



(51) МПК
C10G 11/18 (2006.01)
B01J 29/90 (2006.01)
B01J 38/12 (2006.01)
B01J 38/32 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C10G 11/18 (2006.01); *B01J 29/90* (2006.01); *B01J 38/12* (2006.01); *B01J 38/32* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2014153746, 29.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2014

Дата регистрации:
22.01.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
10.01.2014 FR 14 50194

(43) Дата публикации заявки: 20.07.2016 Бюл. №
20

(45) Опубликовано: 22.01.2019 Бюл. № **3**

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ФЕНЬЕ Фредерик (FR),
 БЕСНО Жан-Мишель (FR),
 БРИО Патрик (FR)**

(73) Патентообладатель(и):

ИФП ЭНЕРЖИ НУВЕЛЛЬ (FR)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 5365006 A, 15.11.1994. SU 620214 A3, 15.08.1978. US 4272402 A, 09.06.1981. US 5198194 A, 30.03.1993. RU 2202592 C1, 20.04.2003.

R U
2 6 7 7 8 9 3
C 2

(54) СПОСОБ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА С УЛУЧШЕННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к области каталитического крекинга нефтяных фракций. Способ каталитического крекинга тяжелых углеводородных фракций типа VGO или остатка атмосферной дистилляции, с использованием установки каталитического крекинга с кипящим слоем, содержащую реакционную секцию, работающую в режиме восходящего или нисходящего потока, и секцию регенерации катализатора, которая осуществляет сжигание кокса, осажденного на катализатор в реакционной секции, с помощью воздуха для горения, предварительно сжатого путем использования компрессора MAB (main air blower), при этом в указанной секции регенерации генерируют дымовые газы регенератора, которые осуществляют теплообмен в котле-утилизаторе (heat heat boiler, или WHB) перед вводом в

электростатический пылеуловитель (ESP), затем в экономайзер (ECO), причем в указанном способе применяется, кроме того, теплообменник, позволяющий создавать пар высокого давления (HP) благодаря теплу, вносимому регенерируемым катализатором, этот теплообменник называется "catcooler" (охладитель катализатора), причем способ отличается тем, что указанный воздух для горения предварительно нагревают ниже компрессора MAB до температуры 200-350°C, предпочтительно до 250-200°C, в теплообменнике APH с дымовыми газами с регенерацией, расположенным ниже котла-утилизатора WHB и выше экономайзера (ECO), причем температура отбираемых в этом месте дымовых газов составляет от 300 до 650°C, причем избыток тепла, вносимый воздухом для горения, превращается в пар высокого давления

R U
2 6 7 7 8 9 3
C 2

(от 45 до 100 бар, предпочтительно от 50 до 70 бар) на уровне внешнего теплообменника (catcooler) на горячем катализаторе, отбиаемом в регенераторе. Также раскрывается вариант способа каталитического крекинга тяжелых углеводородных фракций типа VGO или остатка атмосферной дистилляции, с использованием установки каталитического крекинга с кипящим слоем, причем в указанном способе не используется теплообменник типа "catcooler", и указанный способ отличается тем, что воздух для горения предварительно нагревают ниже компрессора МАВ до температуры 200-350°C,

предпочтительно до 250-300°C, в теплообменнике АРН с дымовыми газами регенерации, расположенным ниже котла-utiлизатора WHB и выше экономайзера (ECO), причем температура отбиаемых в этом месте дымовых газов составляет от 300 до 650°C, и избыток тепла, вносимый воздухом для горения, позволяет снизить расход топлива в печи предварительного нагрева указанного воздуха для горения. Технический результат - улучшенная энергоэффективность установки. 2 н. и 4 з.п. ф-лы, 4 пр., 2 ил.



(51) Int. Cl.
C10G 11/18 (2006.01)
B01J 29/90 (2006.01)
B01J 38/12 (2006.01)
B01J 38/32 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C10G 11/18 (2006.01); *B01J 29/90* (2006.01); *B01J 38/12* (2006.01); *B01J 38/32* (2006.01)

(21)(22) Application: 2014153746, 29.12.2014

(24) Effective date for property rights:
29.12.2014

Registration date:
22.01.2019

Priority:

(30) Convention priority:
10.01.2014 FR 14 50194

(43) Application published: 20.07.2016 Bull. № 20

(45) Date of publication: 22.01.2019 Bull. № 3

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i
Partnery"

(72) Inventor(s):

FENE Frederik (FR),
BESNO Zhan-Mishel (FR),
BRIOS Patrik (FR)

(73) Proprietor(s):

IFP ENERZHI NUVELL (FR)

R U
2 6 7 7 8 9 3
C 2

(54) METHOD FOR CATALYTIC CRACKING WITH IMPROVED USE OF CHEMICAL HEAT

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: present invention relates to the field of catalytic cracking of petroleum fractions. Method for catalytic cracking of heavy hydrocarbon fractions of the VGO type or atmospheric distillation residue using a fluidised bed catalytic cracking unit comprising a reaction section operating in an upstream or downstream mode, and a catalyst regeneration section that burns coke deposited on the catalyst in the reaction section with combustion air, preliminarily compressed using a MAB (main air blower) compressor, wherein said regeneration section regenerates regenerator flue gases, which carry out heat exchange in a waste heat boiler (WHB) before entering the electrostatic precipitator (ESP), then into the economiser (ECO), wherein said method also uses a heat exchanger which enables to produce high pressure (HP) steam due to the heat introduced by the regenerated catalyst, said heat exchanger is referred to as a "catcooler" (catalyst cooler), wherein the method is characterised in that said

combustion air is preheated downstream of the MAB compressor to a temperature of 200–350 °C, preferably up to 250–200 °C, in an APH heat exchanger with flue gases with regeneration located downstream of the WHB and upstream of the economiser (ECO) wherein the temperature of the flue gases collected at that point ranges from 300 to 650 °C, wherein excess heat introduced by the combustion air is converted into high-pressure steam (from 45 to 100 bar, preferably from 50 to 70 bar) at the level of the external heat exchanger (catcooler) on the hot catalyst taken in the regenerator. Also disclosed is a version of the catalytic cracking method of heavy hydrocarbon fractions such as VGO or atmospheric distillation residue using a fluidised bed catalytic cracking unit, wherein said method does not use a heat exchanger of the "catcooler" type, and this method differs in that the combustion air is preheated downstream of the MAB compressor to a temperature of 200–350 °C, preferably up to 250–300 °C, in an APH heat exchanger with regeneration flue gases

