

Пример выполнения контрольной работы

ВВЕДЕНИЕ

Нефтяной кокс - углеродный продукт нефтепереработки - получают на НПЗ путем коксования различных нефтяных остатков. Процесс коксования один из важных и рентабельных процессов углубления переработки нефти, обеспечивающий получение (наряду с коксом) дополнительных дистиллятных продуктов. Процесс прокаливания полученных коксов является существенным его дополнением, так как позволяет квалифицированно применять эти коксы. Прокаливание значительно увеличивает их потребительскую стоимость и, соответственно повышает эффективность всего коксового производства.

Использование более тяжелой сернистой нефти в сочетании с необходимостью обеспечения спроса на светлые нефтепродукты (моторные топлива) и углубления переработки нефти обуславливают приоритетность выбора замедленного коксования многими нефтепереработчиками как сравнительно простого и дешевого процесса переработки остаточного сырья в широком диапазоне — от мазутов до тяжелых гудронов и асфальтов. На замедленное коксование приходится примерно 33 % от мировых установленных мощностей по облагораживанию остатков; при этом около 50 % мощностей (~ 100 млн.т/год) сосредоточено в США. В настоящее время главным производителем как сырого, так и прокаленного кокса являются США, где сосредоточено более 60% мировых мощностей по прокаливанию кокса и производится около 80% всего объема кокса в мире [1].

Рост мировых мощностей замедленного коксования сопровождается увеличением выработки нефтяного кокса, на который приходится заметная доля в объеме мировой торговли. При этом происходит повышение спроса как на высококачественные нефтяные коксы с ограниченным содержанием серы в важнейших областях применения — в алюминиевой промышленности и при изготовлении графитированных электродов для электросталеплавильных печей, так и на сернистые коксы в качестве экономичного топлива, альтернативного углю (в настоящее время уже несколько зарубежных электростанций работают полностью на нефтяном коксе, и на стадии рассмотрения находится значительное число аналогичных проектов) [2].

В связи с дальнейшим углублением переработки нефти поиск путей совершенствования процесса замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков является актуальным, так как именно этот процесс позволяет получать в больших количествах светлые дистилляты из остаточного сырья, а также не менее ценный продукт – кокс [4].

1 ОБЗОР И АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ И ПАТЕНТНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Замедленное коксование – коксование в необогреваемых камерах. Данный процесс используется для получения из тяжелых остатков нефти нефтяного кокса и широкой жидкой фракции (бензин, керосин, газойль).

Коксование тяжелых нефтяных остатков можно рассматривать как форму глубокого термического крекинга протекающий только под действием температуры, без применения катализатора и водорода. Таким образом, это наиболее простой и самый недорогой способ облагораживания тяжёлой нефти и нефтяных остатков. Процесс замедленного коксования является непрерывным по подаче сырья на коксование и по выходу газообразных и дистиллятных продуктов, но периодическим по выгрузке кокса из реакторов.

Сущность процесса заключается в том, что предварительно нагретое до высокой температуры (470-520 °С) сырье закачивается в необогреваемые изолированные снаружи реакторы. Продукты разложения из верхней части реактора отводятся на конденсацию и ректификацию, в камере накапливается тяжелый жидкий продукт. При достижении пороговой концентрации асфальтенов начинается коксообразование. Время нахождения жидкой и газовой фаз в реакторе различно. Газовая фаза при температуре коксования быстро покидает реактор, а жидкая фаза находится в реакторе до полного превращения в кокс.

Сырьем процесса замедленного коксования является гудрон установок первичной переработки нефти. Эти тяжелые остатки представляют собой смесь высокомолекулярных углеводородов и соединений, содержащих кроме углерода и водорода еще и серу, кислород, азот, и в небольших количествах металлы - ванадий, никель, кобальт, железо[5].

Нефтяные коксы применяются в качестве восстановителя и проводника электрического тока, а также в качестве твердого топлива в перерабатывающих отраслях промышленности и в паровых котлах.

На выход и качество продуктов заметное влияние оказывают режимные параметры процесса. При ведении процесса замедленного коксования поддерживаются следующие условия: избыточное давление наверху камеры $1,5-4 \text{ кгс/см}^2$ (0,15-0,4 МПа), температура вторичного сырья на выходе из печи 495-510 °С, коэффициент рециркуляции 1,2-1,8, температура на входе в камеру 470-490 °С [7].

Качество продуктов замедленного коксования напрямую связано с качеством сырья, поступающим на установку. Контроль качества сырья ведется таким образом, чтобы данный состав сырья позволял получать необходимое количество светлых продуктов и необходимый вид кокса. На предприятии эта проблема решается путем получения смеси из нескольких компонентов, получаемых на других установках. Вовлечение в сырье асфальта увеличивает выход кокса [7].

Наиболее предпочтительный компонент для получения кокса высокого качества – это дистиллятные крекинг-остатки (ДКО). Лучшим сырьем для установки является смесь ДКО, остаточного и гудрона с установки АВТ в соотношении 70:30. На установке качество сырья повышают путем получения вторичного сырья, с лучшими характеристиками для получения кокса и большего выхода дистиллятов [8].

В литературном источнике приводится способ, включающий приготовление исходного первичного сырья из нефтяных остатков, содержащих 5-15% асфальта, и светлой фракции жидких продуктов, причем количество последней составляет 10 – 20%. Введение в состав сырья для коксования светлой фракции жидких продуктов

коксования позволяет увеличить выход кокса и избежать закоксовывания реакционных змеевиков печи [9].

В работе приведены исследования по применению сырья многокомпонентного состава с целью уменьшения содержания серы в коксе [10, 11].

Ангарской нефтяной компанией был запатентован состав сырья гудрон и тяжелый каталитический газойль в соотношении (0,6-0,4): (0,4-0,6). Проводят замедленное коксование полученной смеси. По мере коксования доводят плотность смеси до не менее $0,989 \text{ г/см}^3$ с получением тяжелого коксового газойля. 30-70% тяжелого каталитического газойля в исходной сырьевой смеси заменяют на тяжелый коксовый газойль. Проводят коксование полученной смеси. Малосернистый электродный кокс содержит 5,9-6,5 масс. % летучих, 0,0129-0,0150 масс. % ванадия, не более 1,5 масс. % серы [12].

Известен способ получения нефтяного кокса, который включает коксование гудрона на первом потоке с получением рядового сернистого кокса и тяжелого газойля замедленного коксования гудрона. Далее тяжелый газойль замедленного коксования, выделенный на первом потоке, смешивают с тяжелой смолой пиролиза и тяжелым газойлем каталитического крекинга в соотношении, мас. %: (60-65):(15-20): (15-20) и полученную смесь коксуют на втором потоке с получением целевого малосернистого кокса. Способ позволяет получить малосернистый кокс из сернистого сырья и вторичных нефтяных остатков по упрощенной схеме [13].

Существуют различные варианты улучшения качества получаемого кокса.

Например, способ, который включает подачу рециркулята в сырье, нагрев полученной смеси в трубчатом печи, коксование ее в реакторе установки замедленного коксования. При этом для повышения качества кокса, увеличения выхода крупнокускового кокса, снижения удельных энергозатрат, увеличения межремонтного пробега установки в рециркулят и/или в смесь сырья с рециркулятом предварительно вводят воздух в количестве 2 - 9 масс.% на сырье [14].

Также проводятся исследования по коксованию различных нефтяных остатков и их смесей в присутствии водорода [15, 16].

