

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Оценка эффективности процесса «Флексикокинг» при переработке
тяжелого углеводородного сырья**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Прокофьева Кирилла Сергеевича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

С.Б. Ромаденкина

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2022 год

ВВЕДЕНИЕ

Бакалаврская работа содержит 56 страниц, 6 таблиц, 8 рисунка, 30 литературных источников, чертёж технологической схемы установки и реактора.

Актуальностью работы является исследование применения технологии «Флексикокинг» к переработке трудноперерабатываемого сырья в ликвидные продукты.

Целью работы является расчет технологических параметров реакторного блока процесса «Флексикокинг» с производительностью 145 тыс. т/год по сырью.

На сегодняшний день, в связи с преобладанием тяжелой нефти на практике нефтедобычи, возрастает объем тяжелых нефтяных остатков (ТНО), образуемый от их переработки. Из-за своего специфического природного состава остаточные нефтепродукты на рынке имеют малый спрос, так как их применение на данный момент времени ограничено. К тому же, для их транспортировки и перекачки необходимо задействовать специальные оборудования, такие как подогреваемые трубопроводы и резервуары. Это связано с тем, что по своей физической природе они имеют свойство застывать.

Например, технология «Флексикокинг», где разработчиком является компания «Еххон», позволяет перерабатывать любое неблагоприятное сырье с выходом светлых дистиллятов и низкокалорийного газа, который используется на нужды потребителей. Однако, для того, чтобы реализовать данную технологию необходимы большие капитальные вложения, которые со временем окупаются, и специализированный аппарат – реактор замедленного коксования.

В связи с этим при выполнении выпускной квалификационной работы основными задачами были:

- Изучить эффективность использования процесса «Флексикокинг», по сравнению с существующими аналогами;

- Определить материальный и тепловые балансы реакторного блока;
- Выполнить технологический расчет основных параметров реакторного блока установки «Флексикокинг».

Бакалаврская работа состоит из двух глав: «Литературный обзор» и «Расчётная часть».

Литературный обзор состоит из четырёх подразделов:

1. Назначение реакторов в нефтепереработке
2. Принципиальная работа реактора коксования с псевдоожиженным слоем кокса-теплоносителя
3. Требование к сырью процесса «Флексикокинг»
4. Химизм процесса крекинга

Расчётная часть состоит из семи подразделов:

1. Технологическая схема установки «Флексикокинг»
2. Сравнительная характеристика процессов вторичной переработки и расчет материального баланса
3. Технологический расчет реактора процесса «Флексикокинг»
4. Расчет прямоточной части реактора
5. Оценка реакционной зоны с псевдоожиженным слоем кокса-теплоносителя
6. Вычисление отпарной зоны (десорбера)
7. Расчет отстойной зоны и циклонов реактора

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе бакалаврской работы осуществлен поиск литературных данных о назначении и работе реакторов в нефтехимической перерабатывающей промышленности.

Реакторы в нефтехимической промышленности представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты – диаметром от 4500 мм до 8000 мм и высотой около 30000 мм, работающие в режиме как циклического, так и непрерывного термосилового нагружения.

Выбор реактора зависит от используемой технологии переработки углеводородного сырья. Процессы коксования бывают трёх основных видов.

1. Замедленное, или задержанное коксование, которое может давать коксовый орех (разновидность топливного кокса), губчатый кокс (используется для производства электродного кокса или как топливо) или игольчатый кокс. Дает большую часть производимого сегодня в мире кокса.
2. Коксование в псевдооживленном слое, или непрерывное коксование - флюидкокинг. Дает, как правило, топливный кокс.
3. Флексикокинг. Представляет собой комбинацию флюидкокинга и газификации получаемого кокса. Дает синтез-газ с низкой теплотворностью.

Оптимальным вариантом технологии переработки нефтяных остатков является использование гидрокрекинга и каталитического крекинга, как базовых вариантов производства моторных топлив. Однако переработка образующихся тяжелых остатков (деасфальтизаты, неконвертируемые остатки процессов гидрокрекинга и каталитического крекинга с кипящим слоем катализатора, пек и т.п.) базируется на процессе коксования в флюидизированном слое, технологическое оформление которого аналогично процессу каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора.

Существующие технологии реакторов различных процессов различаются главным образом типом каталитического слоя. По этому признаку они подразделяются на реакторы с неподвижным, движущимся, кипящим и суспензированным слоем.

На сегодняшний день существует многообразие типов и конструкции устройств (реактор), однако, обширное применение получили, именно, реактора с кипящим (псевдооживленный) слоем. Несмотря на данную релевантность, переработка тяжелой нефти как во взвешенном слое, так и в движущемся слое имеет определенные преимущества, но в последние годы развитие этих способов происходит медленно.

