. Последний циклон 56 каждого набора 28 многоступенчатых циклонов 30 внутреннего кольца 26 расположен непосредственно под камерой 18 повышенного давления и имеет восходящую трубу 58, которая проходит вертикально вверх от последнего циклона 56 к впускному отверстию 60 нижней поверхности 50 камеры 18 повышенного давления. Как показано на фиг. 1, восходящая труба 58 может быть держателем 31 внутреннего кольца или содержать его. Впускные отверстия 60 сконструированы для приема выходящего потока 4 реактора из восходящей трубы, соответствующей каждому последнему циклону 56 внутреннего кольца 26. Как указано ранее, выходящий поток 4 реактора может содержать акрилонитрил, полученный в реакторе 10. Выходящий поток 4 реактора, содержащий акрилонитрил, полученный в реакторе 10, можно перемещать на дальнейшую обработку, например, в емкость охлаждения (не показана на фиг. 1).

На фиг. 2 представлена схема варианта осуществления, показанного на фиг. 1, взятая по линии 2-2. Как показано на фиг. 2, наружное кольцо 20 может содержать двенадцать (12) наборов 22 многоступенчатых циклонов 24. Когда каждый из двенадцати (12) наборов 22 содержит первый, средний и последний циклоны, реактор согласно настоящему раскрытию содержит тридцать шесть (36) циклонов наружного кольца 20. Как показано на фиг. 2, внутреннее кольцо 26 может содержать два (2) набора 28 многоступенчатых циклонов 30. Когда каждый из двух (2) наборов 28 содержит первый, средний и последний циклоны, реактор согласно настоящему раскрытию содержит шесть (6) циклонов внутреннего кольца 26. Согласно аспекту реактор 10 может содержать сорок два (42) циклона - тридцать шесть (36) циклонов наружного кольца 20 и шесть (6) циклонов внутреннего кольца 26. Циклоны каждого набора 22 многоступенчатых циклонов 24 также показаны на фиг. 2 как циклоны 1А-3А, 1В-3В, 1С-3С, 1D-3D, 1E-3E, 1F-3F, 1G-3G, 1H-3H, 1I-3I, 1J-3J, 1K-3K, 1L-3L и 1M-3M. Циклоны каждого набора 28 многоступенчатых циклонов 30 также показаны на фиг. 2 как циклоны 1N-3N и 1P-3P.

Каждый циклон может быть сконструирован для использования центробежной силы для выделения катализатора из потока реактора, полученного в псевдоожиженном слое катализатора в реакторе. Первый циклон в каждом наборе 22 наружного кольца 20 может содержать впускное отверстие 82. Впускное отверстие 82 может быть сконструировано для приема потока реактора, полученного в псевдоожиженном слое катализатора в реакторе. Следующее описание обеспечено относительно набора 22 наружного кольца 20, определенного как циклоны 1А, 2А и 3А, но может в равной степени относиться к другим наборам 22 наружного кольца 20. Катализатор можно выделять из потока реактора в циклоне 1А, и поток реактора можно затем перемещать из циклона 1А в циклон 2А, где далее катализатор можно выделять из потока реактора. Поток реактора можно затем перемещать из циклона 2А в циклон 3А, где далее катализатор можно выделять из потока реактора. Поток реактора можно затем перемещать из циклона 3А в камеру 18 повышенного давления посредством восходящей трубы 44. Согласно данному аспекту центробежная сила будет составлять от приблизительно 300 до приблизительно 900 кг·м/с<sup>2</sup>/кг частиц, согласно другому аспекту

от приблизительно 400 до приблизительно 800 кг·м/с<sup>2</sup>/кг частиц и согласно другому аспекту от приблизительно 500 до приблизительно 700 кг·м/с<sup>2</sup>/кг частиц. Центробежную силу можно определять при помощи стандартных формул, используя скорость на входе циклона.

Следующее описание обеспечено относительно набора 28 внутреннего кольца 26, определенного как циклоны 1N, 2N и 3N, но может в равной степени относиться к другим наборам 28 внутреннего кольца 26. Катализатор можно выделять из потока реактора в циклоне 1N, и поток реактора можно затем перемещать из циклона 1N в циклон 2N, где далее катализатор можно выделять из потока реактора. Поток реактора можно затем перемещать из циклона 2N в циклон 3N, где далее катализатор можно выделять из потока реактора. Поток реактора можно затем перемещать из циклона 3N в камеру 18 повышенного давления посредством восходящей трубы 58 (смотрите фиг. 1).