R U 2 6 7 7 8 9 3 C 2

R U 2 6 7 7 8 9 3 C 2

located downstream the WHB and upstream of the economiser (ECO), wherein the temperature of the flue gases collected at that point ranges from 300 to 650 °C, and the excess heat introduced by the combustion air

reduces the fuel consumption in the preheating furnace of said combustion air.

EFFECT: improved energy efficiency of the unit.
6 cl, 4 ex, 2 dwg

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области каталитического крекинга нефтяных фракций. Основной задачей установки каталитического крекинга на нефтеперерабатывающем заводе является получение базового бензина, то есть фракций с диапазоном температур перегонки от 35°C до 250°C.

На установке каталитического крекинга (обозначаемой FCC) тепловой баланс обеспечивается сжиганием кокса, осаждающегося на катализатор на стадии реакции. Это сжигание происходит в зоне регенерации путем нагнетания воздуха через компрессор, называемый главным воздушным компрессором (сокращенно МАВ, от английского термина "main air blower").

Типично катализатор поступает в зону регенерации с содержанием кокса (определенным как масса кокса на массу катализатора) от 0,5% до 1% и покидает указанную зону с содержанием кокса ниже 0,01%. На этой стадии образуются дымовые газы, которые имеют температуру на выходе из зоны регенерации от 640°C до 800°C.

Позднее эти дымовые газы будут подвергаться, в зависимости от конфигурации установки, определенному числу дополнительных обработок, чтобы:

- рекуперировать часть их тепла в целях получения пара,
- удалить из них мелкие твердые частицы, происходящие из катализатора,
- очистить их от сернистых и азотистых соединений (обозначаемых обобщенными

терминами NOx и SOx).

После этих шагов дымовые газы можно выпускать в атмосферу через дымовые трубы нефтеперерабатывающего завода, не нарушая действующих экологических норм.

Пар, полученный вследствие рекуперации тепла дымовых газов, можно разделить на три разных уровня по температуре и, следовательно, на три разных уровня по давлению.

Так, различают получение пара, называемого паром высокого давления (HP), среднего давления (MP) и низкого давления (BP).

Пар высокого давления имеет обычно температуру в диапазоне от 380 до 450°C при интервале давлений от 45 до 100 бар (1 бар = 10^5 Па).

Температура пара среднего давления обычно находится в диапазоне температур от 220 до 350°C при диапазоне давлений от 15 до 40 бар.

Что касается пара низкого давления, его температура находится в более низком диапазоне значений, составляющем от 170 до 250°C при уровне давлений от 2,5 до 10 бар.

Эти диапазоны могут существенно меняться в зависимости от конкретного нефтеперерабатывающего завода и его инженерной сети.

Больше всего стремятся получить пар высокого давления с самым высоким уровнем значения температуры, так как это позволяет иметь источник тепла для максимально широкого диапазона технологического потока, шире, чем в случае пара среднего давления, который все же более выгоден, чем пар низкого давления, отбор которого на нефтеперерабатывающем заводе остается ограниченным из-за его низких тепловых характеристик, ограничивающих его применение в качестве источника тепла.

Сырьем для установки FCC обычно является углеводород или смесь углеводородов, содержащих в основном (то есть по меньшей мере 80%) соединения, температура кипения которых выше 340°C. Кроме того, это основное сырье содержит небольшое количество металлов (Ni+V) в концентрации обычно ниже 50 ч/млн, предпочтительно ниже 20 ч/млн, и имеет содержание водорода обычно выше 11 вес. %, обычно в интервале от 11,5% до 14,5%, предпочтительно от 11,8% до 14 вес. %.

Величина коксового остатка по Конрадсону (сокращенно обозначаемая ССР и определяемая по норме ASTM D 482) дает оценку коксуемости в ходе каталитического крекинга. В зависимости от содержания в сырье коксового остатка по Конрадсону, выход кокса требует определенных размеров установки, чтобы соблюсти тепловой баланс.

Таким образом, когда сырье характеризуется значением ССР, обуславливающим более высокое содержание кокса, чем требуется для обеспечения теплового баланса, избыток тепла должен быть отведен. Это можно сделать, например и без ограничений, установив особый охладитель катализатора, называемый catcooler, представляющий собой теплообменник, хорошо известный специалисту, который осуществляет внешнее охлаждение части катализатора, содержащегося в регенераторе, путем теплообмена с водой, приводя в результате к образованию пара высокого давления.

Напротив, в некоторых случаях, в частности, в случае легкого сырья типа нафты, сырье, обрабатываемое в установке FCC, имеет недостаток кокса, и тепловой баланс должен обеспечиваться добавлением источника дополнительного тепла. Это можно осуществить различными способами, известными специалисту, такими, например, как усиление предварительного нагрева сырья, что влечет увеличение размера печи предварительного нагрева и соответствующего расхода топливных ресурсов, или добавление, на уровне регенератора, фракции, выходящей из FCC, имеющей высокий потенциал коксования, называемой коксующейся фракцией, которая обычно является фракцией "сuspension", то есть фракцией 360°C+ с преобладанием ароматических соединений, или любой другой углеводородной фракции, такой как мазут N 2 или бытовое топливо.