Реакторы с кипящим слоем катализатора – это многофазные каталитические реакторы принципиально новой конструкции.

Достоинства:

1. Очень гибкая работа (в режимах низкой и высокой степени превращения).

2. Конструкция реактора (разрыхление слоя насосом с увеличением объема на 30 – 50 %) обеспечивает между частицами свободное пространство, достаточное для прохождения металлических примесей без их накопления, закупорки слоя и роста потерь давления в нем.

3. Вследствие меньшего диаметра частиц катализатора в значительной мере устраняются диффузионные ограничения, что повышает скорость реакций. Кроме того, устья по частиц меньших размеров менее склонны к закупорке отложениями металлов.

4. Высокие скорости теплопереноса уменьшают перегрев слоя и замедляют закоксование.

5. Средняя активность рабочего заряда катализатора устанавливается на постоянном уровне, что означает неизменное качество продуктов в течение всего цикла.

6. Реакторы с кипящим слоем работают в режиме, близкому к изотермическому режиму реактора идеального смешения. Теплота реакций рассеивается лучше, что позволяет РКС работать при более высоких температурах, т. е. с более высокой степенью превращения сырья.

Недостатки:

1. Отсутствие режима вытеснения, который кинетически выгоднее режима смешения. Этот недостаток можно частично устранить последовательным соединением нескольких реакторов с кипящим слоем.

2. Из-за меньшего размера частиц и меньшей доли катализатора (т. е. большей доли пустот) объем каталитического слоя должен выше, чем у реакторов с неподвижным или движущимся слоем.

3. В реакторе могут развиваться застойные зоны, что ведет к нестабильным и нештатным условиям. Для предотвращения роста таких зон необходимо тщательное наблюдение за температурным полем реактора.

4. Для масштабирования и расчета РКС по сравнению с реакторами других типов требуется больше данных и сведений (например, о составе сырья, гидродинамике, явлениях тепло- и массопереноса в масштабах отдельных частиц и всего слоя и т.д.).

Во второй главе бакалаврской работы проведены сравнительная характеристика процессов вторичной переработки и технологический расчет реактора процесса «Флексикокинг».

На сегодняшний день в России доля гудрона в объеме производства НПЗ составляет около 20%, а на заводах Западной Европы – менее 10%, ввиду наличия острых проблем обновления и модернизации устаревшего оборудования, отдельных процессов. На заводах, строящихся за границей, остаточные продукты нефти давно подвергаются дальнейшей переработке с целью увеличения глубины переработки нефти до 99%, а также получения дополнительного количества светлых продуктов.

Увеличение глубины переработки нефти достигается внедрением деструктивных процессов переработки вторичного сырья в комплексную систему завода. Одними из перспективных процессов такого назначения являются «Гидрокрекинг» и «Флексикокинг».

Гидрокрекинг – каталитический процесс переработки разнообразного сырья под давлением водорода. Ввод холодного водородсодержащего газа в зоны между слоями катализатора позволяет выравнивать температуры сырьевой смеси по высоте реактора. Основным назначением процесса является производство гидроочищенных бензиновых фракций, товарных керосинов и дизельных топлив, а также сжиженных газов из более тяжелого нефтяного сырья. В качестве используемого сырья на установках гидрокрекинга выступают вакуумные и атмосферные газойли, газойли термического и каталитического крекинга, деасфальтизаты, мазуты, гудроны.

При проведении гидрокрекинга используются катализаторы, сочетающие в себе активность крекинга и гидрогенизации в различных пропорциях для достижения целевого превращения конкретного сырья в

желаемый продукт. На зарубежных нефтеперерабатывающих заводах с глубокой переработкой нефти наличие данного процесса имеет важное значение. Помимо увеличения глубины переработки нефти гидрокрекинг влияет на гибкость технологической схемы предприятия и качество товарной продукции, значительно повышая эффективность его работы.

Однако гидрокрекинг гудрона, позволяющий повышать глубину переработки нефти до 80—85 %, требует предварительной подготовки сырья (вакуумная разгонка, деметаллизация и деасфальтизация), а так же осуществляется при повышенном давлении до 20—30 МПа на дорогостоящих оборудованьях и катализаторе. Тяжелые виды сырья, включая гудрон, обычно приводят к быстрой потере катализатором активности из-за присутствия гетероатомов и металлов, что требует высокого расхода подпитки свежим катализатором.

Высокая потребность в водороде может привести к повышенным затратам там, где водород дорог. Поэтому, с экономической точки зрения, гидрокрекинг является достаточно затратным процессом. Наличие такой установки на территории НПЗ полностью зависит от бюджета и целей производства.

