



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012111423/04, 26.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.03.2012

(45) Опубликовано: 10.07.2013 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 7261807 B2, 19.12.2002. US 5944982 A, 31.08.1999. US 7029571 B1, 18.04.2006. Соляр Б.З., Глазов Л.Ш., Климцева Е.А., Либерзон И.М., Мнёв М.В., Годжаев Н.Г. Разработка процесса каталитического крекинга с высоким выходом легких олефинов: технология и аппаратурное оформление. - Химия и технология топлив и масел, №3, 2010. SU 1785261 A1, 20.01.1996.

Адрес для переписки:

111673, Москва, ул. Суздальская, 20, корп.6,
кв.16, Б.З. Соляру

(72) Автор(ы):

**Соляр Борис Захарович (RU),
Глазов Леонид Шаевич (RU),
Мнёв Максим Владимирович (RU),
Климцева Елена Арьевна (RU),
Либерзон Исаак Меерович (RU),
Аладышева Элмира Зарифовна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Соляр Борис Захарович (RU)**(54) СПОСОБ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ С ВЫСОКИМ ВЫХОДОМ ЛЕГКИХ ОЛЕФИНОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области нефтепереработки углеводородного сырья. Изобретение касается способа каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов в присутствии мелкодисперсного катализатора, содержащего цеолиты Y и ZSM-5, включающего контактирование сырья и регенерированного катализатора при повышенной температуре в первом прямоточном реакторе с получением продуктов крекинга сырья, содержащих легкие олефины и бензин, отделение продуктов крекинга сырья от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из первого прямоточного реактора, рециркуляцию легкой фракции бензина во второй прямоточный реактор и

контактирование в нем с регенерированным катализатором при высокой температуре с получением продуктов крекинга бензина, содержащих легкие олефины, отделение продуктов крекинга бензина от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из второго прямоточного реактора, подачу отработанного катализатора из первого и второго прямоточных реакторов в отпарную зону и отделение от него увлеченных углеводородов путем обработки водяным паром с выводом образованных паров в сепарационную зону реактора, смешение продуктов крекинга сырья, продуктов крекинга бензина и образованных в отпарной зоне паров, дополнительную пылеочистку смеси парообразных продуктов в циклонах сепарационной зоны реактора и вывод их на

ректификацию с разделением бензина на легкую и тяжелую фракции, окислительную регенерацию отработанного катализатора, при этом продукты крекинга сырья и продукты крекинга бензина из циклонных сепараторов выводят непосредственно в зону торможения термических реакций, в которую также направляют образованные в отпарной зоне пары и подают охлажденный рециркулирующий жидкий продукт крекинга в количестве, обеспечивающем температуру в этой зоне 500-550°C, время пребывания смеси

парообразных продуктов в зоне торможения термических реакций составляет 0,2-0,6 с, смесь парообразных продуктов выводят из зоны торможения термических реакций непосредственно в циклоны сепарационной зоны реактора. Также изобретение касается устройства для осуществления способа каталитического крекинга углеводородного сырья. Технический результат - увеличение выхода целевых продуктов, снижение выхода сухого газа. 2 н.п. ф-лы, 4 ил., 1 табл., 5 пр.

RU 2 4 8 7 1 6 0 C 1

RU 2 4 8 7 1 6 0 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C10G 11/18 (2006.01)
C10G 51/02 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2012111423/04, 26.03.2012

(24) Effective date for property rights:
26.03.2012

Priority:

(22) Date of filing: 26.03.2012

(45) Date of publication: 10.07.2013 Bull. 19

Mail address:

111673, Moskva, ul. Suzdal'skaja, 20, korp.6,
kv.16, B.Z. Soljaru

(72) Inventor(s):

**Soljar Boris Zakharovich (RU),
Glazov Leonid Shaevich (RU),
Mnev Maksim Vladimirovich (RU),
Klimtseva Elena Ar'evna (RU),
Liberzon Isaak Meerovich (RU),
Aladysheva Ehlmira Zarifovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

Soljar Boris Zakharovich (RU)

(54) PROCEDURE FOR CATALYTIC CRACKING OF HYDROCARBON MATERIAL WITH YIELD OF LIGHT OLEFINS AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention is related to procedure for catalytic cracking of hydrocarbon material with high yield of light olefins in presence of finely-divided catalyst containing Y and ZSM-5 zeolites. The procedure includes contact of material and regenerated catalyst at high temperature in the first once-through reactor with yield of cracked products containing light olefins and benzene; separation of cracked products from dead catalyst in cyclone separators connected directly to the output of the first once-through reactor; recirculation of benzene light fraction to the second once-through reactor and contact of this fraction with regenerated catalyst at high temperature with yield of cracked products containing light olefins; separation of benzene cracked products from dead catalyst in cyclone separators connected directly to the output of once-through reactor; delivery of dead catalyst of the first and second once-through reactors to stripping zone and separation of entrained hydrocarbons by steam treatment with offtake of generated vapours to the reactor stripping zone; mixing of cracked

products of raw material, cracked products of benzene and vapours generated in the stripping zone; additional dust cleaning for the mix of vapour products in cyclones of the reactor separation zone and their delivery to rectification with separation of benzene into light and heavy fractions; white burning of dead catalyst at that cracked products of raw material and benzene from cyclone separators are output directly to the zone of thermal reactions stopping and vapour generated in the stripping zone are also directed to stopping zone, then cooled recirculating liquid cracked product is added in quantity that ensures temperature of 500-550°C in this zone. Duration of mixed vapour products staying in the zone of thermal reactions stopping is equal to 0.2-0.6 s, thereafter the mix of vapour products is output from the stopping zone directly to cyclones in the reactor separation zone. Also, the invention refers to the device for performing catalytic cracking of hydrocarbon raw materials.

EFFECT: increase in yield of target products, decrease of dry gas yield.

2 cl, 4 dwg, 1 tbl, 5 ex

Изобретение относится к области нефтепереработки, в частности к способу каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов в присутствии мелкодисперсного циркулирующего катализатора и устройству для его осуществления.

5 Известен способ каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов [патент США №5846403] в присутствии мелкодисперсного катализатора, содержащего цеолиты Y и ZSM-5, включающий контактирование сырья и катализатора при повышенной температуре в прямоточном реакторе с получением
10 продуктов крекинга сырья, содержащих легкие олефины и бензин, рециркуляцию легкой фракции бензина в зону прямоточного реактора ниже уровня ввода сырья и контактирование в ней с регенерированным катализатором при высокой температуре с получением продуктов крекинга бензина, содержащих легкие олефины, отделение
15 продуктов крекинга сырья и продуктов крекинга бензина от отработанного катализатора в сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из прямоточного реактора, подачу отработанного катализатора в отпарную зону и отделение от него увлеченных углеводородов путем обработки водяным паром с выводом образованных паров в сепарационную зону реактора, дополнительную
20 пылеочистку продуктов крекинга сырья, продуктов крекинга бензина и образованных в отпарной зоне паров в циклонах сепарационной зоны реактора и вывод их на ректификацию с разделением бензина на легкую и тяжелую фракции, окислительную регенерацию отработанного катализатора. Легкие олефины включают непредельные углеводороды C₃ и C₄.

25 Способ позволяет повысить выход легких олефинов за счет повторного крекинга легкой фракции бензина в зоне прямоточного реактора ниже уровня ввода сырья при более высокой температуре, чем в основной зоне прямоточного реактора выше уровня ввода сырья.

30 Недостатки способа заключаются в следующем:

1. Короткое время контакта легкой фракции бензина в зоне прямоточного реактора ниже уровня ввода сырья ограничивает степень ее превращения и, как следствие, образование легких олефинов.