Этот возврат фракции "сuspension" или топливной фракции N 2 в регенератор вызывает проблемы, так как при рабочих температурах регенератора (порядка 650°C - 750°C), часть этой возвращаемой фракции испаряется, образуя крекированные газы, которые будут находиться в разбавленной фазе регенератора, создавая опасность образования точек перегрева, которые мешают правильной работе установки.

Это явление, называемое дожиганием (afterburning), можно определить как возобновление горения в нежелательном месте установки, в частности, на входе в циклон.

Кроме того, имеется опасность сгорания этого рециркулирующего потока в слое катализатора с образованием локального фронта горения высокой температуры, что может приводить к локальному повышению температуры катализатора (точки перегрева). Эти высокие локальные температуры в сочетании с присутствием водяного пара делают хрупкой активную часть катализатора (цеолит) и, таким образом, снижают его крекирующую способность.

Тяжелые фракции, обрабатываемые в FCC, могут поступать, в частности, с атмосферной дистилляции, дистилляции в вакууме, с установки гидроконверсии, установки коксования, установки гидроочистки или деасфальтирования, но могут происходить также из такого источника как биомасса, как, например, растительные масла или целлюлоза.

Вклад настоящего изобретения заключается в предварительном нагреве воздуха для горения на выходе главного воздушного компрессора (МАВ) дымовыми газами или любыми другими источниками тепла, имеющими термические характеристики, совместимые с теплообменом с воздухом.

Это особый вариант осуществления позволяет превратить часть произведенного пара низкого давления (ВР) в пар высокого давления (НР) и/или ограничить расход

топливно-энергетических ресурсов процесса, таких, как мазут, или горючий газ, или коксующаяся фракция, улучшая, тем самым энергоэффективность установки.

Обсуждение уровня техники

Система теплообмена на дымовых газах, отбираемых на выходе регенератора в

5 установке каталитического крекинга, классически содержит котел для создания пара, называемый котлом-утилизатором (waste heat boiler = котел-утилизатор тепла отходящих газов), и теплообменник, называемый экономайзером, который позволяет создавать пар низкого давления и перегретую воду.

Патент US 3,769,203 описывает предварительный нагрев сырья до температуры, 10 требующейся перед его введением в реактор с восходящим потоком.

Патент US 7,491,315 описывает непрямой предварительный нагрев сырья дымовыми газами, происходящими из регенератора.

Патенты US 3,838,038 и US 6,558,531 описывают повышение температуры катализатора в линии перекачки, приводящее к отпарке в регенераторе.

15 Авторами настоящей заявки не было обнаружено никаких документов, описывающих теплообмен между дымовыми газами регенерации в точке, находящейся между электростатическим пылеуловителем и экономайзером, и воздухом для горения на выходе из воздушного компрессора.

Краткое описание фигур

20 Фигура 1 показывает систему теплообмена дымовых газов согласно уровню техники, а также линию воздуха для горения до его входа в регенератор.

Дымовые газы выходят из регенератора (REG) и входят в котел-утилизатор (WHB), который позволяет создать перегретый пар высокого давления (HPSH) из питательной воды под давлением (HPBFW) и перегретый пар среднего давления (MPSH) из пара 25 среднего давления (MPS).

Затем дымовые газы входят в электростатический пылеуловитель (ESP), затем в теплообменник, называемый "экономайзер", который производит перегретый пар низкого давления (LPSH) из воды низкого давления (LPBFW) и перегретую воду высокого давления (HPBFW), исходя из воды высокого давления.

30 На фигуре 1 показан также теплообменник с псевдоожиженным слоем, называемый "catcooler", который позволяет создавать пар высокого давления (HPS) из воды высокого давления(HPBFW).

Фигура 2 показывает предлагаемую изобретением систему теплообмена на дымовых газах.

35 Новый теплообменник обозначен АРН. Он позволяет осуществить предварительный нагрев воздуха для горения за компрессором (МАВ) за счет дымовых газов, отобранных между электростатическим пылеуловителем (ESP) и экономайзером (ECO). В остальном схема идентична показанной на фигуре 1.

Краткое описание изобретения

40 Настоящее изобретение заключается по существу в новом теплообмене на линии рекуперации тепла дымовых газов. Этот теплообмен происходит, с одной стороны, между дымовыми газами регенератора, отбираемыми за котлом утилизатором (по-английски называемым специалистами "waste heat boiler" и обозначаемым WHB) и перед или за электростатическим пылеуловителем (ESP), и воздухом для горения за 45 компрессором, с другой стороны. Предпочтительно, этот новый теплообмен осуществляется на дымовых газах, отбираемых между электростатическим пылеуловителем (ESP) и теплообменником, называемым экономайзером (ECO).

Этот теплообмен реализуется посредством теплообменника, который может быть

теплообменником любого типа, известного специалисту, таким как пластинчатый теплообменник, или теплообменник со структурированными трубами, или же теплообменник ротационного типа.

Температура воздуха для горения за компрессором в схемах, соответствующих 5 уровню техники, является результирующей между комнатной температурой и коэффициентом сжатия, необходимым для того, чтобы довести воздух до давления в регенераторе. Эта температура обычно лежит в интервале от 110°C до 300°C, предпочтительно от 150 до 250°C. Благодаря предлагаемому изобретением новому теплообмену воздух для горения доводится до температуры 200-350°C, предпочтительно 10 до 250°C - 300°C.