Согласно аспекту акрилонитрил, получаемый в реакторе 10, может выходить из последнего циклона 40 каждого набора 22 наружного кольца 20 или выходить из последнего циклона 56 каждого набора 28 внутреннего кольца 26 и поступать в камеру 18 повышенного давления. Выходящий поток 4, содержащий акрилонитрил, может выходить из камеры повышенного давления и из верхней части 62 реактора 10 через выпускное отверстие 64. Согласно аспекту каждый циклон 24 наружного кольца 20 и каждый циклон 30 внутреннего кольца 26 могут быть сконструированы для выделения катализатора, который может быть захвачен потоком, содержащим акрилонитрил, который поступает в каждый циклон, и возврата выделенного катализатора назад в слой катализатора в реакторе 10 посредством соответствующей опускной трубы 66 для возврата катализатора. Опускные трубы 66 для возврата катализатора могут опираться на опорные балки 68 опускной трубы для катализатора (смотрите фиг. 1).

Опускные трубы 66 для возврата катализатора могут быть сконструированы для возврата выделенного катализатора через выпускные отверстия 70 для возврата катализатора в слой реактора в секции 72 реактора 10. Секция 72 реактора 10 может содержать змеевики 74 охлаждения. Змеевики 74 охлаждения могут быть сконструированы для перемещения теплоносителя 76, например, воды/пара, через змеевики 74 и охлаждать слой в реакторе 10. Теплоноситель 76 может поступать в змеевики 74 через впускные отверстия 78, а затем выходить из змеевиков 74 через выпускные отверстия 80. Слой в реакторе 10 может быть псевдооживленным слоем катализатора.

Реактор с псевдооживленным слоем лежит в основе установки получения акрилонитрила. Неудача получения правильной конструкции нового реактора может как минимум значительно повлиять на эффективность, надежность или производительность всей установки получения акрилонитрила и, в крайнем случае, привести к длительным остановкам работы, когда будут проводить модификации или замены в реакторе. Работа псевдооживленного слоя очень чувствительна к определенным выбранным рабочим условиям, и в промышленности очень осмотрительно меняют рабочие условия и/или конструкцию реактора или его внутрикорпусных устройств. Когда изменяются размеры псевдооживленного слоя (например, диаметр реактора, внутрикорпусные устройства, высоту слоя, соотношения падения давления в слое к падению давления в решетке) и изменяются характеристики катализатора (размер частиц, распределение частиц по размерам, содержание мелких частиц, свойства истирания), также могут изменяться критичные режимы циркуляции в псевдооживленном слое.

Одним из наиболее чувствительных параметров, которые могут влиять на характеристики оживления, является увеличение диаметра реактора. Это также один из параметров, которые приводят к большинству предосторожностей при увеличении масштаба, поскольку существуют ограниченные доступные варианты смягчения последствий, отсутствие замены реактора, для корректировки увеличения диаметра, которое заходит слишком далеко. Посредством масштабного экспериментирования и оптимизации теперь было обнаружено, что при использовании катализатора со средним диаметром частиц от приблизительно 10 до 100 мкм, с таким распределением частиц по размерам, что от приблизительно 0 до 30 масс. % имеют размер более чем приблизительно 90 мкм, а от приблизительно 30 до 50 масс. % имеют размер менее чем 45 мкм, внутренний диаметр реактора от более чем приблизительно 9 м до приблизительно 11 м можно объединять с подходящими рабочими условиями и внутрикорпусными устройствами реактора для достижения приемлемых условий оживления для получения акрилонитрила и метакрилонитрила. Кроме того, обнаружили, что при таких больших диаметрах также можно работать с относительно большими соотношениями высоты слоя к диаметру слоя, таким образом максимизируя количество катализатора, в то же время минимизируя увеличение диаметра. Также определили, что, поскольку катализатор находится в вышеуказанном диапазоне свойств частиц и предпочтительно имеет потерю от истирания от приблизительно 1 до 4%, скорость оживления (на основе объемного расхода выходящего потока и площади сечения реактора («CSA»)), исключая площадь змеевиков охлаждения и опускных труб) может составлять до 1,0 м/с, предпочтительно от 0,55 до 0,85, для реакторов с внутренним диаметром 9-11 м. Потерю от истирания можно определить при помощи известных способов, таких как, например, Hartge et al., The 13<sup>th</sup> International Conference on Fluidization - New Paradigm in Fluidization Engineering, Art. 33 (2010), способы на основе ASTM D4058 и ASTM D5757, и патента США №8455388, все из которых включены в настоящий документ ссылкой во всей их полноте. Согласно связанному аспекту общая потеря катализатора из реактора может составлять от приблизительно 0,35 до приблизительно 0,45 кг/метрическую тонну получаемого акрилонитрила.