Существует промышленно отработанный, экономически эффективный, непрерывный процесс «Флексикокинг», который позволяет значительно улучшить характеристики и показатели вторичной переработки. Данный процесс объединяет в себе термический крекинг гудрона в кипящем слое циркулирующего кокса и последующую газификацию коксообразных частиц с образованием топливного газа на основе CO и H₂. Сырье перерабатывается в высокоценные жидкие продукты широкой номенклатуры. Технологическое тепло для этапов термической конверсии и газификации обеспечивается за счет частичного окисления углеродистого кокса, образующегося в реакторе коксования. В процессе газификации содержащаяся в коксе сера преобразуется в H₂S, который удаляется с помощью системы аминовой абсорбции, находящейся в блоках установки. Таким образом, технология

флексикокинга является экологически безопасным решением для переработки всех видов тяжелых остатков в жидкие продукты и для конверсии кокса в сгорающее топливо с целью оптимизации энергетической интеграции НПЗ. При проведении перспективного процесса «Флексикокинг» получается большое количество топливных дистиллятов, которые становятся высококачественными компонентами моторного топлива, технологично поддающегося сероочистке.

Выбор оптимальной технологии, которая позволяет повысить глубину переработки в первую очередь зависит от капитальных вложений. К тому же, по мере эксплуатации используется дорогостоящее оборудование и катализаторы. Соответственно, целесообразно использовать отработанные технологии, которые увеличивают глубину переработки вторичных процессов эффективно и с минимальным капиталовложением, например технология «Флексикокинг».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Составлены материальный и тепловые балансы процесса «Флексикокинг», где переработка тяжелого углеводородного сырья в ценный продукт (моторное топливо) доходит до 45 %.
2. Рассчитаны параметры реактора а именно диаметр прямоточной зоны реактора (лифт-реактор) $D_{пр} = 1,1 \text{ м}^2$; высота прямоточной зоны реактора (лифт-реактор) $h_{пр} = 15 \text{ м}$; диаметр внутренний металлического корпуса $D_{в.} = 9,4 \text{ м}$; высота реакционной зоны с песевдооживленным слоем кокса-теплоносителя $h_{сл} = 1,93 \text{ м}$; общая высота аппарата от нижней части цилиндрической отстойной зоны до вершины верхнего полушарового днища $H_{ап} = 32 \text{ м}$.
В соответствии с технологическими параметрами из каталога выбран реактор марки Р-201.
3. Данная технология позволяет перерабатывать трудно перерабатываемое сырье с меньшим выходом кокса до 5 % по сырью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бахонина Е. И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов / Е. И. Бахонина // Башкирский химический журнал. 2015. - № 1. С 20 – 29.
2. Нисковская М. Ю. Углубленная переработка нефтяных остатков на НПЗ с использованием технологии газификации / М. Ю. Нисковская, Ю. П. Ясьян. 2020. - № 13. С 4 – 7.
3. Самохин Ю. Н. Эксплуатационные проблемы опорного узла реактора коксования установки замедленного коксования и пути их решения / Ю. Н. Самохин, А. И. Мельшин. 2014. - №4. С 36 – 39.
4. Делюкин Н. Ю. Возможности применения установок замедленного коксования для углубления переработки нефтепродуктов / Н. Ю. Делюкин. 2018. - № 24. С 30 – 31.
5. Нефедов Б. К. Современные технологии переработки нефтяных остатков / Б. К. Нефедов // Катализ в промышленности. 2007. - № 4. С 31-37.
6. Соскинд Д. М. Термоконтатный крекинг тяжелых нефтяных остатков / Д. М. Соскинд, Е. Я. Барсуков. – М.: Химия. 1983. - 57 с.
7. Пат. 2545330. Российская Федерация. Реактор с псевдоожиженным слоем и способ гидрирования в реакторе / Цзя Ли, Цзя Юнчжун, Гэ Хайлун. – Заявка № 2012119256/05 от 19.10.2010; опубл. 27.11.2013. Бюл. № 33.
8. Хорхе Анчита. Переработка тяжелой нефти. Реакторы и моделирование процессов / Анчита Хорхе. пер. с англ. яз. под ред. О. Ф. Глаголевой, В. А. Винокурова. – СПб.: ЦОП «Профессия». 2015. – 592 с.
9. Пат. 2276183. Российская Федерация. Реактор каталитического крекинга с псевдоожиженным слоем катализатора и его применение / Дрис Хюбертус Вильгельмус Албертус. – Заявка № 2003128078/04 от 21.02.2001; опубл. 10.05.2006. Бюл. № 13.