В результате этого нового теплообмена теплота, содержащаяся в дымовых газах регенератора, передается внутрь этого же регенератора посредством входящего воздуха для горения.

Таким образом, эта теплота имеет высокие термические характеристики, причем 15 температура регенератора обычно составляет примерно 700°C - 800°C.

В типичном случае относительно коксующегося сырья и, следовательно, требующего размещения внешнего теплообменника, работающего в линии ответвления катализатора, содержащегося в регенераторе, теплообменник, называемый "catcooler", используется для поддержания теплового баланса установки FCC, и этот избыток тепла отводится 20 путем получения пара высокого давления в указанном "catcooler".

"Catcooler" представляет собой теплообменник с кипящим слоем, который работает на тепле, непосредственно содержащемся в горячем катализаторе (600°C - 700°C) в ходе регенерации, и который позволяет получить пар высокого давления (HPS).

Вместо получения пара низкого давления, как в экономайзере, новая конфигурация 25 позволяет получить прибавку пара высокого давления с более высокими термическими характеристиками, чем у пара низкого давления, получаемого согласно уровню техники, и тем самым позволяет осуществить теплообмен с использованием этого пара высокого давления в качестве источника намного большего тепла, чем с паром низкого давления.

В случае мало коксующегося сырья, для которого тепловой баланс обеспечивается 30 внешним источником тепла (например, мазут для предварительного нагрева сырья), дополнительное внесение тепла благодаря новому теплообмену согласно изобретению позволяет снизить расход указанного внешнего источника тепла.

Таким образом, вместо получения пара низкого давления и расхода мазута, пар 35 низкого давления больше не производится, и снижается расход мазута. И в этом случае конфигурация согласно настоящему изобретению позволяет повысить термические характеристики образованного топливно-энергетического ресурса по сравнению со схемой интеграции согласно уровню техники.

Итак, конфигурация согласно настоящему изобретению позволяет лучше 40 использовать теплоту дымовых газов, создавая топливно-энергетический ресурс с более высокими термическими характеристиками и, тем самым, лучше подходящий для применения, чем в случае схемы, соответствующей уровню техники.

Более точно, настоящее изобретение можно рассматривать как способ 45 каталитического крекинга тяжелых фракций типа вакуумного газойля (VGO) или остатка атмосферной дистилляции, с коксовым остатком по Конрадсону от 0,1 (и даже ниже 0,1) до значений выше 0,4, предпочтительно выше 0,5, причем в способе используется установка каталитического крекинга с кипящим слоем, содержащая реакционную секцию с восходящим потоком или с нисходящим потоком, и секцию регенерации катализатора, которая состоит в сжигании кокса, осажденного на катализаторе в

реакционной секции, воздухом для горения, причем указанный способ отличается тем, что указанный воздух для горения предварительно нагревают до температуры 200-350°C, предпочтительно 250°C - 300°C путем теплообмена с дымовыми газами регенерации, отбираемыми за котлом-утилизатором и до экономайзера, причем дымовые газы, имеющиеся в этом месте, имеют температуру от 300°C до 650°C, и избыток тепла, вносимый воздухом для горения, преобразуется согласно двум возможным вариантам:

- 5 а) когда установка каталитического крекинга содержит теплообменник на регенерированном катализаторе, называемый catcooler, позволяющий генерировать пар высокого давления (НР), то избыток тепла превращается в пар высокого давления
- 10 б) (НР-пар, то есть с давлением от 45 бар до 100 бар, предпочтительно от 50 до 70 бар) на уровне внешнего теплообменника для горячего катализатора, отобранного в регенераторе, называемом "catcooler",
- 15 в) когда установка каталитического крекинга не содержит теплообменника на регенерированном катализаторе, называемого "catcooler", избыток тепла позволяет снизить расход топлива в печи предварительного нагрева указанного воздуха для горения.

Установка каталитического крекинга может работать как в режиме восходящего потока (по-английски "riser"), так и в режиме нисходящего потока (по-английски "dropper").

20 Когда установка каталитического крекинга действует в режиме восходящего потока, рабочие условия являются следующими как для случая а), так и для случая б):

- температура на выходе реактора с восходящим потоком от 520°C до 600°C,
- отношение С/О от 6 до 14, предпочтительно от 7 до 12,
- время пребывания от 1 до 10 сек, предпочтительно от 2 до 6 сек.

25 Когда установка каталитического крекинга действует в режиме нисходящего потока, рабочие условия являются следующими как для случая а), так и для случая б):

- температура на выходе реактора от 580°C до 630°C,
- отношение С/О от 15 до 40, предпочтительно от 20 до 30,
- время пребывания от 0,1 до 1 сек, предпочтительно от 0,2 до 0,7 сек.

30 Отношение С/О представляет собой отношение массового расхода катализатора, циркулирующего в установке, к массовому расходу сырья на входе в установку.

Время пребывания определяется как отношение объема реактора с восходящим потоком (м^3) к объемному расходу сырья ($\text{м}^3/\text{сек}$).

Подробное описание изобретения

35 Настоящее изобретение одинаково хорошо применимо к установкам FCC, в которых используется реактор, работающий в режиме восходящего потока (называемый по-английски "riser"), так и к установкам, в которых используется реактор, работающий в режиме нисходящего потока (называемый по-английски "downer").

40 Настоящее изобретение применимо также к установкам FCC, работающим с единственным реактором (с восходящим потоком или нисходящим потоком), и к установкам FCC, работающим с двумя реакторами.