Даже до указанных скоростей обнаружили, что можно работать с приемлемыми потерями катализатора, в то же время реактор работает при давлении в верхней части от приблизительно 0,50 до приблизительно 0,58 кг/см<sup>2</sup>, и/или циклоны работают с перепадом давления 15 кПа или менее, и высота выброса мелких частиц выше псевдоожиженного слоя составляет от приблизительно 5,5 до приблизительно 7,5 м. Таким образом при использовании внутреннего диаметра реактора от приблизительно 9 до приблизительно 11 м, используя катализатор с средним диаметром частиц от приблизительно 10 до 100 мкм с таким распределением частиц по размерам, что от приблизительно 0 до приблизительно 30 масс. % имеют размер более чем приблизительно 90 мкм, и от приблизительно 30 до приблизительно 50 масс. % имеют размер менее чем 45 мкм, соотношение диаметра реактора к высоте (длине) цилиндрической части реактора от приблизительно 0,45 до приблизительно 0,6, как было обнаружено, эффективно при работе со скоростью оживления (на основе объемного расхода выходящего потока и площади сечения реактора, исключая площадь змеевиков и опускных труб) от приблизительно 0,4 м/с до 1,05 м/с, предпочтительно от приблизительно 0,55 до 0,85 м/с. Это, таким образом, приводит к возможности повышения производительности на единицу объема (длины) реактора от 0,005 до 0,015 метрических тонн в час на кубический метр объема реактора, согласно другому аспекту от приблизительно 0,0075 до приблизительно 0,0125 и согласно другому аспекту от

приблизительно 0,009 до приблизительно 0,01 метрических тонн в час на кубический метр объема реактора.

Желательно обеспечивать, чтобы эффективность реактора (включая в отношении конверсии реагентов и потерь катализатора) была оптимизирована, в то же время увеличивая удельный объем реактора. Конструкция циклона важна для рабочего давления реактора, потерь катализатора (включая вызванные истиранием) и требуемой высоты реактора (длины). Обнаружили, что можно достигать диапазона рабочих режимов реактора выше приемлемого при соотношении скоростей на входе в циклон первой ступени к скоростям выходящего потока реактора от приблизительно 20 до приблизительно 30 и/или соотношении высоты циклона первой ступени от приблизительно 4% до приблизительно 7% высоты (длины) реактора. Как показано на фиг. 3, высота циклона определяется из расстояния от верхней части 101 циклона до конечной секции 107 циклона.

Согласно аспекту реактор 10 может быть сконструирован, чтобы иметь большую производительность для заранее определенного катализатора, чем обычный реактор с таким же заранее определенным катализатором и заранее определенной высотой реактора. Согласно аспекту способ обеспечивается для повышения производительности реактора для заранее определенного катализатора и заранее определенной высоты реактора. Способ предусматривает увеличение диаметра реактора, в то же время сохраняя заранее определенное давление в верхней части. Способ может предусматривать поддержание заранее определенной расчетной скорости реактора.

Согласно аспекту способ предусматривает работу или реакцию в реакторе углеводорода, причем реактор имеет заранее определенный внутренний диаметр реактора от более чем приблизительно 40% до приблизительно 60% высоты цилиндрической части реактора (длины), и согласно другому аспекту от приблизительно 45% до приблизительно 55%. Это отличается от обычного способа, который предусматривает работу реактора с диаметром реактора, который составляет приблизительно 40% высоты реактора.

Согласно аспекту способ предусматривает работу или реакцию в реакторе углеводорода, причем реактор имеет высоту псевдооживленного слоя, которая составляет от приблизительно 40% до приблизительно 60% высоты цилиндрической части (длины) реактора, согласно другому аспекту от приблизительно 42% до приблизительно 50%, согласно другому аспекту от приблизительно 45% до приблизительно 55% и согласно другому аспекту от приблизительно 44% до приблизительно 47%. Это отличается от обычного способа, который предусматривает работу реактора с высотой псевдооживленного слоя, которая составляет приблизительно 25% реактора (длины) высоты, и, таким образом, большей высотой выброса.

Согласно аспекту способ предусматривает работу или реакцию в реакторе углеводорода, причем реактор имеет высоту псевдооживленного слоя, которая составляет от приблизительно 70% до приблизительно 110% диаметра реактора, согласно другому аспекту от приблизительно 70% до приблизительно 100%, согласно другому аспекту от приблизительно 75% до приблизительно 90%, согласно другому аспекту от приблизительно 80% до приблизительно 90%, согласно другому аспекту от приблизительно 85% до приблизительно 95% и согласно другому аспекту от приблизительно 85% до приблизительно 90%. Это отличается от обычного способа, который предусматривает работу реактора с высотой псевдооживленного слоя, которая составляет приблизительно 65% диаметра реактора.