35 2. Подача легкой фракции бензина в прямоточный реактор ниже уровня ввода сырья приводит к частичному закоксовыванию регенерированного катализатора до его контакта с сырьем, что обуславливает падение активности и селективности катализатора, вызывая тем самым снижение выхода легких олефинов и повышение выхода сухого газа.

40 3. Длительное время пребывания парообразных продуктов крекинга в сепарационной зоне реактора при высокой температуре приводит к заметному увеличению выхода сухого газа и снижению выхода легких олефинов в результате протекания реакций термического крекинга, в том числе реакции термической конверсии легких олефинов с образованием сухого газа.

45 Известен способ каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов [патент США №5944982] в присутствии мелкодисперсного катализатора, содержащего цеолиты Y и ZSM-5, включающий контактирование сырья и регенерированного катализатора в первом прямоточном реакторе с получением
50 продуктов крекинга сырья, содержащих легкие олефины и бензин, отделение продуктов крекинга сырья от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из первого прямоточного реактора, рециркуляцию тяжелой фракции бензина во второй прямоточный реактор и

контактирование в нем с регенерированным катализатором при повышенной температуре с получением продуктов крекинга бензина, содержащих легкие олефины, отделение продуктов крекинга бензина от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из второго прямооточного реактора, подачу отработанного катализатора из первого и второго прямооточных реакторов в отпарную зону и отделение от него увлеченных углеводородов путем обработки водяным паром с выводом образованных паров в сепарационную зону реактора, дополнительную пылеочистку в циклонах сепарационной зоны реактора и вывод на ректификацию отдельных потоков продуктов крекинга сырья и образованных в отпарной зоне паров, с одной стороны, и продуктов крекинга бензина, с другой стороны, разделение бензина, полученного в первом прямооточном реакторе, на легкую и тяжелую фракции, окислительную регенерацию отработанного катализатора.

Способ позволяет повысить выход легких олефинов за счет повторного крекинга тяжелой фракции бензина во втором прямооточном реакторе при продолжительном времени контакта и повышенной температуре, снизить выход сухого газа благодаря торможению реакций термического крекинга вследствие быстрого вывода на ректификацию продуктов крекинга сырья из первого прямооточного реактора, минуя сепарационную зону реактора.

Недостатки способа:

1. Подача тяжелой фракции бензина на повторный крекинг не обеспечивает заметного повышения выхода легких олефинов из-за невысокой степени ее превращения, что обусловлено значительным содержанием в этой фракции ароматических углеводородов, каталитический крекинг которых характеризуется низкой термодинамической вероятностью.

2. Проведение дополнительной пылеочистки и вывод на ректификацию отдельных потоков продуктов крекинга сырья и образованных в отпарной зоне паров, с одной стороны, и продуктов крекинга бензина, с другой стороны, заметно усложняет технологический процесс и приводит к увеличению капитальных затрат.

3. Длительное время пребывания паров продуктов крекинга тяжелой фракции бензина в сепарационной зоне реактора способствует увеличению выхода сухого газа.

Наиболее близким к заявляемому способу по технической сущности и достигаемому результату является способ каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов [патент США №7261807] в присутствии мелкодисперсного катализатора, содержащего цеолиты Y и ZSM-5, включающий контактирование сырья и регенерированного катализатора при повышенной температуре в первом прямооточном реакторе с получением продуктов крекинга сырья, содержащих легкие олефины и бензин, отделение продуктов крекинга сырья от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из первого прямооточного реактора, рециркуляцию легкой фракции бензина во второй прямооточный реактор и контактирование в нем с регенерированным катализатором при высокой температуре с получением продуктов крекинга бензина, содержащих легкие олефины, отделение продуктов крекинга бензина от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из второго прямооточного реактора, подачу отработанного катализатора из первого и второго прямооточных реакторов в отпарную зону и отделение от него увлеченных углеводородов путем обработки водяным паром с выводом образованных паров в сепарационную зону реактора,

смешение продуктов крекинга сырья, продуктов крекинга бензина и образованных в отпарной зоне паров, дополнительную пылеочистку смеси парообразных продуктов в сепарационной зоне реактора и вывод их на ректификацию с разделением бензина на легкую и тяжелую фракции, окислительную регенерацию отработанного катализатора.

Наиболее близким к заявляемому устройству по технической сущности и достигаемому результату является устройство для осуществления каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов [патент США №7261807], включающее первый прямоточный реактор, снабженный средствами для ввода сырья, водяного пара и регенерированного катализатора и соединенный непосредственно с соответствующими циклонными сепараторами, второй прямоточный реактор, снабженный средствами для ввода рециркулирующей легкой фракции бензина, водяного пара и регенерированного катализатора и соединенный непосредственно с соответствующими циклонными сепараторами, отпарную камеру, соединенную с сепарационной камерой и расположенную ниже нее, снабженную средствами для ввода водяного пара и вывода отработанного катализатора, циклоны, размещенные в сепарационной камере и соединенные со средствами вывода смеси парообразных продуктов.

Известный способ позволяет повысить выход легких олефинов за счет повторного крекинга легкой фракции бензина во втором прямоточном реакторе при продолжительном времени контакта и высокой температуре, а также повышенного содержания цеолита ZSM-5 в общей массе катализатора, обладающего высокой селективностью образования легких олефинов.

Подача легкой фракции бензина на повторный крекинг способствует увеличению выхода легких олефинов, поскольку в этой фракции содержится значительное количество непредельных углеводородов, каталитический крекинг которых в условиях, реализуемых во втором прямоточном реакторе, характеризуется сравнительно высокой термодинамической вероятностью.

Известное устройство обеспечивает повышение выхода легких олефинов благодаря установке второго прямоточного реактора, снабженного средствами для ввода рециркулирующей легкой фракции бензина, водяного пара и регенерированного катализатора и соединенного непосредственно с циклонными сепараторами.

Недостаток известного способа заключается в следующем. Согласно способу продукты крекинга сырья из первого прямоточного реактора и продукты крекинга бензина из второго прямоточного реактора выводят в сепарационную зону реактора, где смешивают с образованными в отпарной зоне парами, после чего смесь парообразных продуктов направляют на пылеочистку в циклоны сепарационной зоны реактора. Вследствие большого объема сепарационной зоны время пребывания смеси парообразных продуктов в ней является довольно продолжительным, достигая 30 с и более. Для увеличения выхода легких олефинов в способе поддерживают повышенную температуру в первом прямоточном реакторе и еще более высокую температуру во втором прямоточном реакторе, что обуславливает высокую температуру смеси парообразных продуктов в сепарационной зоне реактора. Сочетание длительного времени пребывания смеси парообразных продуктов в сепарационной зоне реактора и высокой температуры в ней вызывает существенное увеличение выхода сухого газа и снижение выхода легких олефинов в результате протекания реакций термического крекинга, в том числе реакций термической конверсии легких олефинов с образованием сухого газа.

Недостаток известного устройства заключается в следующем. Газовыводные

патрубки циклонных сепараторов на выходе из первого и второго прямооточных реакторов соединены с циклонами, размещенными в сепарационной камере, через пространство этой камеры, характеризующееся большим свободным объемом, что обуславливает длительное время пребывания смеси парообразных продуктов в ней. В устройстве не предусматриваются средства для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга для снижения температуры смеси парообразных продуктов. Сочетание длительного времени пребывания смеси парообразных продуктов в сепарационной камере и высокой температуры в ней вызывает существенное увеличение выхода сухого газа и снижение выхода легких олефинов в результате протекания реакций термического крекинга.