45 Настоящее изобретение заключается в технологической схеме каталитического крекинга, позволяющей лучшее применение рекуперации тепла дымовых газов в целях максимального получения пара высокого давления и/или ограничения расхода топливно-энергетических ресурсов установки, таких, как (без ограничений) мазут, горючий газ, коксующаяся ароматическая фракция.

Настоящее изобретение можно определить как предварительный нагрев воздуха для горения за главным воздушным компрессором (МАВ) в результате теплообмена

с дымовыми газами, выходящими с регенерации, и/или с другими источниками тепла, имеющие тепловые характеристики, совместимые с теплообменом с этим воздухом для горения.

Теплота дымовых газов, выходящих из секции регенерации, или теплота других источников, как, например, дымовые газы печи колонны атмосферной дистилляции или колонны вакуумной дистилляции, передается воздуху для горения в результате обычного теплообмена на выходе воздушного компрессора.

Затем эта теплота передается на катализатор в регенераторе, так как воздух для горения и катализатор напрямую контактируют при высокой температуре (600°C - 10 800°C).

Избыток тепла, введенного благодаря предварительному нагреву воздуха для горения, можно затем использовать для образования пара высокого давления, например, через "catcooler", чтобы непрерывно обеспечивать тепловой баланс установки. Наконец, предварительный нагрев воздуха для горения, описанный в настоящем изобретении, позволяет производить больше пара высокого давления по сравнению с обычной 15 схемой интеграции дымовых газов. Это лучше выявляется при рассмотрении следующих сравнительных примеров (примеры 1 и 2 и примеры 3 и 4).

Как пояснялось выше, поскольку искомый пар является паром высокого давления с высокими термическими характеристиками, то дымовые газы, выходящие из 20 генератора, будут по максимуму служить для получения пара высокого давления путем теплообмена с водой или паром среднего давления.

Когда термические характеристики дымовых газов не позволяют больше создавать пар высокого давления, теплообмен будет происходить с воздухом для горения. Наконец, после обмена с воздухом для горения остаточная теплота дымовых газов с 25 низкими термическими характеристиками служит на последнем этапе для создания пара низкого давления.

Отсутствие точной локализации этой серии обмена теплом между дымовыми газами регенератора и воздухом для горения не позволяет наилучшим образом оптимизировать полную выработку пара высокого давления и, следовательно, наилучшим образом 30 оптимизировать экономическую эффективность способа.

Предварительный нагрев воздуха до компрессора не представляет интереса, если объемный расход на всосе этого оборудования будет значительно увеличиваться, следствием чего будет не только увеличение стоимости компрессора, но прежде всего 35 увеличение расхода соответствующего топливного ресурса, приводящее в действие этот компрессор (электричество, пар высокого давления и т.д.), что ограничивает и даже полностью сводит к нулю ожидаемый выигрыш в энергии. Добавление предварительного нагрева воздуха за компрессором также будет влиять на гидравлику схемы, но это влияние остается слишком слабым, чтобы наблюдался выигрыш энергии.

Дополнительное внесение тепла через дымовые газы может также позволить в 40 некоторой степени уменьшить предварительный нагрев сырья, реализуемый чаще всего в печи, работающей на мазуте или на природном газе, что позволяет как сократить топливные ресурсы, так и улучшить экономическую эффективность способа.

Предлагаемая настоящим изобретением схема может также применяться в случае установки каталитического крекинга, тепловой баланс которой не может быть обеспечен 45 только теплообменом между зоной регенерации и реакционной зоной. В этом случае теплообмен, происходящий между дымовыми газами и воздухом для горения в регенераторе, позволяет сэкономить на применяемом источнике тепла, чтобы свести тепловой баланс и, тем самым, улучшить совокупную экономическую эффективность

установки.

Источником сэкономленного тепла может быть, без ограничений:

- горючий газ или мазут в случае, когда достижение теплового баланса обеспечивается усиленным предварительным нагревом сырья,

5 - дополнительная фракция, обогащенная ароматическими соединениями, вводимая в отпарную колонну или в дополнительный резервуар отпарной колонны, как описано, например, в патенте US 2013/8551324,

- факельное масло или фракция с высоким потенциалом коксования, обычно вводимая в регенератор, чтобы избежать, таким образом, описанных выше явлений дожигания 10 и деградации катализатора.

Сравнительные примеры

Чтобы проиллюстрировать ожидаемый эффект от настоящего изобретения, авторы рассмотрели первый пример, называемый "базовый вариант установки, работающей при избытке кокса", который соответствует установке каталитического крекинга (FCC), 15 обрабатывающей сырье, производящее больше кокса, чем требуется для теплового баланса. Соответствующий избыток тепла отводится через catcooler, чтобы получить пар высокого давления.

В этом базовом варианте термическая интеграция дымовых газов соответствует обычной схеме.

20 Рассматриваемый пример 2 соответствует той же установке, но на этот раз с термической интеграцией дымовых газов, что соответствует воплощению настоящего изобретения.

Пример 3, называемый "базовый вариант установки, работающей в режиме недостатка кокса", иллюстрирует эталонный вариант установки FCC, рабочие условия 25 в которой не позволяют обеспечить тепловой баланс.

Тепловой баланс в данном случае достигается дополнительным предварительным нагревом сырья в печи, работающей на мазуте. В примере 3 тепловая интеграция дымовых газов осуществляется по традиционной схеме, так что установка, конечно, не включает в себя catcooler.

30 Пример 4 воспроизводит пример 3, но с применением изобретения.