Реакторы являются основными аппаратами установок замедленного коксования (УЗК). В них происходит формирование и накопление нефтяного кокса — целевого продукта процесса, и, следовательно, правильно сконструированный аппарат определяет технико-экономические показатели работы установки в целом. Опыт эксплуатации показывает, что высота реакторов порядка 30 м является предельной, так как при большей высоте возникают трудности в работе оборудования по выгрузке кокса, связанные со значительным поперечным отклонением резака внутри реактора, разбалансировкой штанги и системы полиспадов, вибрацией буровых металлоконструкций. Следовательно, объем реакторов необходимо повышать за счет увеличения диаметра. Отношение высоты реактора к его диаметру целесообразно иметь в пределах 3,5-4,0. Современная тенденция увеличения диаметров реакторов, а, следовательно, и мощностей УЗК объясняется сокращением удельных капитальных и эксплуатационных затрат. Так,

затраты на строительство УЗК с двумя реакторами диаметром 7 м на 30-40% меньше, чем установки той же мощности с четырьмя реакторами диаметром 4,6-5,5 м. [17]

Увеличение диаметра реактора положительно влияет на температурное поле коксовой камеры (оно становится более однородным). Увеличивается выход однородного крупнокускового кокса, с высокой механической прочностью – 19 МПа и, соответственно с пониженным содержанием летучих веществ – около 5% [18,19].

В литературном источнике приводится сравнение реакторов с аксиальным и радиальным вводом сырья [20].

Появляются также новые конструктивные оформления узла ввода сырья. Например, в устройстве ввода сырья в реактор для получения нефтяного кокса, включающем крышку, по центру которой подсоединена труба с установленным внутри патрубком, последний выполнен в виде конической вставки с возможностью осевого перемещения, а труба имеет форму раструба.

Выполнение трубы в виде раструба (расходящегося конуса) позволит за счет создания высокой кинетической энергии распространения водяного пара в массиве получившегося кокса произвести эффективное удаление летучих веществ, что также повысит однородность его качества. Промежуточное расположение конической вставки в раструбе при подаче воды позволит эффективно распределить водяной поток по высоте охлаждаемого коксового пирога, что обеспечит равномерность охлаждения стенок реактора [21].

Запатентован реактор, в который состоит из цилиндрического корпуса с патрубками ввода вторичного сырья и вывода парогазовых продуктов коксования, в верхней части которого установлен циклон, внутрикольцевое пространство которого сообщено с патрубком вывода парогазовых продуктов, а нижняя часть циклона связана с полостью реактора, при этом циклон оснащен патрубком для ввода охлаждающей струи. Использование такого реактора позволяет упростить технологию получения кокса, увеличить продолжительность работы печи нагрева вторичного сырья[22].

В процессе замедленного коксования образуется большое количество сточных вод, загрязненные нефтепродуктами, что отрицательно сказывается на экологической обстановке и ведет к потере светлых нефтепродуктов [23, 24].

ГУП ИНХП совместно с ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» разработал установку улавливания углеводородов, включающую локальную очистку всех сточных вод УЗК. В концепции разработки заложены возврат уловленного нефтепродукта в ловушечный продукт, отвод коксовой мелочи в накопитель (товарный кокс), совмещенный с фильтром-отстойником, а очищенной воды – на заводские очистные сооружения или на собственные нужды [25].

Существует способ улавливания вредных выбросов из реакторов коксования, который включает предварительное разделение продуктов прогрева реакторов, пропарки и охлаждения кокса в дополнительной ректификационной колонне с выделением промежуточных фракций, направляемых в основную ректификационную колонну, водяного конденсата и газа. При этом на разделение в

дополнительную ректификационную колонну направляют продукты прогрева с температурой потока ниже 240°C и продукты пропарки и охлаждения с температурой потока 150-240°C, а в качестве промежуточных выводят фракции н.к. меньше 180°C, 110-180°C и больше 180°C. Продукты с температурой потока выше 240°C можно направлять непосредственно в основную ректификационную колонну, а продукты с температурой потока ниже 150°C - в сепаратор. Разделение в сепараторе предпочтительно проводить при температуре 80-140°C и времени пребывания 1-3 час. Способ позволяет повысить качество разделения уловленных вредных выбросов, в частности уменьшить содержание нефтепродуктов в водном конденсате, снизить потери нефтепродуктов и повысить эффективность процесса улавливания, а также улучшить экологические показатели процесса замедленного коксования [26].

Способ переработки ловушечного нефтепродукта установки замедленного коксования, который заключается в термоотстаивании воды в емкости-отстойнике и переработке обезвоженного ловушечного нефтепродукта на установке дистилляции. Ловушечный нефтепродукт установки замедленного коксования, образующийся на стадии прогрева коксовых камер, направляют в первую емкость-отстойник, где отстаивают от воды, затем направляют на смешение с сырьем коксования. Ловушечный нефтепродукт, образующийся на стадии пропарки кокса в коксовых камерах, направляют во вторую емкость-отстойник, где смешивают с легкой углеводородной фракцией, отстаивают от воды и направляют на смешение с сырьем коксования, либо на смешение с тяжелыми нефтяными остатками для получения топочного мазута. Технический результат изобретения заключается в снижении количества ловушечного нефтепродукта, образующегося на УЗК, увеличении выхода светлых продуктов (бензин, дизельная фракция) на УЗК, снижении затрат на транспортировку и переработку ловушечного нефтепродукта, снижении коррозионно-эрозионного износа оборудования при транспортировке и переработке ловушечного нефтепродукта. Осуществление предложенного способа позволяет сократить объем ловушечного нефтепродукта УЗК на 70-80%, увеличить выход светлых нефтепродуктов на УЗК на 1,5% [27].

Одной из важных проблем процесса является низкий выход и качество светлых нефтепродуктов [28].

Известен способ, позволяющий увеличить выход целевых продуктов (светлых нефтепродуктов, нефтяного кокса и газообразных продуктов) при переработке нефтяных остатков и улучшить качества светлых нефтепродуктов по показателям "массовая доля серы" и "октановое число" бензина. Он основан на том, что состав сырья содержит тяжелую пиролизную смолу (2-20 масс. %), тяжелый газойль каталитического крекинга (2-20 масс. %) и остальное – гудрон [29].

Сотрудниками ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез» запатентован способ замедленного коксования, который включает нагрев сырья, коксование его в коксовой камере с отводом парогазовых продуктов и разделением их на фракции в ректификационной колонне, охлаждение и разделение полученной газожидкостной смеси с выделением газа, бензина и воды, слив водного конденсата, смешение бензина и газа и последующее их разделение и переработка с получением газа коксования и бензина коксования. Смешение газа и бензина проводят в

газожидкостном контакторе путем тангенциальной подачи потока сжатого газа, предварительно очищенного от жидкой капельной фазы, в распыленный форсункой бензин. Форсунка распыла бензина выполнена в виде перфорированной трубы, снабженной на конце диском-отбойником, и установлена по оси газожидкостного контактора. Такое выполнение газожидкостного контактора позволяет осуществлять контактирование распыленной жидкости и тангенциально направленного потока сжатого газа в кольцевом пространстве на всей его глубине и создать высокую скорость удара образуемого газожидкостного потока об диск-отбойник, что обеспечивает высокую эффективность тепломассообмена смешиваемых сред, эффективное отделение бензина от водного конденсата и газа при повторном охлаждении и отстое и, как следствие, приводит к увеличению выхода бензина коксования с одновременным улучшением качества газа коксования [30].