Целью изобретения является увеличение выхода легких олефинов и снижение выхода сухого газа за счет предупреждения нежелательных превращений углеводородов в результате протекания термических реакций в сепарационной зоне реактора.

Поставленная цель достигается предлагаемым способом каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов в присутствии мелкодисперсного катализатора, содержащего цеолиты Y и ZSM-5, включающим контактирование сырья и регенерированного катализатора при повышенной температуре в первом прямооточном реакторе с получением продуктов крекинга сырья, содержащих легкие олефины и бензин, отделение продуктов крекинга сырья от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из первого прямооточного реактора, рециркуляцию легкой фракции бензина во второй прямооточный реактор и контактирование в нем с регенерированным катализатором при высокой температуре с получением продуктов крекинга бензина, содержащих легкие олефины, отделение продуктов крекинга бензина от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из второго прямооточного реактора, подачу отработанного катализатора из первого и второго прямооточных реакторов в отпарную зону и отделение от него увлеченных углеводородов путем обработки водяным паром с выводом образованных паров в сепарационную зону реактора, смешение продуктов крекинга сырья, продуктов крекинга бензина и образованных в отпарной зоне паров, дополнительную пылеочистку смеси парообразных продуктов в циклонах сепарационной зоны реактора и вывод их на ректификацию с разделением бензина на легкую и тяжелую фракции, окислительную регенерацию отработанного катализатора. Согласно изобретению продукты крекинга сырья и продукты крекинга бензина из циклонных сепараторов выводят непосредственно в зону торможения термических реакций, в которую также направляют образованные в отпарной зоне пары и подают охлажденный рециркулирующий жидкий продукт крекинга в количестве, обеспечивающем температуру в этой зоне 500-550°C, время пребывания смеси парообразных продуктов в зоне торможения термических реакций составляет 0,2-0,6 с, смесь парообразных продуктов выводят из зоны торможения термических реакций непосредственно в циклоны сепарационной зоны реактора.

Поставленная цель достигается также предлагаемым устройством для осуществления каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов, включающим первый прямооточный реактор, снабженный средствами для ввода сырья, водяного пара и регенерированного катализатора и соединенный непосредственно с соответствующими циклонными сепараторами, второй прямооточный реактор, снабженный средствами для ввода рециркулирующей

легкой фракции бензина, водяного пара и регенерированного катализатора и соединенный непосредственно с соответствующими циклонными сепараторами, отпарную камеру, соединенную с сепарационной камерой и расположенную ниже нее, снабженную средствами для ввода водяного пара и вывода отработанного катализатора, циклоны, размещенные в сепарационной камере и соединенные со средствами вывода смеси парообразных продуктов. Согласно изобретению в сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом диаметром, равным 0,22-0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,8-2,4, снабженная верхним и нижним днищами, средствами для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга, нижняя часть камеры торможения термических реакций соединена с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, причем в местах соединения в корпусе камеры выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,03-0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры, верхняя часть камеры торможения термических реакций непосредственно соединена с циклонами, размещенными в сепарационной камере.

Существенным отличием предлагаемого способа является то, что продукты крекинга сырья и продукты крекинга бензина выводят из циклонных сепараторов непосредственно в зону торможения термических реакций, в которую также направляют образованные в отпарной зоне пары и подают охлажденный рециркулирующий жидкий продукт крекинга в количестве, обеспечивающем температуру в этой зоне 500-550°C. время пребывания смеси парообразных продуктов в зоне торможения термических реакций составляет 0,2-0,6 с, смесь парообразных продуктов выводят из зоны торможения термических реакций непосредственно в циклоны сепарационной зоны реактора. Существенным отличием предлагаемого устройства является то, что в сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом диаметром, равным 0,22-0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,8-2,4, снабженная верхним и нижним днищами, средствами для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга, нижняя часть камеры торможения термических реакций соединена с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, причем в местах соединения в корпусе камеры выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,03-0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры, верхняя часть камеры торможения термических реакций непосредственно соединена с циклонами, размещенными в сепарационной камере.

Указанные отличия позволяют свести к минимуму количество продуктов крекинга, поступающих в сепарационную зону реактора, значительно сократить время их пребывания в реакторе после вывода из циклонных сепараторов, снизить температуру продуктов крекинга, и тем самым создать условия для резкого торможения термических реакций, приводящих к нежелательным превращениям углеводородов, и обеспечить благодаря этому увеличение выхода легких олефинов и снижение выхода сухого газа.

Сущность предлагаемого изобретения заключается в следующем. Контактное взаимодействие углеводородного сырья с мелкодисперсным регенерированным катализатором проводят в первом прямоточном реакторе при повышенной температуре и содержании цеолита ZSM-5 в катализаторе, что позволяет увеличить образование легких олефинов. Из полученных продуктов крекинга выделяют легкую фракцию

бензина и подают ее на повторный крекинг во второй прямоточный реактор, в котором проводят контактирование этой фракции с мелкодисперсным регенерированным катализатором при более высокой температуре, чем в первом прямоточном реакторе, и повышенном содержании цеолита ZSM-5 в катализаторе, что способствует дополнительному образованию легких олефинов.

Продукты крекинга сырья и продукты крекинга бензина отделяют от основной массы отработанного катализатора в соответствующих циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из первого и второго прямоточных реакторов, что позволяет предупредить протекание нежелательных вторичных каталитических реакций переноса водорода, приводящих к образованию насыщенных углеводородов и снижению выхода легких олефинов.

Продукты крекинга сырья и продукты крекинга бензина из циклонных сепараторов выводят непосредственно в компактную зону торможения термических реакций, минуя сепарационную зону реактора, причем объем этой зоны существенно меньше объема сепарационной зоны реактора.

В зону торможения термических реакций также направляют образованные в отпарной зоне пары и подают охлажденный рециркулирующий жидкий продукт крекинга в количестве, обеспечивающем снижение температуры в этой зоне на 20-75°C до 500-550°C. Время пребывания смеси парообразных продуктов в зоне торможения термических реакций существенно меньше, чем время пребывания в сепарационной зоне реактора в известном способе и составляет 0,2-0,6 с. Из зоны торможения термических реакций смесь парообразных продуктов выводят непосредственно в циклоны сепарационной зоны реактора на дополнительную пылеочистку.

Сочетание короткого времени пребывания смеси парообразных продуктов и пониженной температуры в зоне торможения термических реакций позволяет минимизировать протекание нежелательных реакций термического крекинга парообразных продуктов. В результате увеличивается выход легких олефинов благодаря предупреждению их термической конверсии в сепарационной зоне реактора и снижается выход сухого газа.

Установка в сепарационной камере соосно ей камеры торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом диаметром, равным 0,22-0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,8-2,4, снабженной верхним и нижним днищами, нижняя часть которой соединена с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, непосредственно соединенных, в свою очередь, с первым и вторым прямоточными реакторами, а верхняя часть непосредственно соединена с циклонами, размещенными в сепарационной камере, позволяет существенно сократить время пребывания продуктов крекинга в сепарационной камере. Снабжение камеры торможения термических реакций средствами для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга обеспечивает снижение температуры смеси парообразных продуктов.

Сочетание короткого времени пребывания смеси парообразных продуктов и пониженной температуры в камере торможения термических реакций позволяет минимизировать протекание нежелательных реакций термического крекинга парообразных продуктов и, как следствие, повысить выход легких олефинов и снизить выход сухого газа.

Выполнение отверстий в корпусе камеры торможения термических реакций в местах соединения с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, образующих зазор по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,03-

0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры, обеспечивает компенсацию термического расширения последовательно соединенных узлов оборудования, размещенных в сепарационной камере.