Во всех примерах условия по давлению и температуре у разных образованных паров следующие:

	Изб. давление, бар	Температура °C
Пар высокого давления	44,9	385
Пар среднего давления	21,8	290
Пар низкого давления	4,0	230

Пример 1 (согласно уровню техники): базовый вариант установки, работающей в режиме избытка кокса

40 В рассматриваемом примере дымовые газы поступают при температуре 675°C перед котлом-utiлизатором при массовом расходе 295 тонн в час и последовательно направляются на:

1 - установку генерации пара, называемую котлом-utiлизатором, позволяющую создавать пар высокого и среднего давления. С этого этапа дымовые газы выходят при температуре 340°C;

45 2 - электроосадитель, чтобы очистить пар от пыли;

3 - экономайзер 1, который позволяет создать пар низкого давления и предварительно нагреть воду. К концу этого этапа температура дымовых газов изменяется с 340°C до 200°C, чтобы сохранить минимальные термические характеристики, требуемые на

позднейших этапах удаления NOx и SOx;

4 - установки удаления SOx, NOx, которые не влияют на термические характеристики дымовых газов;

5 - экономайзер 2, чтобы предварительно нагреть воду, из которой будет образован

пар высокого давления в котле-утилизаторе.

В конце этих разных этапов дымовые газы выходят при температуре 180°C, имея следующие характеристики:

- $\text{SO}_2 < 10-20 \text{ мг/Нм}^3$

10 - $\text{NO}_2 < 15 \text{ мг/Нм}^3$

- $\text{NO}_x < 200 \text{ мг/Нм}^3$

- содержание мелочи $< 10 \text{ мг/Нм}^3$

15 В этой обычной конфигурации пар высокого, среднего и низкого давления генерируется в следующих пропорциях:

т/ч	Котел-утилизатор	Экономайзеры 1-2	Catcooler
Пар высокого давления	86,8	0	основа
Пар среднего давления	6,2	0	0
Пар низкого давления	0	17,8	0

20 Пар высокого давления, образованный в catcooler, соответствует количеству тепла, которое нужно отвести из регенератора, чтобы прийти к тепловому балансу установки.

Пример 2 (согласно изобретению): Применение изобретения в случае установки, работающей в режиме избытка кокса

25 Этот пример соответствует описанной в тексте конфигурации согласно изобретению с применением предварительного нагрева воздуха для горения за электроосадителем.

В этом последнем случае дымовые газы выходят после всех стадий постобработки также при 180°C с такими же концентрациями NOx, SOx и содержанием мелочи, что и в предыдущем случае.

30 Следовательно, схема согласно изобретению совсем не влияет на рабочие характеристики дополнительных обработок, что позволяет соответствовать правовым нормам в отношении дымовых газов для выпуска их в атмосферу.

В схеме согласно изобретению полученный пар распределяется следующим образом:

т/ч	Котел-утилизатор тепла отходящих газов	Экономайзеры 1-2	"Catcooler"
Пар высокого давления	86,8	0	основа + 6,8
Пар среднего давления	6,2	0	0
Пар низкого давления	0	10,5	0

40 Согласно настоящему изобретению, получается 6,8 дополнительных тонн пара высокого давления в результате передачи 5 МВт с дымовыми газами на регенератор, учитывая потерю давления, связанную с наличием этого нового теплообменника воздух-дымовые газы. Эти 5 МВт превращаются затем в пар высокого давления в catcooler, чтобы сохранить тепловой баланс установки.

45 Другими словами, "catcooler" не только извлекает тепло, позволяющее обеспечить тепловой баланс установки FCC, но также дает дополнительное количество пара высокого давления (6,8 т/ч).

Таким образом, схема согласно изобретению позволяет опосредованно превратить мало пригодный пар низкого давления в пар высокого давления, имеющий высокую

добавленную стоимость в том смысле, что этот пар высокого давления имеет термические характеристики, позволяющие ему быть источником тепла для более широкого диапазона технологических потоков, чем пар низкого давления.

В целом, схема согласно настоящему изобретению позволяет улучшить

5 экономическую эффективность способа. Так как рабочие условия в реакторе не изменились, выходы и селективности по продуктам остаются теми же.

Пример 3 (согласно уровню техники): базовый вариант установки, работающей в режиме недостатка кокса

В этом примере установка функционирует в рабочих условиях, которые не позволяют

10 обеспечить тепловой баланс системы. В этом случае тепловой баланс обеспечивают повышая температуру предварительного нагрева сырья в печи за счет потребления мазута.

15 В этой конфигурации никакой catcooler не требуется, если только предварительный нагрев сырья обеспечивается расходом минимума мазута в печи предварительного нагрева, чтобы соблюсти тепловой баланс.

В этих условиях дымовые газы входят в котел-утилизатор на этот раз при 650°C и расходе 230 тонн в час.

20 Температура и расход являются более низкими, чем в примере 1, так как в регенераторе сжигается меньшее количество кокса.

В этом примере 3 дымовые газы подвергаются тем же стадиям дополнительной обработки, что и в примере 1.

В результате образуется пар высокого, среднего и низкого давления в следующих пропорциях:

25	т/ч	Котел-утилизатор	Экономайзер 1 и 2
	Пар высокого давления	71,1	
	Пар среднего давления	6,2	
	Пар низкого давления	0	15,3

30 Пример 4 (согласно изобретению): Применение усовершенствования в случае установки, работающей в режиме недостатка кокса

В этом примере применяется интеграция дымовых газов согласно изобретению.

И на этот раз дымовые газы выходят с дополнительной обработкой в тех же условиях по температуре и составу, что и в примере 3.

Благодаря предварительному нагреву воздуха для горения, на регенератор передается 35 4,5 МВт, что позволяет снизить потребление мазута на 395 кг/ч, причем с учетом дополнительной потери нагрузки, связанной с присутствием нового теплообменника воздух-дымовые газы.