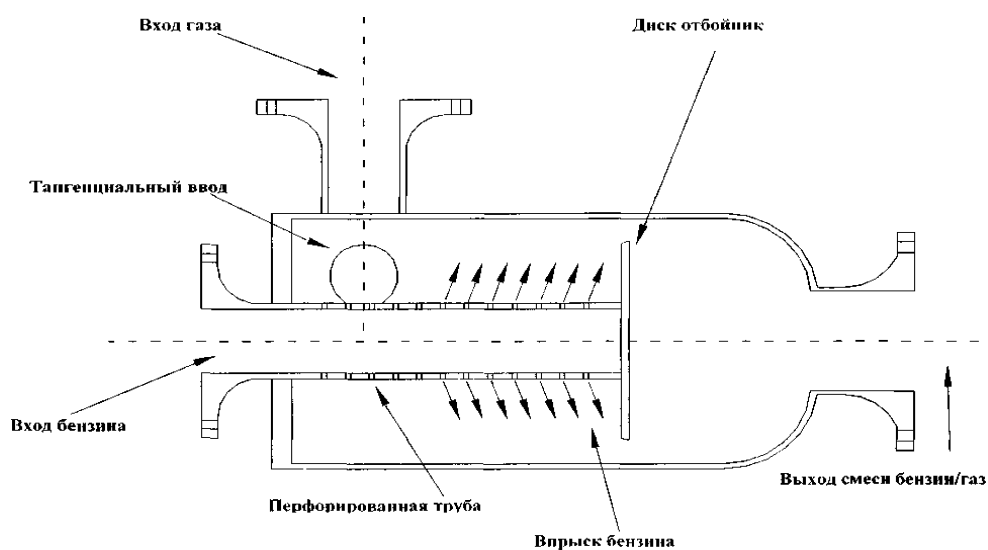


Рисунок 1 – Контактёр бензина и газа

Надо отметить, что продолжительность цикла коксования достаточно длительная и может достигать в зависимости от сырья до 60 часов [31, 32].

Для того, чтобы уменьшить его длительность используют способ получения нефтяного кокса, который состоит из стадии коксования в реакторе с получением дробьевидного кокса и стадии подготовки реактора к следующему циклу коксования, включающей пропаривание кокса в реакторе, выгрузку кокса из реактора в подреакторный бункер, удаление воды, опрессовку реактора водяным паром. Стадию коксования проводят при температуре 505 - 530°C в течение 6-8 часов и под давлением не более 0,2 МПа. Особенностью стадии подготовки является выгрузка кокса после его пропаривания при температуре 390 - 420°C и под давлением водяного пара или инертного газа не менее 0,1 МПа в подреакторный бункер, установленный герметично по отношению к реактору, причем охлаждение кокса водой проводят в подреакторном бункере [33].

В работе описан способ, позволяющий также снизить время цикла установки для замедленного коксования за счет нагрева до начала заполнения коксового барабана исходным горячим коксующимся материалом участка его внешней поверхности, расположенного рядом с местом крепления обечайки барабана к

выполненной в виде юбки его несущей подставке. Такой нагрев внешней поверхности барабана позволяет уменьшить тепловые напряжения, возникающие в сварных швах, которыми к барабану приварена его подставка [34].

Существует аппарат подготовки нефтяного сырья, который включает цилиндрический корпус с патрубками загрузки исходной сырьевой смеси и разгрузки продуктов разделения. На корпусе дополнительно размещены патрубки ввода сырьевой смеси, установленные тангенциально с возможностью ввода по часовой стрелке и патрубки вывода, установленные перпендикулярно оси корпуса с возможностью вывода сырьевой смеси из центральной части корпуса. Данный аппарат увеличивает однородность подготовленного сырья для загрузки змеевика печи [35].

Температура процесса замедленного коксования непосредственно зависит от того, как эффективно оно нагревается в печи. Тепловой режим печи должен быть таким, чтобы обеспечивался интенсивный обогрев труб и нагрев сырья в возможно более короткий срок. То есть большое значение имеет конструкция печи и ее производительность [36].

Особо актуальным является решение проблем, связанных с повышением эффективности использования основного наиболее дорогостоящего оборудования установок замедленного коксования за счёт увеличения межремонтных пробегов, реконструкции, ведения процесса коксования в оптимальном режиме в зависимости от качества поступающего сырья.

Таблица 1.1 – Патентная документация, отобранная для последующего анализа

Предмет поиска (объект и его составные части)	Страна	Индексы МПК	Глубина поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа	Источник	Заявитель с указанием страны, № заявки, дата приоритета, дата опубликования.	Сущность заявляемого технического решения и цели его создания
Продолжение таблицы 1.1							
Интенсификация процесса замедленного коксования	Россия	C10B55/00 (2006.01) C10B57/16 (2006.01)		Россия Пат. № 2282656	http://www.fips.ru	Жуков В.Ю., Якунин В.И., Крылов В.А., Головнин А.А., №2005118132/04 Заявл. 2005.06.10 Опубл. 2006.08.27	Способ коксования нефтяного сырья включает нагрев сырья, коксование его в коксовой камере с отводом парогазовых продуктов и разделением их на фракции в ректификационной колонне, охлаждение и разделение полученной газожидкостной смеси с выделением газа, бензина и воды, слив водного конденсата, смешение бензина и газа и последующее их разделение и переработка с получением газа коксования и бензина коксования. Смешение газа и бензина проводят в газожидкостном контакторе путем тангенциальной подачи потока сжатого газа предварительно очищенного от жидкой капельной фазы в распыленный форсункой бензин. Форсунка распыла бензина выполнена в виде перфорированной трубы, снабженной на конце диском- отбойником, и установлена по оси газожидкостного контактора. Изобретение позволяет увеличить выход бензина коксования и повысить качество газа коксования.
Интенсификация процесса	Россия	C02F9/02 (2006.01)		Россия Пат. № 2293066	http://www.fips.ru	Кузора И.Е., Кукс И.В., Ёлшин А.И.,	Способ переработки ловушечного нефтепродукта установки

замедленного коксования		C02F 9/10 (2006.01) C02F 11/00 (2006.01) C02F 11/18 (2006.01)				Кривых В.А., Юшинов А.И., Крашук С.Г., Узлова М.Ю. №2005129816/04 Заявл. 2005.09.26 Опубл. 2007.02.10	замедленного коксования заключается в термоотстаивании воды в емкости-отстойнике и вовлечении обезвоженного ловушечного нефтепродукта в сырье коксования. Осуществление предложенного способа позволяет сократить объем ловушечного нефтепродукта УЗК на 70-80%, увеличить выход светлых нефтепродуктов на УЗК на 1,5%.
Интенсификация процесса замедленного коксования	Россия				Журнал «Мир нефтепродуктов» №5, 2007.	Глаголева О.Ф	Увеличение диаметра коксовой камеры до 7 метров положительно сказывается на однородности температурного поля, что позволяет увеличить выход крупнокускового высокопрочного кокса и интенсифицировать отгон легких нефтепродуктов.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

2.1 Химическая схема производства

Если нефть или её продукты нагреть до высокой температуры (выше 350°C), то углеводороды входящие в их состав, претерпевают химические превращения. В результате образуются новые продукты (газообразные, жидкие и твёрдые), которых в исходном сырье не было. Так при коксовании гудрона можно получить газ, бензин, керосино-газойлевую фракцию, кокс.

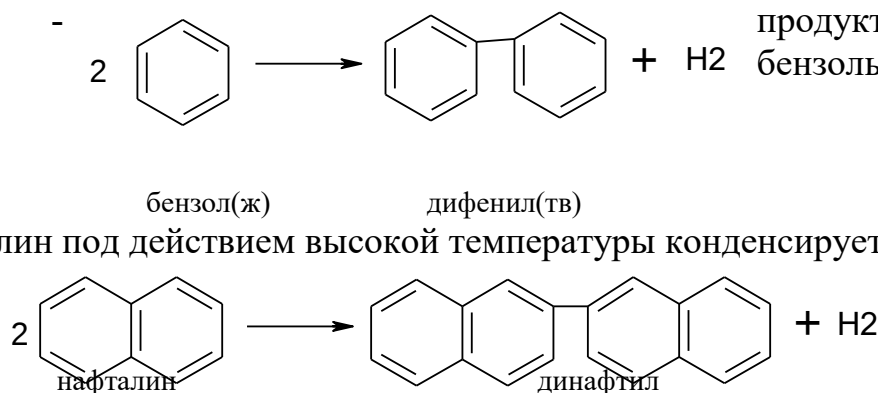
Химические превращения углеводородов весьма разнообразны и сложны, но схематически их можно разделить на две основные группы:

1) реакции распада, при которых молекулы исходного сырья расщепляются на более мелкие молекулы;

2) реакции полимеризации и уплотнения, при которых молекулы сырья, получившиеся при первоначальном распаде соединяются в новые молекулы другого строения. В результате образуются высокомолекулярные продукты, бедные водородом (смолы, асфальтены, карбоиды, кокс).