Способ каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов и устройство для его осуществления представлены на фиг.1-4.

Способ осуществляют следующим образом. Согласно фиг.1-4 углеводородное сырье 1 подают через сырьевые форсунки 2 в первый прямоточный реактор 3, где его смешивают с мелкодисперсным циркулирующим катализатором 4, поступающим из регенератора (не показан). Сырье и катализатор контактируют в восходящем потоке при температуре 530-600°C и кратности циркуляции 6-14 с образованием продуктов крекинга сырья 5, содержащих бензин и легкие олефины, в результате протекания реакций каталитического крекинга. Продукты крекинга сырья отделяют от основной массы отработанного катализатора в циклонных сепараторах 6, соединенных непосредственно с выходом из первого прямоточного реактора. Отработанный катализатор 7 направляют на отпарку от увлеченных углеводородов в отпарную зону 8 по пылевозвратному стояку 9 циклонных сепараторов, погруженному в псевдоожиженный слой катализатора 10. Легкую фракцию бензина 11 с концом кипения 90-160°C. выделенную из продуктов крекинга, рециркулируют в процесс и подают через бензиновые форсунки 12 во второй прямоточный реактор 13, где ее смешивают с мелкодисперсным циркулирующим катализатором 4, поступающим из регенератора. Легкая фракция бензина и катализатор контактируют в восходящем потоке при температуре 580-650°C и кратности циркуляции 16-30 с образованием продуктов крекинга бензина 14, содержащих легкие олефины. Продукты крекинга бензина отделяют от основной массы отработанного катализатора в циклонном сепараторе 15, соединенном непосредственно с выходом из второго прямоточного реактора. Отработанный катализатор 7 направляют на отпарку от увлеченных углеводородов в отпарную зону 8 по пылевозвратному стояку 16 циклонного сепаратора, погруженному в псевдоожиженный слой катализатора 10.

В отпарной зоне отработанный катализатор из первого и второго прямоточных реакторов смешивают и подвергают обработке водяным паром 17, подаваемым через парораспределительные устройства 18, в ступенчато-противоточных условиях с применением конических перегородок 19. Образованные в отпарной зоне пары 20, состоящие из смеси отпаренных углеводородов и водяного пара, выводят в сепарационную зону реактора 21. Продукты крекинга сырья 5 по газывыводному патрубку 22 и продукты крекинга бензина 14 по газывыводному патрубку 23 выводят из циклонных сепараторов непосредственно в зону торможения термических реакций 24, минуя сепарационную зону реактора. В зону торможения термических реакций направляют также образованные в отпарной зоне пары 20 и подают охлажденный рециркулирующий жидкий продукт крекинга 25, расход которого регулируют так, чтобы поддерживать температуру в этой зоне 500-550°C. В качестве охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга можно использовать тяжелую фракцию бензина, легкий каталитический газойль и тяжелый каталитический газойль, отобранные после ректификационной колонны и охлажденные до температуры 150-250°C. Время пребывания смеси парообразных продуктов 26 в зоне торможения термических реакций ограничивают промежутком, равным 0,2-0,6 с. Смесь парообразных продуктов выводят из этой зоны непосредственно в циклоны сепарационной зоны реактора 27, в которых осуществляют дополнительную пылеочистку от катализаторной пыли и далее подают в газосборную зону 28.

Байпасирование продуктами крекинга сырья и продуктами крекинга бензина сепарационной зоны реактора при ограничении времени пребывания смеси парообразных продуктов в зоне торможения термических реакций промежуток, равным 0,2-0,6 с, подача в зону торможения термических реакций охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга в количестве, обеспечивающем снижение температуры в этой зоне до 500-550°C, позволяет резко снизить нежелательные превращения парообразных продуктов в результате протекания реакций термического крекинга.

Очищенную от катализаторной пыли смесь парообразных продуктов направляют на стадию ректификации (не показана), где выделяют товарные продукты крекинга, а полученный бензин разделяют на легкую и тяжелую фракции. Уловленный в циклонах сепарационной зоны отработанный катализатор возвращают в отпарную зону по пылевозвратному стояку 29. Отпаренный от увлеченных углеводородов отработанный катализатор 30 направляют снизу отпарной зоны на окислительную регенерацию.

Применяемый в способе мелкодисперсный катализатор содержит в качестве основного компонента цеолит Y в количестве 10-60% масс. Катализатор также содержит цеолит ZSM-5, отличающийся высокой селективностью образования легких олефинов. Содержание цеолита ZSM-5 в катализаторе составляет 2-10% масс., что заметно выше, чем в известных способах каталитического крекинга с высоким выходом компонентов моторных топлив. Цеолит ZSM-5 вводят либо непосредственно в состав катализатора, содержащего цеолит Y, либо в составе отдельной твердой каталитической добавки, которую смешивают с катализатором. По своим физико-механическим свойствам эта добавка близка к катализатору крекинга.

Устройство для осуществления способа каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов включает первый прямоточный реактор 3, снабженный средствами для ввода сырья 2, водяного пара 31 и регенерированного катализатора 32 и соединенный непосредственно с циклонными сепараторами 6, второй прямоточный реактор 13, снабженный средствами для ввода рециркулирующей легкой фракции бензина 12, водяного пара 33 и рециркулирующего катализатора 34 и соединенный непосредственно с циклонным сепаратором 15, отпарную камеру 35, соединенную с сепарационной камерой 36 и расположенную ниже нее, снабженную средствами для ввода водяного пара 18 и вывода отработанного катализатора 37.

В сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций 38 с цилиндрическим корпусом диаметром, равным 0,22-0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,8-2,4, снабженная верхним 39 и нижним 40 днищами, средствами для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга 41. Нижняя часть камеры торможения термических реакций соединена с газовыводными патрубками 22, 23 циклонных сепараторов 6, 15, причем в местах соединения в корпусе камеры выполнены отверстия, образующие зазор 42 по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,03-0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры. Верхняя часть камеры торможения термических реакций непосредственно соединена с циклонами 27, размещенными в сепарационной камере, которые, в свою очередь, соединены через газосборную камеру 43 со средствами вывода смеси парообразных продуктов 44.

Другой вариант устройства для осуществления предлагаемого способа каталитического крекинга с высоким выходом легких олефинов показан на фиг.4. Его

отличие заключается в том, что верхнее днище 39 камеры торможения термических реакций 38 образовано нижним днищем газосборной камеры 43.

Установка в сепарационной камере соосно ей камеры торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом диаметром, равным 0,22-0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,8-2,4, снабженной верхним и нижним днищами, средствами для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга, нижняя часть которой соединена с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, причем в местах соединения в корпусе камеры выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,03-0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры, а верхняя часть которой непосредственно соединена с циклонами, размещенными в сепарационной камере, обеспечивает резкое сокращение количества поступающих продуктов крекинга в объем сепарационной камеры, ограничение времени пребывания смеси парообразных продуктов в камере торможения термических реакций промежутком, равным 0,2-0,6 с, и снижение температуры в этой камере до 500-550°C, а также компенсацию термического расширения последовательно соединенных узлов оборудования, размещенных в сепарационной камере. В результате достигается резкое торможение реакций термического крекинга парообразных продуктов, что приводит к увеличению выхода легких олефинов и снижению выхода сухого газа, при обеспечении высокой механической надежности установленного оборудования.

Ниже приведены конкретные примеры использования известного и предлагаемого способов каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов и устройств для его осуществления применительно к промышленной установке каталитического крекинга производительностью 150 т/ч.