Согласно аспекту способ предусматривает работу или реакцию в реакторе

углеводорода, причем реактор имеет давление в верхней части в диапазоне от приблизительно 0,50 до приблизительно 0,65 кг/см<sup>2</sup>, согласно другому аспекту от приблизительно 0,52 до приблизительно 0,58 кг/см<sup>2</sup>, согласно другому аспекту от 5 приблизительно 0,54 до приблизительно 0,6 кг/см<sup>2</sup> и согласно другому аспекту от приблизительно 0,5 до приблизительно 0,55 кг/см<sup>2</sup>. Давление в верхней части реактора в этом диапазоне обеспечивает преимущество улучшения характеристик катализатора относительно давления в верхней части реактора, которое выше данного диапазона. Согласно аспекту способ предусматривает работу реактора в диапазоне от 10 приблизительно 0,54 до приблизительно 0,56 кг/см<sup>2</sup>.

Согласно аспекту способ предусматривает работу или реакцию в реакторе углеводорода, причем объемный расход выходящего потока имеет скорость от 15 приблизительно 0,5 до приблизительно 1,05 м/с (на основе объемного расхода выходящего потока и площади сечения реактора («CSA»), исключая площадь змеевиков охлаждения и опускных труб, т.е. ~90% открытой CSA). Обнаружили, что можно сконструировать и оперировать реакторной системой, используя эту скорость, в то же время также достигая хорошего ожижения/характеристик катализатора и приемлемого улавливания катализатора/потерь катализатора из циклонов, так что скорости можно 20 поддерживать приблизительно в этом диапазоне до степени возможной, когда производительность реактора повышается. Согласно варианту осуществления реактор может работать со скоростью до приблизительно 0,75 м/с до приблизительно 0,95 м/с (на основе 90% CSA и выходящего газа), и поддерживать давление в верхней части от 25 приблизительно 0,50 до приблизительно 0,65 кг/см<sup>2</sup>, а в другом аспекте от приблизительно 0,52 до приблизительно 0,58 кг/см<sup>2</sup>. Согласно одному аспекту соотношение скорости на входе циклона в метрах/секунду к скорости выходящего потока реактора в метрах/секунду составляет приблизительно 15 или больше, согласно 30 другому аспекту приблизительно 20 или больше, согласно другому аспекту от приблизительно 15 до приблизительно 30, согласно другому аспекту от приблизительно 20 до приблизительно 30, согласно другому аспекту от приблизительно 22 до приблизительно 25, согласно другому аспекту от приблизительно 23 до приблизительно 26 и согласно другому аспекту от приблизительно 27 до приблизительно 29.

Когда скорость ожижения повышается, также повышается возможностью истирания катализатора. Повышенная скорость также приводит к большей высоте выброса мелких 35 частиц над псевдоожиженным слоем. Полученное увеличение количества мелких частиц может, таким образом, также повышать нагрузку твердых веществ на циклоны.

Согласно аспекту обнаружили, что путем работы реактора или реакции в реакторе углеводорода, причем реактор имеет заранее определенный диаметр реактора с длиной, 40 которая находится в диапазоне от приблизительно 45% до приблизительно 60% высоты реактора, высоту псевдоожиженного слоя, которая составляет от приблизительно 80% до приблизительно 95% длины диаметра реактора, давление в диапазоне от приблизительно 0,5 до приблизительно 0,6 кг/см<sup>2</sup> и скорость реактора (на основе 90% CSA и выходящего газа) от приблизительно 0,6 до приблизительно 0,65 м/с, способ 45 может давать до приблизительно 100% или более продукционного акрилонитрила по сравнению со способом, в котором работает реактор, когда диаметр реактора составляет приблизительно 40% высоты реактора, высота псевдоожиженного слоя составляет приблизительно 25% высоты реактора, и высота псевдоожиженного слоя составляет приблизительно 65% диаметра реактора.

Согласно аспекту, если внутренний диаметр реактора составляет по меньшей мере 8 м и используют оптимальную комбинацию признаков выше, устройство и способ обеспечивают производительность реактора, которая составляет приблизительно 12,5 метрических тонн/ч или 100 тыс. тонн на реактор на основании 8000 рабочих часов в год. Если диаметр реактора составляет 10,5 м, производительность одного реактора может составлять от 15 до 20 метрических тонн/ч.

Согласно аспекту способ и устройство настоящего раскрытия обеспечивают более равномерный сбор каталитической мелочи, чем в обычных способах и устройствах. Согласно аспекту из-за наличия наружного кольца циклонов, подвешенных в верхней части реактора, и внутреннего кольца циклонов, подвешенных на камере повышенного давления, которая находится по центру верхней части реактора, обеспечивается однородная группа множества поперечных впускных отверстий циклонов в различных местах, включая впускные отверстия циклонов внутреннего кольца циклонов, которые находятся ближе к центру реактора, чем впускные отверстия циклонов наружного кольца циклонов.

Согласно аспекту путем возврата каталитической мелочи из циклонов внутреннего кольца прямо вниз в псевдооживленный слой в места близко к центру реактора получают более однородный псевдооживленный слой катализатора. Чем более однородный псевдооживленный слой катализатора, тем более равномерная и эффективная работа реактора.