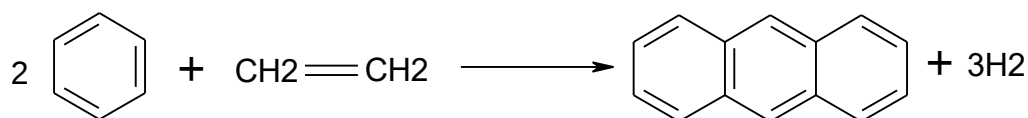
В процессе коксования можно наблюдать все те же реакции, но они проходят глубже и полнее. Если целевым продуктом коксования должен быть кокс, основными реакциями являются реакции уплотнения, приводящие к образованию карбоидов. Различные углеводороды, содержащиеся в нефти, в условиях температур коксования ведут себя по-разному. Наиболее склонны к реакциям уплотнения и образования кокса ароматические углеводороды. Предельные, или парафиновые углеводороды (алканы) способны только к реакциям распада и не вступают в реакции уплотнения. Нафты занимают промежуточное положение. Непредельные углеводороды играют значительную роль в процессах коксообразования, особенно когда они вступают в реакции соединения с ароматическими углеводородами [37].

Ароматические углеводороды в условиях высоких температур весьма устойчивы и не распадаются. Для ароматических углеводородов характерны реакции конденсации и уплотнения: молекулы соединяются друг с другом или с молекулами непредельных углеводородов в более крупные молекулы, образующие тяжёлые продукты уплотнения. Например, бензол в условиях высоких температур образует твёрдое вещество – продукт соединения бензольных колец:



Значительно легче идёт конденсация ароматических углеводородов с непредельными углеводородами, имеющими одну двойную связь. При этом также образуются полициклические (многоядерные) ароматические углеводороды.

Например, при конденсации двух молекул бензола с одной молекулой этилена получается антрацен:



бензол(ж)

этилен(г)

антрацен(тв)

Конденсированные ароматические соединения, находясь в зоне высоких температур, продолжают уплотняться, и таким образом, появляются ещё более высокомолекулярные соединения, составляющие смолы, асфальтены и, наконец, карбоиды (кокс) [38].

Непредельные углеводороды являются весьма реакционноспособными, что обусловлено наличием в их молекулах двойной связи. Вследствие этого, непредельные углеводороды при высоких температурах испытывают разнообразные превращения. Они взаимодействуют друг с другом, образуя более тяжёлые продукты (полимеры), которые в дальнейшем превращаются в смолы, асфальтены и карбоиды, распадаются на более мелкие молекулы, образуя новые продукты, которые в свою очередь вступают или в реакции распада, или в реакции соединения (конденсации и полимеризации), протекающие преимущественно при температурах выше 500-600°C. Наконец, при 500° С непредельные углеводороды могут вступать в реакции циклизации, образуя полициклические нафтеновые углеводороды. Последние в условиях высоких температур могут терять водород и превращаться в полициклические (конденсированные) ароматические углеводороды. Непредельные углеводороды склонны также вступать в реакции с ароматическими углеводородами, образуя полициклические углеводороды, которые далее уплотняются в продукты ещё более тяжёлые и бедные водородом - смолы, асфальтены и, наконец, карбоиды.[39]

Таким образом, образование кокса происходит за счет протекания последовательных реакций конденсации, дающих продукты с увеличивающейся молекулярной массой и ароматизованностью.

Сырье, содержащее парафиновые, нафтеновые углеводороды, вначале претерпевает разложение, подготавливающее материал для последующих реакций уплотнения и, в конечном счете, кокса происходит по радикально-цепному механизму через бензильные и алкильные радикалы по схеме, представленной на рисунке 2.1.1. Каждый последующий продукт уплотнения характеризуется все большими значениями молекулярной массы и степени ароматичности [40].

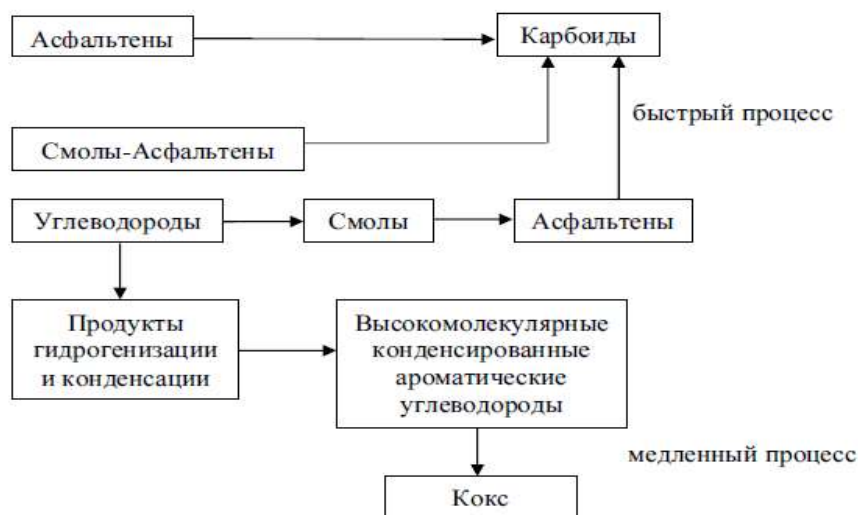


Рисунок 2.1.1 - Схема образования продуктов уплотнения при термическом разложении углеводородов

Основными коксогенами являются смолы и асфальтены, а также полициклические ароматические углеводороды. Термическое разложение асфальтенов происходит непосредственно с образованием кокса (без промежуточных стадий) и легких продуктов [41].

2.2 Влияние параметров технологического режима на выбранный критерий эффективности

Качество сырья. Этот параметр влияет на выходы продуктов, их качество и ход технологического процесса. В зависимости от свойств исходного сырья подбираются все технологические параметры процесса коксования – температура, давление, коэффициент рециркуляции.

Выход кокса тем выше, чем больше в сырье асфальтенов и выше его ароматизованность. Для сырья данной химической природы выход кокса увеличивается с увеличением глубины отбора дистиллятов. Одновременно растет выход газа и бензина. Определяется это тем, что доля сырья, подвергающегося глубокому распаду в жидкой фазе, с утяжелением фракционного состава растет; при этом снижается доля сырья, переходящего в газовую фазу и подвергающегося крекингу в очень малой степени.

Повышение ароматизованности сырья существенно влияет на качество образующегося кокса. Чем выше ароматизованность жидкого продукта в коксовой камере, тем выше пороговая концентрация асфальтенов, при которой раствор застудневает и начинается коксообразование, и меньше газовыделение при поликонденсации асфальтенов (благодаря большей ароматизованности последних); в результате пористость кокса уменьшается. При меньшем газовыделении высота вспененного слоя в коксовой камере снижается, и предельная высота, до которой может быть заполнена коксом камера без опасности переброса в колонну, повышается. Содержание в сырье асфальтенов и асфальтенообразующих компонентов определяет время начала коксообразования. Чем меньше асфальтенов в сырье и ниже скорость их накопления при крекинге, тем больше период до начала коксообразования.