Полученный пар распределяется следующим образом:

40	т/ч	Котел-утилизатор тепла отходящих газов	Экономайзер 1 и 2
	Пар высокого давления	71,1	
	Пар среднего давления	6,2	
	Пар низкого давления	0	8,8

В этом случае схема согласно изобретению косвенно позволила заменить 395 кг/ч 45 мазута 6,5 т/ч пара низкого давления, который нельзя было использовать напрямую для предварительного нагрева сырья ввиду его низких термических характеристик.

Таким образом, схема согласно изобретению позволяет лучше использовать теплоту дымовых газов, позволяя в результате улучшить экономическую эффективность способа.

Поскольку, как и в примере 2, рабочие условия в реакторе (с восходящим или с нисходящим потоком) поддерживаются идентичными, указанное техническое усовершенствование никоим образом не влияет на выход и селективность по образованным продуктам.

5 Эти примеры иллюстрируют, каким образом схема согласно изобретению позволяет передавать тепло с низким термическим уровнем на более высокий термический уровень, позволяя в результате улучшить экономическую эффективность способа.

(57) Формула изобретения

10 1. Способ каталитического крекинга тяжелых углеводородных фракций типа VGO или остатка атмосферной дистилляции, с использованием установки каталитического крекинга с кипящим слоем, содержащую реакционную секцию,ирующую в режиме восходящего или нисходящего потока, и секцию регенерации катализатора,

15 которая осуществляет сжигание кокса, осажденного на катализатор в реакционной секции, с помощью воздуха для горения, предварительно сжатого путем использования компрессора МАВ (main air blower), при этом в указанной секции регенерации генерируют дымовые газы регенератора, которые осуществляют теплообмен в котле-utiлизаторе (weast heat boiler, или WHB) перед вводом в электростатический пылеуловитель (ESP), затем в экономайзер (ECO),

20 причем в указанном способе применяется, кроме того, теплообменник, позволяющий создавать пар высокого давления (НР) благодаря теплу, вносимому регенерируемым катализатором, этот теплообменник называется "catcooler" (охладитель катализатора), причем способ отличается тем, что указанный воздух для горения предварительно нагревают ниже компрессора МАВ до температуры 200-350°C, предпочтительно до 250-200°C, в теплообменнике АРН с дымовыми газами с регенерации, расположенным ниже котла-utiлизатора WHB и выше экономайзера (ECO), причем температура отбираемых в этом месте дымовых газов составляет от 300 до 650°C, причем избыток тепла, вносимый воздухом для горения, превращается в пар высокого давления (от 45 до 100 бар, предпочтительно от 50 до 70 бар) на уровне внешнего теплообменника (catcooler) на горячем катализаторе, отбираемом в регенераторе.

25 2. Способ каталитического крекинга углеводородных фракций по п.1, в котором установка каталитического крекинга функционирует в режиме восходящего потока в следующих рабочих условиях:

- 35 - температура на выходе реактора от 520 до 600°C,
- отношение С/О от 6 до 14, предпочтительно от 7 до 12,
- время пребывания от 1 до 10 с, предпочтительно от 2 до 6 с.

30 3. Способ каталитического крекинга углеводородных фракций по п.1, в котором установка каталитического крекинга функционирует в режиме с нисходящим потоком в следующих рабочих условиях:

- 40 - температура на выходе реактора от 580 до 630°C,
- отношение С/О от 15 до 40, предпочтительно от 20 до 30,
- время пребывания от 0,1 до 1 с, предпочтительно от 0,2 до 0,7 с.

45 4. Способ каталитического крекинга углеводородных фракций типа VGO или остатка атмосферной дистилляции, в котором используется установка каталитического крекинга с кипящим слоем, содержащая реакционную секцию,ирующую в режиме восходящего или нисходящего потока, и секцию регенерации катализатора, в которой осуществляют сжигание кокса, осажденного на катализатор в реакционной секции, с помощью воздуха для горения, предварительно сжатого путем использования компрессора МАВ (main

air blower), при этом в указанной секции регенерации генерируют дымовые газы регенератора, которые осуществляют теплообмен в котле-утилизаторе (weast heat boiler, или WHB) перед вводом в электростатический пылеуловитель (ESP), затем в экономайзер (ECO),

- 5* причем в указанном способе не используется теплообменник типа "catcooler", и указанный способ отличается тем, что воздух для горения предварительно нагревают ниже компрессора МАВ до температуры 200°C - 350°C, предпочтительно до 250°C - 300°C, в теплообменнике АРН с дымовыми газами регенерации, расположенному ниже котла-утилизатора WHB и выше экономайзера (ECO), причем температура отбираемых
- 10* в этом месте дымовых газов составляет от 300 до 650°C, и избыток тепла, вносимый воздухом для горения, позволяет снизить расход топлива в печи предварительного нагрева указанного воздуха для горения.

5. Способ каталитического крекинга углеводородных фракций по п.4, в котором установка каталитического крекинга функционирует в режиме восходящего потока в

- 15* следующих рабочих условиях:

- температура на выходе реактора от 520 до 600°C,
- отношение С/О от 6 до 14, предпочтительно от 7 до 12,
- время пребывания от 1 до 10 с, предпочтительно от 2 до 6 с.

6. Способ каталитического крекинга углеводородных фракций по п.4, в котором установка каталитического крекинга функционирует в режиме с нисходящим потоком в

- 20* следующих рабочих условиях:

- температура на выходе реактора от 580 до 630°C,
- отношение С/О от 15 до 40, предпочтительно от 20 до 30,
- время пребывания от 0,1 до 1 с, предпочтительно от 0,2 до 0,7 с.