Определение высоты псевдооживленного слоя для целей настоящей заявки

Реактор должен быть оснащен по меньшей мере 3 форсунками для измерения перепада давления псевдооживленного слоя, как указано ниже:

1) 1ая из этих форсунок расположена вблизи дна псевдооживленного слоя (над распределителем воздуха). Согласно данному аспекту форсунки могут быть на расстоянии от приблизительно 0,1 до приблизительно 0,7 метра над распределителем воздуха, а согласно другому аспекту от приблизительно 0,2 до приблизительно 0,4 метра;

2) 2ая форсунка обычно располагается на расстоянии приблизительно 2 метра над 1ой форсункой (все еще в псевдооживленном слое). Точное расстояние должно быть известно для расчетов;

3) 3ья форсунка расположена в верхней части реактора (над псевдооживленным слоем).

Путем измерения перепада давления между 1ой и 2ой форсунками, а также измерения перепада давления между 1ой и 3ьей форсунками высоту слоя можно рассчитать следующим образом:

Высота слоя = (расстояние между 1ой и 2ой форсунками) × (перепад давления 1ая - 3ья) / (перепад давления 1ая - 2ая).

Отметим, что плотность псевдооживленного слоя предполагается приблизительно постоянной в вышеуказанной формуле.

Единицы для двух измерений давления должны быть одинаковыми для каждого, но могут быть любой обычной единицей давления (например, фунты/дюйм<sup>2</sup>, дюймы водяного столба или миллиметры водяного столба).

Единицы для расстояния между форсунками могут быть любой обычной единицей расстояния (например, футы или метры). Высота слоя будет в таких же выбранных единицах.

Перепад давления предпочтительно измеряют при помощи двух датчиков перепада давления - один для измерения перепада давления 1ой - 2ой форсунок и один для

измерения перепада давления 1ой - 3ьей форсунок. Форсунки обычно продувают текущим воздухом для сохранения их чистыми. Согласно данному аспекту скорость воздуха для продувки форсунок составляет от приблизительно 2 до приблизительно 8 м/с.

5 Хотя в вышеуказанном описании настоящее раскрытие было описано в отношении его некоторых предпочтительных вариантов осуществления, и многие подробности были указаны с целью иллюстрации, специалистам в данной области техники будет очевидно, что раскрытие допускает дополнительные варианты осуществления, и что  
10 некоторые подробности, описанные в настоящем документе, могут значительно изменяться без отклонения от основных принципов настоящего раскрытия. Следует понимать, что признаки настоящего раскрытия допускают модификацию, изменение, видоизменения или замену без отклонения от сущности и объема настоящего раскрытия или от объема формулы изобретения. Например, габариты, число, размер и форму различных компонентов можно изменять для соответствия конкретным применениям.  
15 Следовательно, конкретные варианты осуществления, показанные и описанные в настоящем документе, представлены только с целями иллюстрации.

#### (57) Формула изобретения

1. Реактор аммоксидирования, содержащий:

20 наружное кольцо наборов многоступенчатых циклонов, подвешенных в реакторе, причем каждый многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема потока реактора, протекающего вверх из псевдооживленного слоя катализатора в реактор, и выделения по меньшей мере части катализатора из потока реактора;

25 причем соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05.

2. Реактор аммоксидирования по п. 1, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади  
30 сечения реактора на кубический метр объема слоя катализатора составляет от приблизительно 0,00006 до приблизительно 0,0002.

3. Реактор аммоксидирования по п. 1, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади  
35 сечения реактора на метрическую тонну катализатора составляет от приблизительно 0,00015 до приблизительно 0,00035.

4. Реактор аммоксидирования по п. 1, в котором катализатор сконструирован для облегчения реакции углеводорода, аммиака и кислорода в реакторе для получения потока реактора, причем поток реактора содержит акрилонитрил.

40 5. Реактор аммоксидирования по п. 1, в котором каждый набор многоступенчатых циклонов содержит два-четыре последовательных циклона.

6. Реактор аммоксидирования по п. 1, дополнительно содержащий внутреннее кольцо наборов многоступенчатых циклонов.

7. Реактор аммоксидирования по п. 6, в котором внутреннее кольцо многоступенчатых циклонов подвешено на камере повышенного давления.

45 8. Реактор аммоксидирования по п. 1, причем реактор имеет диаметр реактора от приблизительно 40 до приблизительно 60% высоты (длины) реактора.

9. Реактор аммоксидирования по п. 1, в котором высота псевдооживленного слоя составляет от приблизительно 40 до приблизительно 50% высоты реактора.

10. Реактор аммоксирирования по п. 1, в котором высота циклона первой ступени составляет от приблизительно 3% до приблизительно 4% высоты (длины) реактора.