Для производства электродного кокса наиболее предпочтительны в качестве сырья дистиллятные крекинг-остатки, а также тяжелые ароматизированные жидкие продукты различных деструктивных процессов — каталитического и термического крекинга, пиролиза

Дополнительными источниками сырья могут быть экстракты масляного производства особенно при переработке малосернистых нефтей [4]. В коксе, полученном из остаточного сырья, содержится много гетероатомных элементов, особенно серы, так как в асфальтенах и смолах нефти концентрируются сера-, азот- и кислород- и металлорганические соединения.

Для уменьшения вспенивания в коксовой камере применяют введение в сырье специальных добавок. Кремнийорганические жидкости, добавляемые в небольших (менее 0,001 %) количествах, эффективно снижают высоту вспененного слоя в коксовой камере.

Температура процесса. Одним из важнейших условий получения высококачественного электродного кокса является правильный подбор технологического режима коксования в зависимости от состава сырья. От правильного подбора и регулирования технологического режима во многом зависит продолжительность межремонтного пробега установки.

При прочих равных условиях, чем выше температура нагрева сырья, тем выше качество кокса, ниже содержание летучих веществ в коксе, выше его механическая прочность и, как правило, выше выход электродных фракций кокса. Однако, повышение температуры нагрева сырья в реакционном змеевике печи приводит к более интенсивному закоксовыванию труб печи. Таким образом, возможные пределы изменения температуры коксования ограничиваются, с одной стороны, условиями получения качественного кокса, а с другой — длительностью работы реакционного змеевика печи.

Время пребывания сырья в реакторе. На степень термического разложения сырья в реакторе кроме температуры, природы сырья большое влияние оказывает время пребывания его в зоне высоких температур. Жидкая часть сырья претерпевает сложные изменения, прежде чем окончательно превратится в кокс. Недостаточное время пребывания сырья в зоне реакции приводит к образованию продуктов с консистенцией, промежуточной между битумообразной массой и коксом.

Коэффициент рециркуляции «Кр». Коэффициент рециркуляции «Кр» характеризует собой количество рециркулята (тяжелых газойлевых фракций) во вторичном сырье и регулируется изменением температуры низа колонны. Также на коэффициент рециркуляции оказывает влияние количество подаваемого в шлема реакторов кулинга. Коэффициент рециркуляции колеблется в пределах от 1,1 до 2,0 и зависит от давления процесса, температуры, времени контакта паров с жидкостью.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Требования к сырью и продуктам, вспомогательным веществам и материалам, их техническая характеристика (таблица)

Наименование сырья, материалов, реагентов, катализаторов, полуфабрикатов, изготавливаемой продукции	Номер государственного или отраслевого стандарта, технических условий, стандарта предприятия	Показатели качества, обязательные для проверки	Норма по ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ	Область применения изготавливаемой продукции
1	2	3	4	5
1 Сырье УЗК	СТО ПР 072-00148599-2008	1 Коксуемость, %, не менее 2 Массовая доля серы, % 3 Концентрация хлористых солей, мг/дм ³ , не более 4 Массовая доля воды 5 Плотность при 20 °С, г/см ³ , в пределах	11,0 Не нормируется 16 Следы 0,950 ... 0,998	Сырье установки
2 Компоненты сырья: 2.1 Экстракт селективной очистки масел	СТО ПР 043-00148599-2008	1 Массовая доля растворителей, %, не более - селекто 2 Содержание воды, % масс., не более	Экстракт остаточный Дуосол 0,08 0,3	Компонент сырья установки
2.2 Гудроны	СТО ПР 006-00148599-2008		85	Компонент сырья установки
		2 Температура вспышки, °С, в открытом тигле, не ниже - при производстве кокса	210	

2.4 Асфальт	СТО ПР 040-00148599-2008	1 Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже 2 Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	240	Компонент сырья установки
2.5 Мазут атмосферный АВТ	СТО ПР 061-00148599-2008	1 Фракционный состав: • температура начала перегонки • до 350 °С перегоняется, % об, не более	25 Не нормируется, определение обязательно 12	Используется в качестве компонента сырья установки
3 Продукты 3.1 Газ углеводородный УЗК	СТО ПР 052-00148599-2008	1 Массовая доля компонентов, % углеводородов C ₅ и выше, не более 2 Плотность, г/дм ³	1.2* Не нормируется, определение обязательно	Используется в качестве сырья блока 150 установки № 2, топлива для технологических печей
3.2 Фракция бензиновая - УЗК	СТО ПР 010-00148599-2008	1 Фракционный состав, °С: - температура начала перегонки, не ниже	Фракция бензиновая - УЗК ингибированная 33*	Фракция бензиновая - УЗК используется в качестве компонента сырья
		Примечание: * Не является браковочным		
		- 10 %, 50 %, 90 % перегоняется при температуре, не выше - конец кипения, не выше	76°С, 128°С, 175°С соответственно 190	- « - 190
				Фракция

3.3 Газойль легкий УЗК	СТО ПР 019-00148599-2008	2 Испытание на медной пластинке	Выдерживает	Не нормируется	бензиновая - УЗК
		3 Массовая доля серы, %	Не нормируется, определение обязательно		ингибированная используется в качестве компонента товарных продуктов
		4 Плотность, кг/м ³ не менее	729	729	
		Примечание: * В период с 01.10. по 01.04. не нормируется			
		1 Фракционный состав, °С: - температура начала перегонки - 10 % перегоняется при температуре, не ниже	Не нормируется, определение обязательно		Используется в качестве компонента печного, судового, нефтяного топлива (топочного мазута)
		- 90 % перегоняется при температуре, не выше	160	360	
		2 Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	45		
		3 Содержание воды, %	Не нормируется, определение обязательно		
3.4 Газойль тяжелый УЗК	СТО ПР 074-00148599-2008	1 Коксуемость, %	Не нормируется, определение обязательно		Используется в качестве компонента топочных мазутов
		2 Фракционный состав: - температура начала перегонки, °С, не ниже для установок 56, 60	250	Не нормируется, определение обязательно	

3.4а Сырье для производства технического углерода (СТУ)	ТУ 0258-047-00148599-2006	3 Содержание воды 1 Плотность при 20 °С, г/см ³ 2 Коксуемость, % масс., не более 3 Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с, не более 4 Массовая доля воды, %, не более 5 Индекс корреляции	не нормируется, определение обязательно 15,0 30,0 0,5 не нормируется, определение обязательно			Предназначено для производства технического углерода
3.5 Кокс электродный для алюминиевой промышленности	ТУ 38. 301-29-88-97	1 Массовая доля общей влаги, %, не более 2 Массовая доля летучих веществ, %, не более 3 Зольность, %, не более	КЗ сум-марный	КЗ (0-25)	крупнокусковой	Используется в алюминиевой промышленности и других отраслях народного хозяйства
		4 Массовая доля серы, %, не более 5 Массовая доля кокса с размерами кусков, %, - менее 8 мм, не более - более 8 мм, не менее 6 Содержание кусков размером более 250 мм 7 Спекаемость Рога	1,8	1,8	1,8	
			-	-	10	
			45	15	-	
			отсутствие		-	
			не нормируется, определение обязательно		-	
		Примечание: * Массовая доля общей влаги свыше 3 % не является браковочным признаком и учитывается при расчете с потребителем. 1 При поставке кокса электродного для алюминиевой промышленности марка КЗ (0 - 25) АО «Завод Сланцы» расчет массы кокса производится на сухое вещество				
3.6 Кокс нефтяной малосернистый КЗА,	ГОСТ 22898-78	1 Массовая доля общей влаги, %, не более		3,0		Используется в алюминиевой