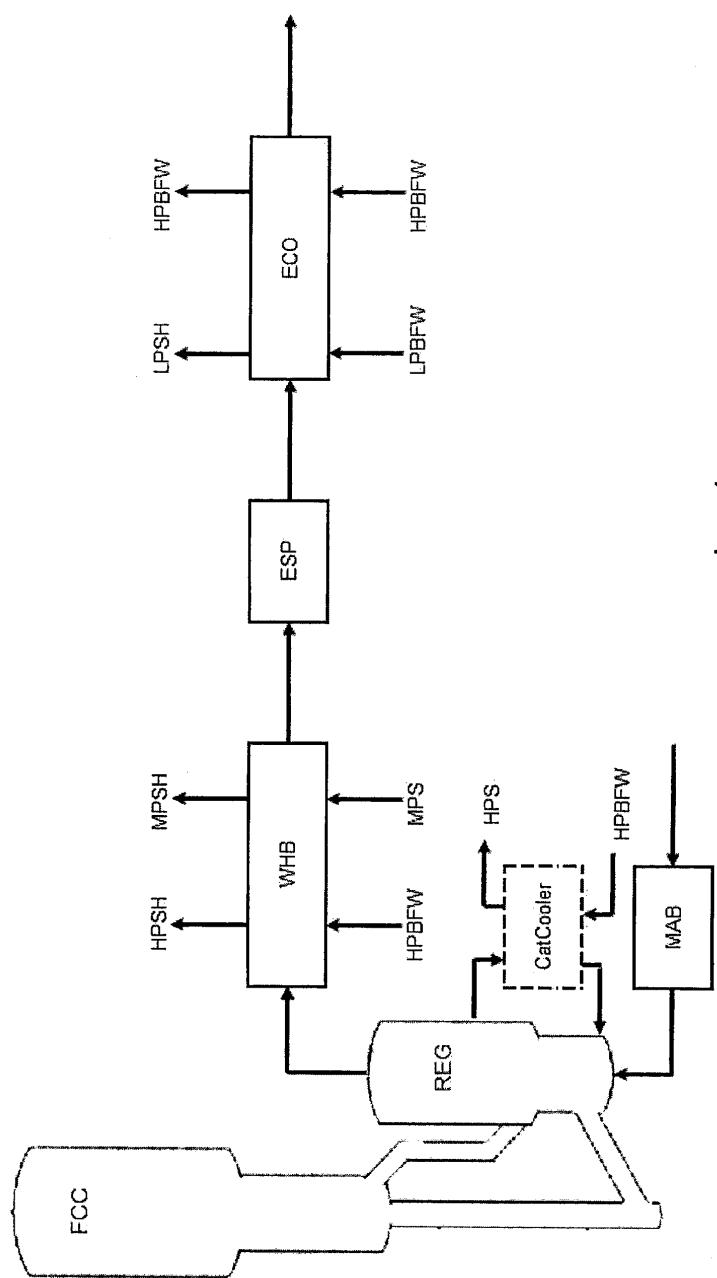
25

30

35

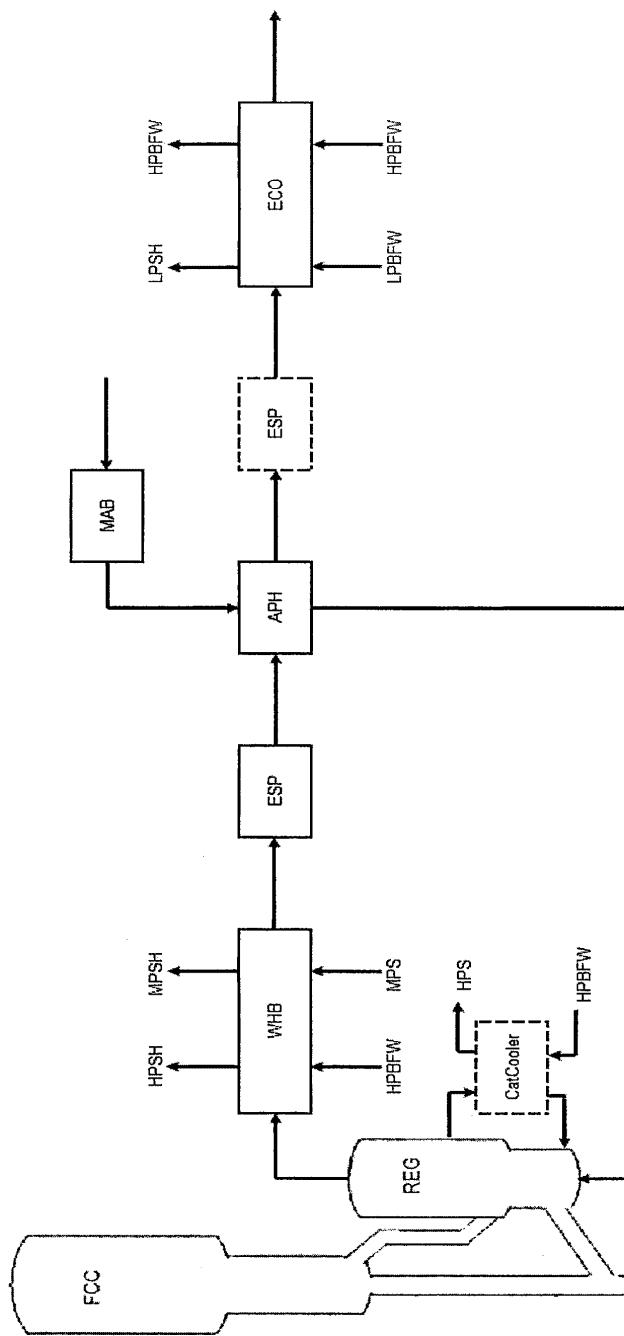
40

45



ФИГ.1

2/2



ФИГ.2