11. Реактор аммоксирирования по п. 1, в котором высота циклона первой ступени составляет от приблизительно 4% до приблизительно 7% высоты (длины) реактора  
5 минус высота псевдооживленного слоя.

12. Реактор аммоксирирования по п. 1, в котором высота циклона первой ступени составляет от приблизительно 5% до приблизительно 8% диаметра реактора.

13. Реактор аммоксирирования по п. 1, в котором высота псевдооживленного слоя составляет от приблизительно 70% до приблизительно 100% диаметра реактора.

10 14. Реактор аммоксирирования по п. 1, в котором соотношение скорости на входе в циклон в метрах/секунду к скорости выходящего потока реактора в метрах/секунду составляет 15 или более.

15. Способ аммоксирирования, включающий:

15 реакцию углеводородного потока в псевдооживленном слое катализатора в реакторе с получением потока реактора;

выделение катализатора из потока реактора в наружном кольце наборов многоступенчатых циклонов, причем каждый многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема потока реактора, протекающего вверх из  
20 псевдооживленного слоя катализатора в реактор, и выделения, по меньшей мере, части катализатора от потока реактора;

причем соотношение скорости на входе в циклон в метрах/секунду к скорости выходящего потока реактора в метрах/секунду составляет 15 или более.

16. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором центробежная сила от  
25 приблизительно 300 до приблизительно 900 м/с<sup>2</sup> обеспечивается в циклоне первой ступени.

17. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05.

30 18. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет на кубический метр объема слоя катализатора от приблизительно 0,00006 до приблизительно 0,0002.

35 19. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора на метрическую тонну катализатора составляет от приблизительно 0,00015 до приблизительно 0,00035.

40 20. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором катализатор сконструирован для облегчения реакции углеводорода, аммиака и кислорода в реакторе для получения потока реактора, причем поток реактора содержит акрилонитрил.

21. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором каждый набор многоступенчатых циклонов содержит два-четыре последовательных циклона.

45 22. Способ аммоксирирования по п. 15, дополнительно содержащий внутреннее кольцо наборов многоступенчатых циклонов, подвешенных на нижней поверхности камеры повышенного давления.

23. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором реакция происходит при давлении в верхней части от приблизительно 0,52 до приблизительно 0,58 кг/см<sup>2</sup>.

24. Способ аммоксирирования по п. 15, в котором реакция происходит при скорости

выходящего потока реактора от приблизительно 0,5 до приблизительно 1,0 м/с.

25. Способ аммоксидирования по п. 15, в котором соотношение скорости выходящего потока реактора (м/с) к числу циклонов составляет от приблизительно 0,015 до приблизительно 0,06.

5 26. Способ аммоксидирования по п. 15, в котором реакция происходит на катализаторе со средним диаметром частиц от приблизительно 10 до 100 мкм, с распределением частиц по размерам, где от приблизительно 0 до 30 мас.% имеют размер более чем приблизительно 90 мкм, а от приблизительно 30 до 50 мас.% имеют размер менее чем 45 мкм.

10 27. Реактор аммоксидирования, имеющий:  
внутренний диаметр реактора от приблизительно 9 м до приблизительно 11 м;  
соотношение внутреннего диаметра реактора к высоте (длине) цилиндрической части реактора от приблизительно 0,45 до приблизительно 0,6; и  
15 высоту циклона первой ступени от приблизительно 2% до приблизительно 10% высоты реактора (длины).

28. Реактор аммоксидирования по п. 27, причем реактор содержит наружное кольцо наборов многоступенчатых циклонов, подвешенных в реакторе, причем каждый многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема потока реактора,  
20 протекающего вверх из псевдооживленного слоя катализатора в реактор, и выделения по меньшей мере части катализатора от потока реактора.

29. Реактор аммоксидирования по п. 28, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05.

25 30. Реактор аммоксидирования по п. 28, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора на кубический метр объема слоя катализатора составляет от приблизительно 0,00006 до приблизительно 0,0002.

31. Реактор аммоксидирования по п. 28, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора на метрическую тонну катализатора составляет от приблизительно 0,00015 до приблизительно 0,00035.

32. Реактор аммоксидирования по п. 28, в котором каждый набор многоступенчатых циклонов содержит два-четыре последовательных циклона.

35 33. Реактор аммоксидирования по п. 28, дополнительно содержащий внутреннее кольцо наборов многоступенчатых циклонов.

34. Реактор аммоксидирования по п. 33, в котором внутреннее кольцо многоступенчатых циклонов подвешено на камере повышенного давления.

40 35. Реактор аммоксидирования по п. 28, в котором высота циклона первой ступени составляет от приблизительно 4% до приблизительно 7% высоты реактора (длины) минус высота псевдооживленного слоя.