первый сорт		2 Массовая доля летучих веществ, %, не более 9,0 3 Зольность, %, не более 0,6 4 Массовая доля серы, %, не более 1,5 5 Массовая доля мелочи, %, не более: 10,0 - куски размером меньше 8 мм		промышленности и других отраслях народного хозяйства
3.7 Кокс нефтяной непрокаленный мелкий (с размером кусков 0...8 мм)	ТУ 0258-093-0151806-94	6 Действительная плотность после прокаливания при 1300 °С в течение 5 ч, г/см ³ 2,08 ... 2,13 7 Массовая доля, % не более: - кремния 0,08 - железа 0,08 - ванадия 0,015 Примечание: 1 Допускается массовая доля общей влаги до 10,0 % 1 Массовая доля общей влаги, %, не более 3,0 2 Массовая доля летучих веществ, %, не более 11,5 3 Зольность, %, не более 0,8 4 Массовая доля серы, %, не более 1,8 3 Точка росы, °С, не выше	ниже минимальной рабочей температуры не менее, чем на 10 °С, но не выше минус 10 °С	Используется в абразивной промышленности и других отраслях народного хозяйства

Технологическая схема и ее описание

Сырье коксования - смесь тяжелых нефтяных остатков (первичное сырье) поступает на установку из резервуарного парка № 47. Насосом Н-1 сырье прокачивается последовательно через теплообменник Т-1/1, Т-1/2, Т-1/3, где нагревается за счет тепла основного циркуляционного орошения колонны К-1. После теплообменника Т-1/1 сырье делится на два потока и поступает в конвекционный змеевик печи П-1. В конвекционных змеевиках печи П-1 первичное сырье нагревается до температуры не более 330 °С.

Первичное сырье после конвекционного змеевика объединяется в один поток и далее поступает в нижнюю часть основной ректификационной колонны К-1 ниже ввода паров из коксовых камер.

Горячие пары коксования, поступают с температурой не более 430 °С в нижнюю часть колонны К-1, под первую тарелку.

В результате контакта первичного сырья с горячими парами коксования в нижней части колонны К-1 происходит процесс массо- и теплообмена, в результате которого легкие нефтяные фракции, содержащиеся в первичном сырье и в парах коксования, испаряются и через аккумулятор поступают в виде паров в верхнюю ректификационную часть колонны. Тяжелые фракции, содержащиеся в парах коксования, наоборот, конденсируются и поступают в виде жидкости (рисайкла) в нижнюю часть колонны, образуя с тяжелыми фракциями первичного сырья смесь, называемую вторичным сырьем.

Коэффициент рециркуляции (количество вторичного сырья по отношению к количеству первичного сырья) регулируется подачей первичного сырья в кубовую часть колонны К-1, количеством газойля тяжелого (рисайкла) в шлема коксовых камер, количеством газойля тяжелого на 8-ю тарелку кубовой части колонны.

Вторичное сырье с низа колонны К-1 с температурой не более 400 °С поступает на всас печного насоса Н-2, который прокачивает его через реакционный змеевик печи П-1 (двумя потоками), а избыток сырья сбрасывается по разгрузочной линии в колонну К-1.

В реакционных змеевиках печи П-1 вторичное сырье нагревается до температуры не более 520 °С, после печи П-1 вторичное сырье объединяется в один поток.

Далее вторичное сырье подается в одну из коксовых камер Р-1, Р-2, Р-3.

В коксовых камерах Р-1, Р-2 или Р-3 в момент включения их на поток и в течение всего цикла коксования происходят процессы дополнительного испарения нефтяных фракций из вторичного сырья и отложения твердых частиц кокса на стенках камеры. При этом внутри коксового «пирога», образующегося внутри камеры во время коксования, имеется отверстие неопределенной формы и конфигурации, через которое в камеру продолжает поступать сырье и отводятся пары коксования.

Образовавшийся в процессе коксообразования кокс аккумулируется в камере, а пары нефтепродуктов по шлемовому трубопроводу направляются в колонну К-1 под нижнюю тарелку кубовой части колонны.

В процессе коксования коксовой камеры необходимо приступить к подготовке к работе очередной камеры в следующей последовательности:

1. прогреть камеру острым паром до температуры (100...110) °С;
2. образующийся водяной конденсат из коксовой камеры сдренировать в отстойник Е – 3, откуда обезвоженный ловушечный нефтепродукт с помощью насоса Н – 6 подается на смешение с сырьём коксования;
3. дальнейший разогрев камеры до температуры не более 360 °С производится продуктами коксования, перепускаемыми частично из работающей коксовой камеры в прогреваемую камеру.
4. при достижении температуры низа камеры не менее 330 °С (прогрев камеры парами нефтепродукта в колонну К-1 длится от 6 до 7 часов) прогреваемая коксовая камера готовится к включению на поток.

В колонне К-1 пары коксования, отделившиеся от тяжелой рециркулирующей фракции, через полуглухой аккумулятор проходят в верхнюю, ректификационную часть колонны, где происходит их разделение на фракцию бензиновую УЗК, газойль легкий УЗК и газойль тяжелый УЗК.

Из аккумулятора колонны К-1 газойль тяжелый отводится в стриппинг К-3. В стриппинг К-3 для отпарки легколетучих компонентов подается перегретый водяной пар. Пары с верха стриппинга К-3 направляются в ректификационную колонну К-1 под первую клапанную тарелку.

Газойль тяжелый из стриппинга К-3, по мере накопления, откачивается насосом Н-4 через холодильник ХВ-3, после которого выводится с установки.

С 15-ой или (и) с 17-ой тарелки ректификационной колонны К-1 в стриппинг К-2 отводится фракция газойля легкого. В стриппинг К-2 для отпарки легколетучих компонентов подается перегретый водяной пар. Газойль легкий с низа К-2 насосом Н-5 прокачивается через холодильник ХВ-2 и выводится с установки.

С верхней части колонны К-1 отводятся пары бензина, водяной пар, газ коксования с температурой до 170 °С. Охлаждение газо-жидкостного потока с верха К-1 производится в воздушном холодильнике ХВ-1. Далее газо-жидкостная смесь поступает в газосепаратор Е-1, где происходит разделение на газ, бензин и водяной конденсат. Газ сверху газосепаратора подается тангенциально в газожидкостный контактор К – 4 в распыленный форсункой бензин. При этом форсунка выполнена в виде перфорированной трубы, снабженной на конце диском-отбойником и установлена по оси газожидкостного контактора. Такое выполнение аппарата позволяет осуществлять контактирование распыленной жидкости и тангенциально направленного потока сжатого газа в кольцевом пространстве на всей его глубине и создать высокую эффективность теплообмена. После контактора сухой газ и бензин поступают во вторичный сепаратор Е - 2, где происходит дополнительное отделение газа и бензина от водного конденсата. После газосепаратора газ и бензин выводятся с установки.

В соответствии с графиком работы коксовой камеры после заполнения ее коксом производится пропарка кокса водяным паром.

В течение первых 2-х часов отпарка ведется в колонну К-1 перегретым водяным паром, который подается между двумя задвижками на трансферном трубопроводе в отпариваемый реактор и составляет от 0,8 до 1,5 т/ч. Затем

пропарка ведется через холодильник Х – 4 в емкость Е - 4 смесью перегретого и острого пара, предварительно сбрасывается давление в реакторе.

Газообразные продукты отдува из Е - 4 направляются по линии дыхания в Е-5/1, 5/2 и в топочное пространство печи П-1.

В отстойнике Е – 4 происходит отделение ловушечного нефтепродукта от воды. Далее обезвоженный нефтепродукт насосом Н – 6 подается на смешение с сырьем коксования.

После окончания пропарки кокса водяным паром в коксовую камеру подают охлаждающую воду в течение (6...8) часов.

Образовавшиеся во время охлаждения пары конденсируются в холодильнике Х-4, поступают в отстойник Е-4 и далее - в промканализацию.

По мере охлаждения кокса вода заполняет весь объем камеры. По мере наполнения реактора подача воды уменьшается. Охлаждение производится до достижения температуры верха реактора не более 60 °С, после чего производится вскрытие верхнего люка реактора, а затем дренирование воды в систему гидрорезки.