Сравнительные показатели процесса каталитического крекинга углеводородного сырья по известному и предлагаемому способам с применением известного и предлагаемого устройств представлены в таблице.

Пример 1.

Каталитическому крекингу подвергают гидроочищенный вакуумный газойль с пределами выкипания 352-560°C. Характеристики углеводородного сырья: плотность 885 кг/м³, содержание серы 0,05% масс., содержание азота 0,06% масс., коксуемость по Конрадсону 0,02% масс., содержание тяжелых металлов (ванадия и никеля) 0,2 мг/кг.

В качестве катализатора используют мелкодисперсный цеолитсодержащий катализатор со следующими характеристиками: насыпная плотность 750 кг/м³, удельный объем пор 0,42 см³/г, удельная поверхность 350 м²/г, гранулометрический состав, % масс.: фракция мельче 40 мкм 1; фракция мельче 80 мкм 60; фракция мельче 150 мкм 94. Химический состав катализатора, % масс.: оксид алюминия 45,0; оксид натрия 0,33; оксиды редкоземельных элементов 1,7. Содержание цеолита Y в катализаторе 35% масс. Катализатор смешивают с каталитической добавкой, включающей цеолит ZSM-5. Содержание цеолита ZSM-5 в общей массе катализатора 10% масс. Расход свежего катализатора 0,6 кг/т перерабатываемого сырья.

Контактирование гидроочищенного сырья с регенерированным катализатором осуществляют в первом прямоточном реактора при температуре 560°C и кратности циркуляции 10,5. Продукты крекинга сырья отделяют от отработанного катализатора на выходе из первого прямоточного реактора в двух циклонных сепараторах.

Легкую фракцию бензина с концом кипения 140°C, выделенную из продуктов

крекинга на стадии ректификации, рециркулируют в процесс, где осуществляют ее контактирование с регенерированным катализатором во втором прямоточном реакторе при температуре 620°C и кратности циркуляции 22. Продукты крекинга бензина отделяют от отработанного катализатора на выходе из второго
5 прямоточного реактора в циклонном сепараторе. Отработанный катализатор из первого и второго прямоточных реакторов направляют по пылевозвратным стоякам циклонных сепараторов в отпарную зону, где смешивают и подвергают отпарке от увлеченных углеводородов. Согласно предлагаемому изобретению продукты
10 крекинга сырья и продукты крекинга бензина из циклонных сепараторов выводят непосредственно в зону торможения термических реакций. В эту зону направляют также образованные в отпарной зоне пары и подают легкий каталитический газойль с температурой 190°C. Расход легкого каталитического газойля автоматически
15 регулируют так, чтобы обеспечить заданную температуру в зоне торможения термических реакций, равную 525°C. Время пребывания смеси парообразных продуктов в зоне торможения термических реакций составляет 0,4 с. Смесь парообразных продуктов выводят из этой зоны непосредственно в четыре циклона сепарационной зоны и далее подают в газосборную зону, откуда направляют на
20 ректификацию.

В устройстве для осуществления предлагаемого способа в сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом внутренним диаметром 2150 мм, равным 0,28 диаметра сепарационной
25 камеры (7750 мм), и отношением высоты к диаметру 2,1, снабженная верхним и нижним днищами и форсункой для распыления легкого каталитического газойля. Нижняя часть этой камеры соединена с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, установленных на конце первого и второго прямоточных реакторов, причем в местах соединения в корпусе камеры выполнены отверстия, образующие
30 зазор по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,06 площади поперечного сечения сепарационной камеры. Верхняя часть камеры непосредственно соединена с четырьмя циклонами, размещенными в сепарационной камере.

При этих условиях обеспечивается резкое торможение реакций термического крекинга парообразных продуктов, что приводит к увеличению выходов пропена и
35 бутенов соответственно на 1,2 и 0,8% масс. (выхода легких олефинов на 2,0% масс.), снижению выхода сухого газа на 2,2% масс.

Пример 2.

Каталитический крекинг углеводородного сырья осуществляют в соответствии с
40 примером 1. Расход легкого каталитического газойля в зону торможения термических реакций регулируют так, чтобы обеспечить заданную температуру в этой зоне, равную 550°C. Время пребывания смеси парообразных продуктов в этой зоне составляет 0,2 с.

В устройстве для осуществления предлагаемого способа в сепарационной камере
45 установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом внутренним диаметром 1705 мм, равным 0,22 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 2,4. В ее корпусе выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков циклонных сепараторов
50 площадью, равной 0,03 площади поперечного сечения сепарационной камеры.

Как видно из таблицы, в результате использования предлагаемого способа и устройства для его осуществления выходы пропена и бутенов увеличиваются соответственно на 1,1 и 0,7% масс. (выход легких олефинов на 1,8% масс.), выход

сухого газа снижается на 2% масс.

Пример 3.

Каталитический крекинг углеводородного сырья осуществляют в соответствии с примером 1. Расход легкого каталитического газойля в зону торможения термических реакций регулируют так, чтобы обеспечить заданную температуру в этой зоне, равную 500°C. Время пребывания смеси парообразных продуктов в этой зоне составляет 0,6 с.

В устройстве для осуществления предлагаемого способа в сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом внутренним диаметром 2635 мм, равным 0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,8. В ее корпусе выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков циклонных сепараторов площадью, равной 0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры.

Как видно из таблицы, в результате использования предлагаемого способа и устройства для его осуществления выходы пропена и бутенов увеличиваются соответственно на 1,1 и 0,7% масс. (выход легких олефинов на 1,8% масс.), выход сухого газа снижается на 2% масс.

Пример 4.

Каталитический крекинг углеводородного сырья осуществляют в соответствии с примером 1. Расход легкого каталитического газойля в зону торможения термических реакций регулируют так, чтобы обеспечить заданную температуру в этой зоне, равную 560°C. Время пребывания смеси парообразных продуктов в этой зоне составляет 0,15 с.

В устройстве для осуществления предлагаемого способа в сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом внутренним диаметром 1550 мм, равным 0,20 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 2,6. В ее корпусе выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков циклонных сепараторов площадью, равной 0,02 площади поперечного сечения сепарационной камеры.

По сравнению с вариантом использования способа и устройства для его осуществления в условиях, соответствующих заданным пределам, в этом случае ускоряются реакции термического крекинга парообразных продуктов, протекающие в зоне торможения термических реакций, из-за повышенной температуры в ней, и заметно усиливается эрозионный износ корпуса камеры торможения термических реакций вследствие увеличения линейной скорости паров в поперечном сечении камеры и в зазоре по периметру газовыводных патрубков циклонных сепараторов из-за снижения их площади.

Как видно из таблицы, в результате использования предлагаемого способа и устройства для его осуществления выходы пропена и бутенов увеличиваются соответственно на 0,9 и 0,5% масс. (выход легких олефинов на 1,4% масс.), выход сухого газа снижается на 1,7% масс. При этом на 20% сокращается срок службы оборудования.

Пример 5.

Каталитический крекинг углеводородного сырья осуществляют в соответствии с примером 1. Расход легкого каталитического газойля в зону торможения термических реакций регулируют так, чтобы обеспечить заданную температуру в этой зоне, равную 490°C. Время пребывания смеси парообразных продуктов в этой зоне составляет 0,7 с.

В устройстве для осуществления предлагаемого способа в сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом внутренним диаметром 2790 мм, равным 0,36 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,6. В ее корпусе выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков циклонных сепараторов площадью, равной 0,10 площади поперечного сечения сепарационной камеры.