36. Реактор аммоксидирования по п. 28, в котором высота циклона первой ступени составляет от приблизительно 5% до приблизительно 8% диаметра реактора.

45 37. Реактор аммоксидирования по п. 28, в котором высота псевдооживленного слоя составляет от приблизительно 70% до приблизительно 100% диаметра реактора.

38. Способ аммоксидирования, включающий:  
реакцию углеводородного потока в псевдооживленном слое катализатора в реакторе с получением потока реактора;

причем внутренний диаметр реактора составляет от приблизительно 9 м до 11 м, соотношение внутреннего диаметра реактора к высоте (длине) цилиндрической части реактора составляет от приблизительно 0,45 до приблизительно 0,6, а высота циклона первой ступени составляет от приблизительно 2% до приблизительно 10% высоты реактора (длины).

39. Способ аммоксидирования по п. 38, в котором реакция происходит при давлении в верхней части от приблизительно 0,52 до приблизительно 0,58 кг/см<sup>2</sup>.

40. Способ аммоксидирования по п. 38, в котором реакция происходит при скорости выходящего потока реактора от приблизительно 0,5 до приблизительно 1,0 м/с.

41. Способ аммоксидирования по п. 38, в котором соотношение скорости на входе в циклон в метрах/секунду к скорости выходящего потока реактора в метрах/секунду составляет 15 или более.

42. Способ аммоксидирования по п. 38, используя катализатор со средним диаметром частиц от приблизительно 10 до 100 мкм с таким распределением частиц по размерам, что от приблизительно 0 до 30 мас.% имеют размер более чем приблизительно 90 мкм, а от приблизительно 30 до 50 мас.% имеют размер менее чем 45 мкм.

43. Способ аммоксидирования по п. 38, в котором реактор содержит от приблизительно 0,35 до приблизительно 0,65 циклона на метр площади сечения реактора.

44. Способ аммоксидирования, включающий:

реакцию углеводородного потока в псевдооживленном слое катализатора в реакторе с получением потока реактора; и

выделение катализатора из потока реактора в наружном кольце наборов многоступенчатых циклонов, причем каждый многоступенчатый набор циклонов содержит циклон первой ступени с впускным отверстием первой ступени, сконструированным для приема потока реактора, протекающего вверх из псевдооживленного слоя катализатора в реактор, и выделения, по меньшей мере, части катализатора из потока реактора;

причем центробежная сила от приблизительно 300 до приблизительно 900 м/с<sup>2</sup> обеспечивается в циклоне первой ступени.

45. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором соотношение скорости на входе в циклон в метрах/секунду к скорости выходящего потока реактора в метрах/секунду составляет 15 или более.

46. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора составляет от приблизительно 0,03 до приблизительно 0,05.

47. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором соотношение квадратного метра площади входного сечения первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора на кубический метр объема слоя катализатора составляет от приблизительно 0,00006 до приблизительно 0,0002.

48. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором соотношение квадратного метра площади впускного отверстия первой ступени к квадратному метру доступной площади сечения реактора на метрическую тонну катализатора составляет от приблизительно 0,00015 до приблизительно 0,00035.

49. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором катализатор сконструирован для облегчения реакции углеводорода, аммиака и кислорода в реакторе для получения потока реактора, причем поток реактора содержит акрилонитрил.

50. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором каждый набор многоступенчатых циклонов содержит два-четыре последовательных циклона.

51. Способ аммоксидирования по п. 44, дополнительно содержащий внутреннее кольцо наборов многоступенчатых циклонов, подвешенных на нижней поверхности камеры повышенного давления.

52. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором реакция происходит при давлении в верхней части от приблизительно 0,52 до приблизительно 0,58 кг/см<sup>2</sup>.

53. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором реакция происходит при скорости выходящего потока реактора от приблизительно 0,5 до приблизительно 1,0 м/с.

54. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором соотношение скорости выходящего потока реактора (м/с) к числу циклонов составляет от приблизительно 0,015 до приблизительно 0,06.

55. Способ аммоксидирования по п. 44, в котором реакция происходит на катализаторе со средним диаметром частиц от приблизительно 10 до 100 мкм с таким распределением частиц по размерам, что от приблизительно 0 до 30 мас.% имеют размер более чем приблизительно 90 мкм, а от приблизительно 30 до 50 мас.% имеют размер менее чем 45 мкм.