Освобождение камер от кокса производится с помощью гидрорезки. Вода к режущему инструменту подается по системе трубопроводов с электротягами к буровой штанге.

Вода после гидрорезки фильтруется через слой кокса в яме-накопителе и самотеком поступает в отстойник, откуда откачивается для повторного использования.

На установке применяется гидравлическая выгрузка кокса из коксовых камер. Выгрузка производится в две стадии: бурение центрального ствола и резка.

Для бурения и резки кокса используется режущая сила воды.

Механизмы гидрорезки смонтированы на металлоконструкции над верхней горловиной каждой камеры коксования.

При гидрорезке кокс из камер Р-1, Р-2, Р-3 вместе с буровой водой через нижнюю горловину выгружается на рампу и поступает на заглубленную площадку (яму-накопитель), внизу которой имеется фильтрующий слой и коллектор для сбора воды после фильтрации. Объем ямы-накопителя – 2000 м³.

Для предотвращения запыления коксовой мелочью прилегающих сооружений яма-накопитель ограждена стеной на высоту 9,6 м.

В яме-накопителе кокс вылеживается не менее 10 часов, где обезвоживается, после чего загружается в бункер с колосниковой решеткой.

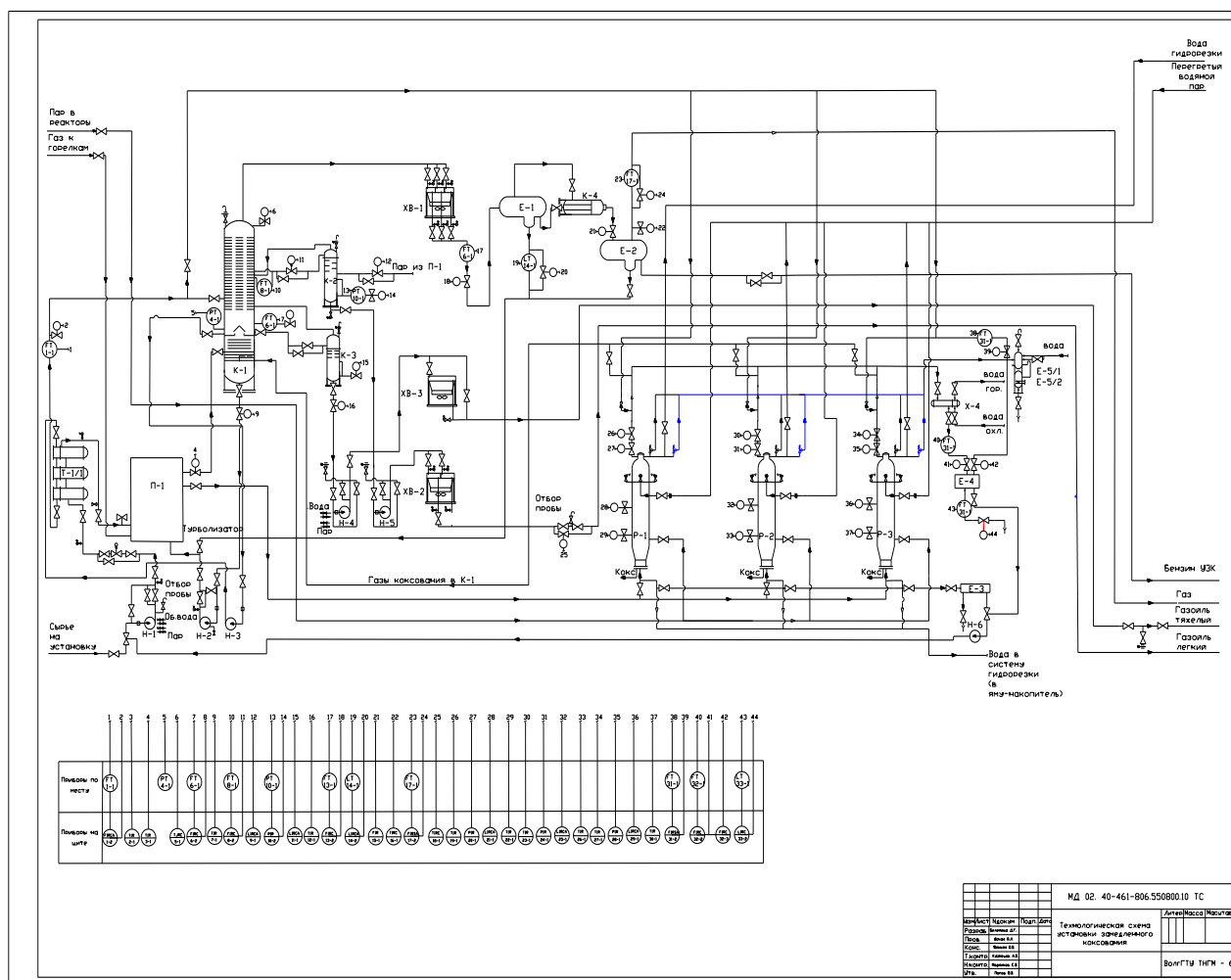
Далее качающимся питателем суммарная масса кокса подается через течку на систему транспортеров установки прокаливания кокса для загрузки в силосы сырого кокса установки.

Ширина ленты конвейеров:

- до грохота – 1000 мм;
- после грохота – 800 мм.

Уровень заполнения силосов контролируется визуально.

Рис. П.3 – Технологическая схема замедленного коксования



ВЫВОДЫ

1. Установлено, что процесс замедленного коксования нефтяных остатков является универсальным методом переработки разнообразного сырья, в том числе и нефтешламов. Продуктами процесса замедленного коксования является не только нефтяной кокс, но и бензин, и газойль коксования, идущие на производство моторного топлива. Основные направления улучшения и модернизации процессов коксования является сокращение межремонтного пробега печи, улучшение качества кокса за счет подбора высококачественного сырья, увеличесние отбора светлых дистиллятов.

2. Выявлены условия оптимального проведения процесса замедленного коксования температура 480-520 °С. Коэффициент рециркуляции колеблется в пределах от 1,1 до 2,0.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Нефтеперерабатывающая промышленность США и бывшего СССР/ В.М. Капустин, С.Г. Кукес, Р.Г. Бертолусини. М.: Химия, 1995. – 304 с.
2. Кауфман А.А., Глянченко В.Д., Косогоров С.А. «Теория и практика современных процессов коксования». Екатеринбург. 2005. – 61 с.
3. «Технологический регламент установки замедленного коксования». // ООО «ЛУКОЙЛ – ВМП» // г.Волгоград. – 2002г.
4. Юшинов А.И., Кузора И.Е., Кривых В.А. Опыт эксплуатации установок замедленного коксования. // Химия и технология топлив и масел. – 2000. - №3. – с. 41-46.
5. Э.Г. Мухаметзянова, И.Р.Кузеев, Э.Г. Теляшев. История и тенденции развития производства кокса. Нефтепереработка и нефтехимия, 2003, N 2, с. 41-44.
6. Состав сырья для переработки на установках замедленного коксования : пат. №2210585 Российская Федерация : МПК C10B55/00 / Кузора И.Е., Моисеев В.М., Юшинов А.И. ; заявитель и патентообладатель ОАО «АНХК» - 2001119798/04 ; 16.07.2001 ; опубл. 16.07.2001.
7. Ефимов В.А. Баланс производства и потребления нефтяного кокса в России. Мат-лы совещания в Омске, 1999, с. 15-19
8. Использование тяжелой пиролизной смолы в качестве компонента смесового сырья на установке замедленного коксования НЕ. Кузора, В.А. Микишев, А.И. Юшинов, В.А. Кривых, А.Л. Самошкин (ОАО "Ангарская нефтехимическая компания"). Нефтехимия и нефтепереработка, №8,- 2002.
9. Проблемы повышения работоспособности реакторов установок замедленного коксования А.А. Тихонов, Н.С. Гаскаров, И.Р. Хайрудинов, Р.Н. Гинаев (Институт проблем нефтехимпереработки АН РБ). Нефтехимия и нефтепереработка, №10,- 2001.
10. Глаголева О.Ф. Нефтяной кокс. Ресурсы сырья и технологии прокаливания. ХТТМ, №3, 2005 – с. 20 – 24
11. Niccum Philip K. : пат. №wo2009078886 США : МПК C10B29/06 / заявитель и патентообладатель компания Kellog Brown and Root. ; опубл. 25.06.2009.
12. О.Ф. Глаголева Непрерывное коксование – перспективный процесс переработки остатков сернистых и высокосернистых нефтей. Нефтехимия и нефтепереработка, №1,- 2004.
13. Способ замедленного коксования нефтяных остатков : пат. №2206595 Российская Федерация : МПК C10B55/00 / Таушев В.В., Теляшев Э.Г., Хайрудинов И.Р. ; заявитель и патентообладатель Институт проблем нефтехимпереработки АН Республики Башкортостан - 2001129262/04 ; 30.10.2001 ; опубл. 20.06.2003.
14. Опыт эксплуатации и перспективы развития производства электродного кокса на НПЗ ОАО «АНХК» А.И.Елшин, И.Е.Кузора, А.И.Юшинов, В.А.Кривых, С.Г.Кращук, Д.Н. Новичихин, В.А. Микишев (ОАО "Ангарская нефтехимическая компания"). Нефтехимия и нефтепереработка, №8,- 2003.
15. М.А. Плеханов, Н.М. Вутина, И.В. Дубков ОАО «Сибнефть-Омский НПЗ» Что позволяет Омскому НПЗ делать хороший кокс. Нефтехимия и нефтепереработка, №8,- 2000.