По сравнению с вариантом использования способа и устройства для его осуществления в условиях, соответствующих заданным пределам, в этом случае повышается степень нежелательных превращений парообразных продуктов вследствие инициирования реакций термического крекинга в зоне торможения термических реакций из-за более продолжительного времени пребывания паров в ней, что обусловлено увеличением объема камеры торможения термических реакций, и имеет место отложение кокса на внутренней поверхности камеры из-за чрезмерного снижения температуры в ней, что приводит к конденсации парообразных продуктов с последующей их полимеризацией.

Как видно из таблицы, в результате использования предлагаемого способа и устройства для его осуществления выходы пропена и бутенов увеличиваются соответственно на 0,9 и 0,6% масс. (выход легких олефинов на 1,5% масс.), выход сухого газа снижается на 1,7% масс. При этом на 15% сокращается срок межремонтного пробега установки.

Как следует из представленных в примерах данных, при одинаковых условиях эксплуатации предлагаемый способ каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов и устройство для его осуществления с выводом продуктов крекинга сырья и продуктов крекинга бензина из циклонных сепараторов непосредственно в зону торможения термических реакций с направлением в эту зону образованных в отпарной зоне паров и подачей охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга в количестве, обеспечивающем температуру в ней 500-550°C, с пребыванием смеси парообразных продуктов крекинга в зоне торможения термических реакций в течение 0,2-0,6 с и выводом ее из этой зоны непосредственно в циклоны сепарационной зоны, установкой в сепарационной камере соосно ей камеры торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом диаметром, равным 0,22-0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к диаметру 1,8-2,4, снабженной верхним и нижним днищами, средствами для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга, нижняя часть которой соединена с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, причем в местах соединения выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,03-0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры, верхняя часть непосредственно соединена с циклонами, размещенными в сепарационной камере, позволяет свести к минимуму количество продуктов крекинга, поступающих в сепарационную зону реактора, тем самым существенно сократив время пребывания парообразных продуктов в реакторе после вывода из циклонных сепараторов, и создать условия для резкого торможения термических реакций, приводящих к нежелательным превращениям парообразных продуктов крекинга. В результате обеспечивается увеличение выхода легких олефинов на 1,8-2,0% масс., снижение выхода сухого газа на 2,0-2,2% масс.

Таблица

Сравнение показателей процесса каталитического крекинга по известному и предлагаемому способам с применением известного и предлагаемого устройств							
№	Наименование показателей	Известный способ	Предлагаемый способ				
			Пример 1	Пример 2	Пример 3	Пример 4 (для сравнения)	Пример 5 (для сравнения)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Время пребывания смеси парообразных продуктов в зоне торможения термических реакций, с	-	0,4	0,2	0,6	0,15	0,7
2	Время пребывания продуктов крекинга в сепарационной зоне, с	25	-	-	-	-	-
3	Температура в зоне торможения термических реакций, °С	-	525	550	500	560	490
4	Температура продуктов крекинга на выходе из газосборной зоны, °С	575	525	550	500	560	490
5	Отношение диаметра камеры торможения термических реакций к диаметру сепарационной камеры	-	0,28	0,22	0,34	0,20	0,36
6	Отношение высоты к диаметру камеры торможения термических реакций	-	2,1	2,4	1,8	2,6	1,6
7	Отношение площади зазора в корпусе камеры торможения термических реакций по периметру газовыводных патрубков циклонных сепараторов к площади поперечного сечения сепарационной камеры	-	0,06	0,03	0,09	0,02	0,10
8	Выход пропена, % масс.	16,0	17,2	17,1	17,1	16,9	16,9
9	Выход бутенов, % масс.	10,6	11,4	11,3	11,3	11,1	11,2
10	Выход легких олефинов, % масс.	26,6	28,6	28,4	28,4	28,0	28,1
11	Выход сухого газа, % масс.	9,2	7,0	7,2	7,2	7,5	7,5

25

Формула изобретения

1. Способ каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов в присутствии мелкодисперсного катализатора, содержащего цеолиты Y и ZSM-5, включающий контактирование сырья и регенерированного катализатора при повышенной температуре в первом прямоточном реакторе с получением продуктов крекинга сырья, содержащих легкие олефины и бензин, отделение продуктов крекинга сырья от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из первого прямоточного реактора, рециркуляцию легкой фракции бензина во второй прямоточный реактор и контактирование в нем с регенерированным катализатором при высокой температуре с получением продуктов крекинга бензина, содержащих легкие олефины, отделение продуктов крекинга бензина от отработанного катализатора в циклонных сепараторах, соединенных непосредственно с выходом из второго прямоточного реактора, подачу отработанного катализатора из первого и второго прямоточных реакторов в отпарную зону и отделение от него увлеченных углеводородов путем обработки водяным паром с выводом образованных паров в сепарационную зону реактора, смешение продуктов крекинга сырья, продуктов крекинга бензина и образованных в отпарной зоне паров, дополнительную пылеочистку смеси парообразных продуктов в циклонах сепарационной зоны реактора и вывод их на ректификацию с разделением бензина на легкую и тяжелую фракции, окислительную регенерацию отработанного катализатора, отличающийся тем, что продукты крекинга сырья и продукты крекинга бензина из циклонных сепараторов выводят непосредственно в зону торможения термических реакций, в которую также направляют образованные в отпарной зоне пары и подают охлажденный рециркулирующий жидкий продукт крекинга в количестве, обеспечивающем температуру в этой зоне 500-550°С, время пребывания смеси парообразных продуктов

в зоне торможения термических реакций составляет 0,2-0,6 с, смесь парообразных продуктов выводятся из зоны торможения термических реакций непосредственно в циклоны сепарационной зоны реактора.

5 2. Устройство для осуществления каталитического крекинга углеводородного сырья с высоким выходом легких олефинов, включающее первый прямоточный реактор, снабженный средствами для ввода сырья, водяного пара и регенерированного катализатора и соединенный непосредственно с соответствующими циклонными сепараторами, второй прямоточный реактор, 10 снабженный средствами для ввода рециркулирующей легкой фракции бензина, водяного пара и регенерированного катализатора и соединенный непосредственно с соответствующими циклонными сепараторами, отпарную камеру, соединенную с сепарационной камерой и расположенную ниже нее, снабженную средствами для ввода водяного пара и вывода отработанного катализатора, циклоны, размещенные в 15 сепарационной камере и соединенные со средствами вывода смеси парообразных продуктов, отличающееся тем, что в сепарационной камере установлена соосно ей камера торможения термических реакций с цилиндрическим корпусом диаметром, равным 0,22-0,34 диаметра сепарационной камеры, и отношением высоты к 20 диаметру 1,8-2,4, снабженная верхним и нижним днищами, средствами для ввода охлажденного рециркулирующего жидкого продукта крекинга, нижняя часть камеры торможения термических реакций соединена с газовыводными патрубками циклонных сепараторов, причем в местах соединения в корпусе камеры выполнены отверстия, образующие зазор по периметру газовыводных патрубков площадью, равной 0,03- 25 0,09 площади поперечного сечения сепарационной камеры, верхняя часть камеры торможения термических реакций непосредственно соединена с циклонами, размещенными в сепарационной камере.