20

25

30

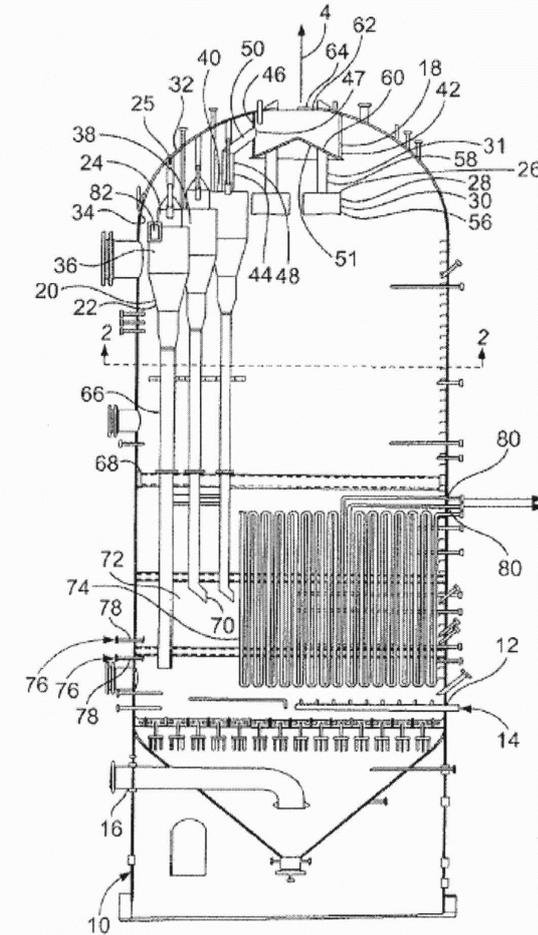
35

40

45

1

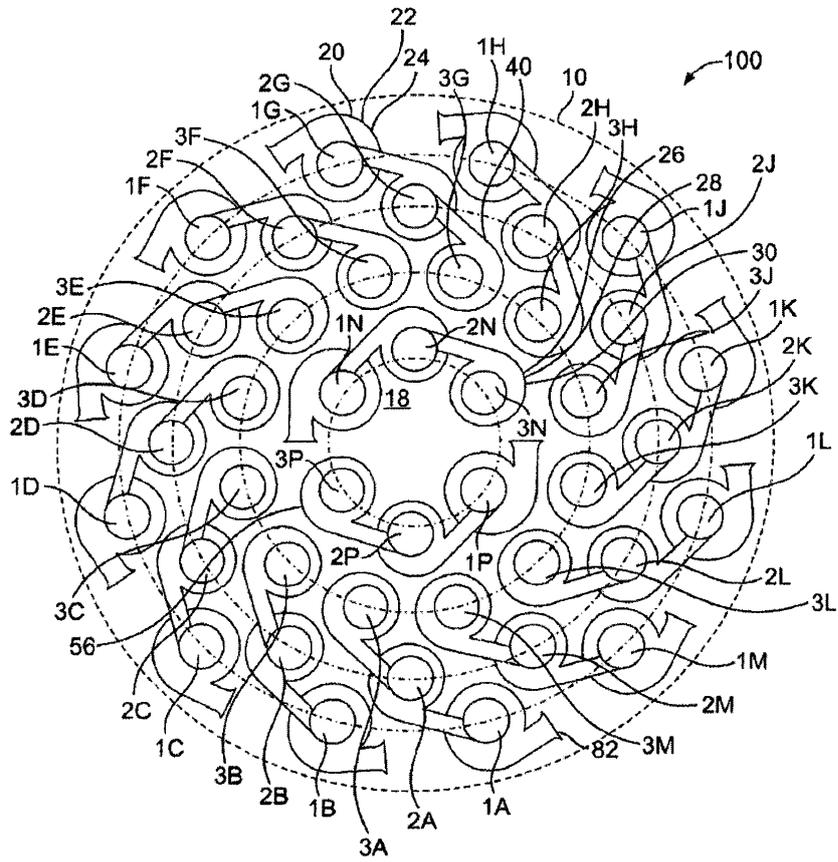
1/3



Фиг. 1

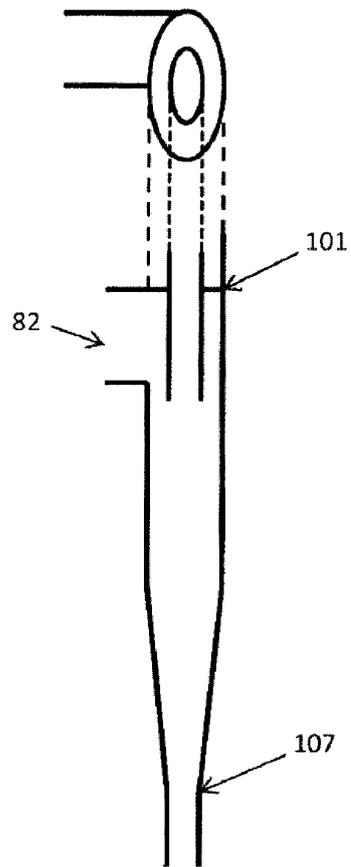
100

2



Фиг. 2

3/3



Фиг. 3