16. Oil & Gas J.—2003—v. 101—N 42—p. 54-57
17. А.Ф. Красюков Нефтяной кокс М., Химия, 1966.
18. Jeanny Stell, 2002 Worldwide Refining Survey. Oil and Gas. Dec/23 2002. № 100/52 p. 68.
19. Глаголева О.Ф. Снижение неоднородности кокса замедленного коксования. Подготовка кокса к прокаливанию. // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2007. - №5. – с. 18-21.
20. Hydrocarbon Processing. – 2003. – v. 82. - №11 – p.85
21. Sigiura Masato : пат. №1315490 Япония : МПК C10B29/06 / заявитель и патентообладатель компания China Petroleum Corp. ; опубл. 07.05.2001.
22. Тихонов А.А., Хайрудинов И.Р., Теляшев И.Г., Таушев В.В., Головнин А.А., Ведерников О.С., Фоминых А.Н., Нечаев А.Н. Совершенствование систем улавливания продуктов, образующихся при прогреве реакторов, пропарке и охлаждении кокса на установке замедленного коксования. Нефтехимия и нефтепереработка, №4,- 2006.
23. . Выбор и обоснование технологической схемы переработки крекинг-газойлей с получением игольчатого кокса и высокоиндексного сырья для техуглерода. П. Запорин. Г.Г. Валявин, Н.И. Ветошкап, М.М. Калимуллин, Г.Г. Теляшев, И.Г. Мусин (Институт проблем нефтехимпереработки АН РБ ОАО "Ново-Уфимский ППЗ"). Нефтехимия и нефтепереработка, №9,- 1998.
24. Sackett Simon John : пат. №6332975 США : МПК C10G67/00 / заявитель и патентообладатель компания Kellog Brown and Root ; опубл. 09.02.2001.
25. Способ замедленного коксования нефтяных остатков и реактор коксования : пат. №2339674 Российская Федерация : МПК C10B55/00 / Таушева Е.В., Теляшев Э.Г., Таушев В.В ; заявитель и патентообладатель ГУП «ИНХП РБ» - 2007130132/04 ; 06.08.2007 ; опубл. 27.08.2008.
26. Способ улавливания вредных выбросов из реакторов коксования : пат. №2291732 Российская Федерация : МПК C10B55/00 / Таушева Е.В., Теляшев Э.Г., Таушев В.В ; заявитель и патентообладатель ГУП «ИНХП РБ» - 2005129749/04 ; 23.09.2005 ; опубл. 20.01.2007.
27. Способ переработки ловушечного нефтепродукта установки замедленного коксования : пат. №2293066 Российская Федерация : МПК C02F11/18 / Кузора И.Е., Кукс И.В., Ёлшин А.И. ; заявитель и патентообладатель ОАО «АНХК» - 2005129816/04 ; 26.09.2005 ; опубл. 26.09.2005.
28. Baric John Joseph : пат. №5711870 США : МПК C10G67/04 / заявитель и патентообладатель компания Техасо; опубл. 13.12.1998.
29. Predel H., Melsen M. Petroleum coke. // Erdöl Erdgas Kohle. – 2005. - №10. – p.348-352.
30. Способ замедленного коксования нефтяного сырья : пат. №2282656 Российская Федерация : МПК C10B55/00 / Жуков В.Ю., Якунин В.И., Крылов В.А. ; заявитель и патентообладатель ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» - 2005118132/04 ; 10.06.2005 ; опубл. 27.08.2006.
31. Hydrocarbon Processing. – 2002. – v. 81. - №11 – p.98.

32. Капустин В.М., Кукес С.Г., Бертолусини Р.Г. Нефтеперерабатывающая промышленность США и бывшего СССР. М.: Химия, 1995, 304 с.

33. Способ переработки нефтяных остатков замедленным коксованием : пат. №2372375 Российская Федерация : МПК C10B55/00 / Таушева Е.В., Теляшев Э.Г., Таушев В.В ; заявитель и патентообладатель ГУП «ИНХП РБ» - 2008132565/15 ; 06.08.2008 ; опубл. 10.11.2009.

34. Способ и установка для замедленного коксования с уменьшенным временем цикла : пат. №2192445 Российская Федерация : МПК C10B23/00 / Нелсен Дейвид К. ; заявитель и патентообладатель КОНОКО ИНК - 2000101284/12 ; 11.06.1998 ; опубл. 11.06.1998.

35. Аппарат подготовки нефтяного сырья для термодеструктивных процессов : пат. №2282657 Российская Федерация : МПК C10G9/14/ Таушева Е.В., Теляшев Э.Г., Таушев В.В ; заявитель и патентообладатель ГУП «ИНХП РБ» - 200413760/15 ; 22.12.2004 ; опубл. 27.08.2006

36. Яценко Е.А., Анисимов В.Ф., Иващенко М.А. Производство битумов и кокса. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. - №8. – с. 31-33.

37. С.А. Ахметов. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа.: Гилем, 2002. с. 560-561.

38. Справочник нефтепереработчика. / Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко, М.Г. Рудина. Л. Химия, 1986, 648 с.

39. Технология переработки нефти. В 2-х ч. Ч. 1. Первичная переработка нефти/ под ред. О.Ф. Глаголевой, В.М. Капустиной.–М.: Химия, 2005. – 400 с.

40. Сюняев З.И. Производство, облагораживание и применение нефтяного кокса. М.: Химия, 1973. – 296 с.

41. Кузнецов В.А. Совершенствование технологий и оборудования производств нефтяного кокса. Дисс, д.т.н. М.: ГАНГ им И.М. Губкина, 1997 г.

42. Краткий справочник физико – химических величин/ сост. Н.М. Барон [и др.]; под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. – 8-е изд. – Л.: Химия, 1983. – 231с.

43. Новый справочник химика и технолога. Сырьё и продукты промышленности органических неорганических веществ. В 2-х ч. Ч.1. – СПб.: АНО НПО «Мир и Семья», АНО НПО «Профессионал», 2002. – 988 с.

44. Магарил, Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти/ Р.З. Магарил. – Л.: Химия, 1985 - 280 с.