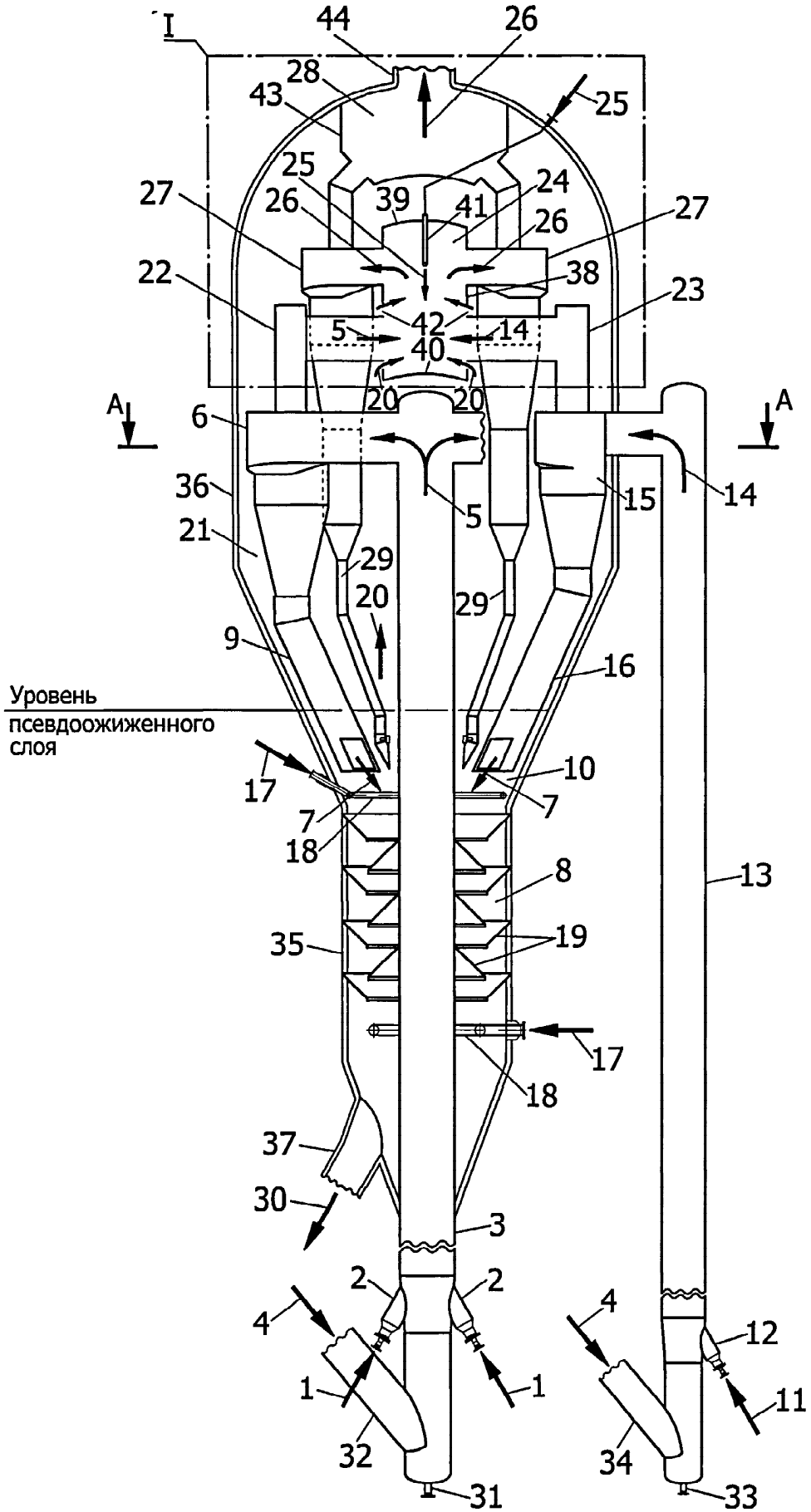
30

35

40

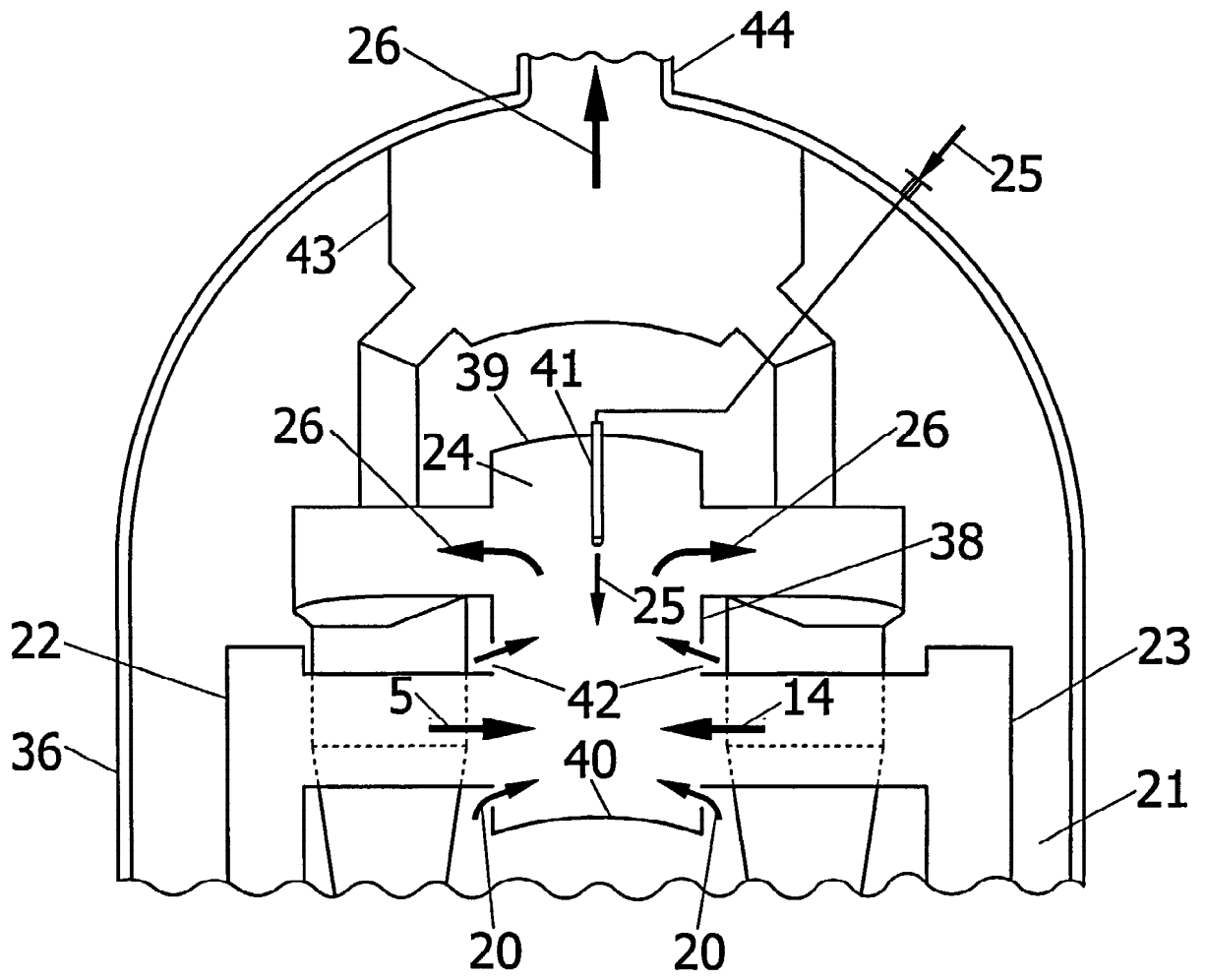
45

50



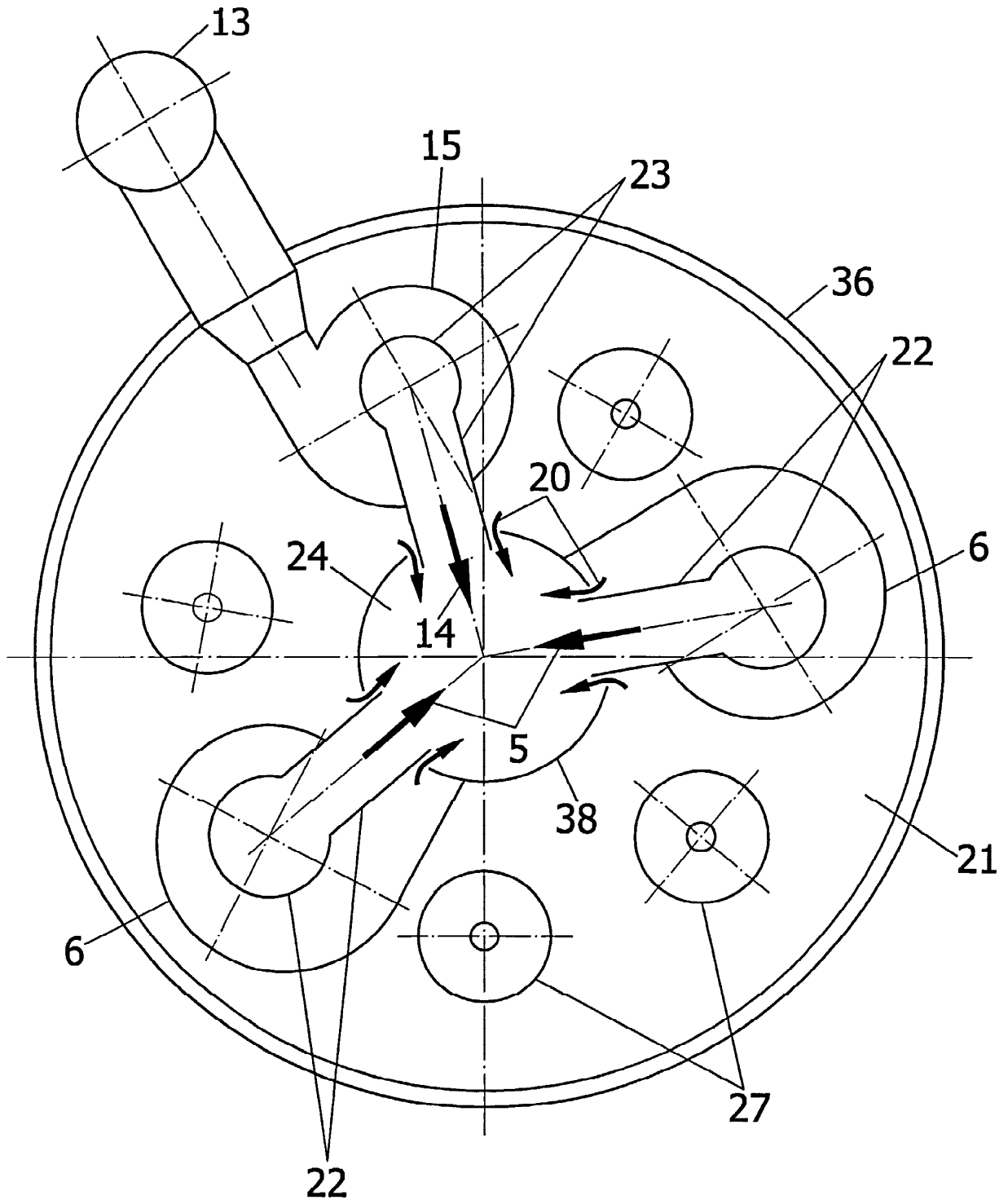
Фиг. 1

I

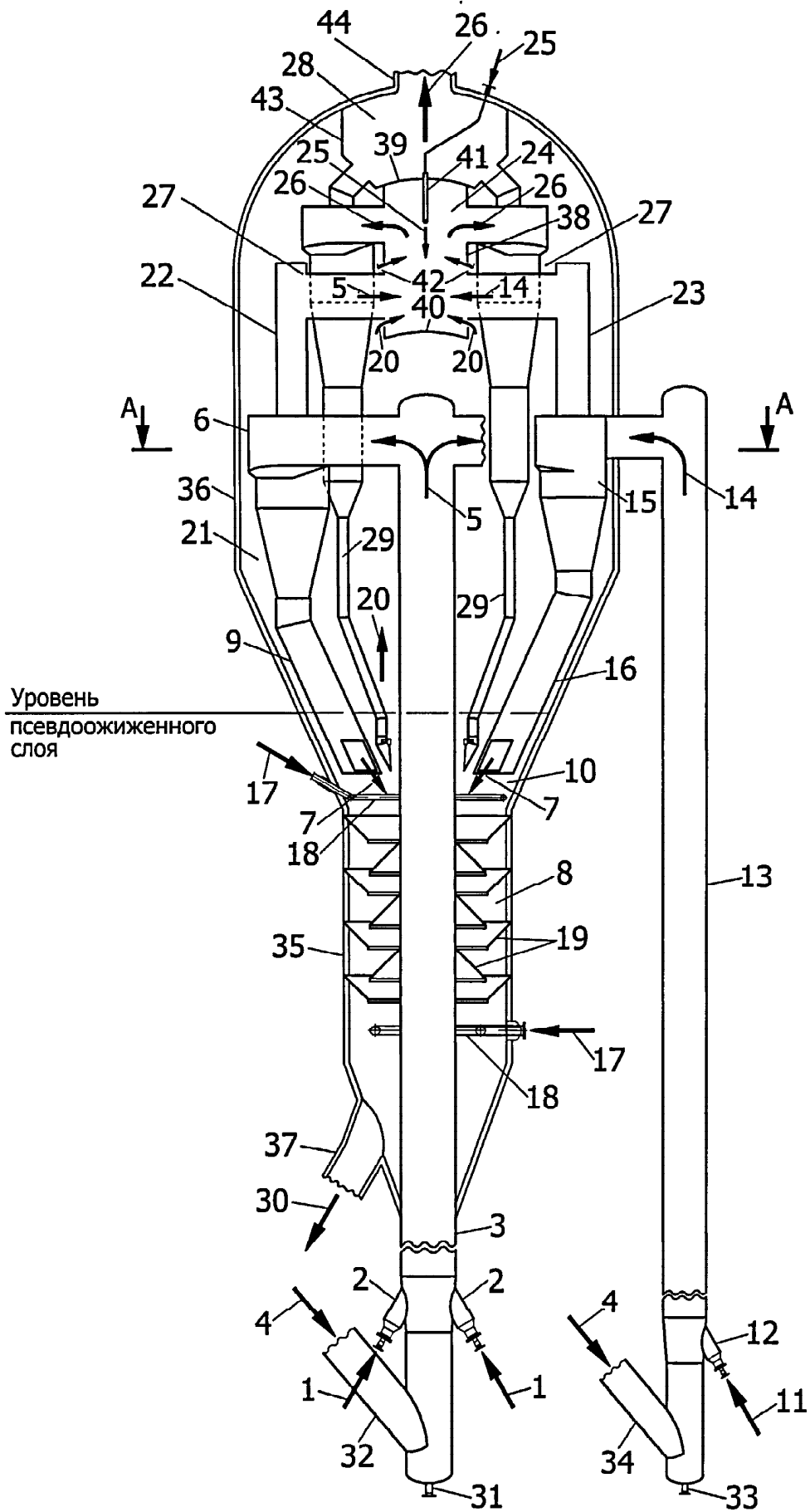


Фиг. 2

A - A



ФИГ. 3



ФИГ. 4