

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии
и техногенной безопасности

**Модернизация основного оборудования
процесса гидрокрекинга тяжелых углеводородов**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки _____ 4 _____ курса _____ 431 группы _____

направления _____ 18.03.01 «Химическая технология» _____

код и наименование направления, специальности

Института химии

Маяковой Маргариты Владимировны

Научный руководитель

_____ доцент, к.х.н. _____

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

_____ О.В. Бурухина _____

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

_____ д.х.н., профессор _____

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

_____ Р.И. Кузьмина _____

инициалы, фамилия

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время потребность в моторном топливе резко возросла. Это связано с увеличением числа автомобильного и авиационного транспорта. В связи с этим встаёт вопрос: где взять столько сырья, чтобы удовлетворить потребности страны в топливе, когда природные запасы нефти уменьшаются? Для решения данной проблемы ведутся исследования по углублению переработки нефти и оптимизации качества моторных топлив.

Процесс гидрокрекинга предназначен для производства малосернистых топливных дистиллятов из различного сырья.

В качестве сырья на установках гидрокрекинга используют вакуумные и атмосферные газойли, газойли термического и каталитического крекинга, деасфальтизаты, мазуты, гудроны.

Продуктами гидрокрекинга являются автомобильные бензины, реактивное и дизельное топливо, сырьё для нефтехимического синтеза и углеводородный газ. Гидрокрекинг также позволяет получать лёгкие дистилляты (реактивное и дизельное топливо) из тяжёлого газойля. При гидрокрекинге не образуется тяжёлого неперегоняющегося остатка, а только легкокипящие фракции.

Актуальность работы обусловлена тем, что в последние годы в мировой нефтеперерабатывающей промышленности наблюдаются следующие тенденции:

- вовлечение в переработку более тяжелых нефтяных фракций, содержащих большее количество гетероатомных примесей;
- увеличение глубины переработки нефти с целью повышения выхода светлых нефтепродуктов, связанное с ростом относительной доли деструктивных процессов;
- ужесточение экологических требований к качеству топлив, что делает необходимым их глубокую очистку и облагораживание.

Целью работы является модернизация установки гидрокрекинга за счёт замены реактора для увеличения производительности по вакуумному газойлю до 2400 тыс. т/год.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Определение основных параметров реактора гидрокрекинга;
- Выбор дополнительного оборудования;
- Проведение расчёта экономической части и определение целесообразности замены оборудования.

Структура и объём бакалаврской работы.

Бакалаврская работа состоит из введения, обзора литературы, расчётной части, заключения, списка использованных источников и приложения, содержащего чертежи. Работа изложена на 51 странице, содержит 7 таблиц, 1 рисунок и 2 чертежа. Список использованных источников состоит из 26 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе бакалаврской работе осуществлён поиск литературных данных о процессе гидрокрекинга и его разновидностях.

Одной из важнейших задач нефтеперерабатывающей промышленности является обеспечение страны энергоносителями, моторными топливами и смазочными маслами, а также сырьём для нефтехимии. Анализ направлений развития мирового рынка производства и потребления нефтепродуктов показывает, что основная доля приходится на транспортное топливо (50-52%) и энергоносители (бытового и промышленного топлива, 35-38%). В 1970-1980-х годах объём лёгких и средних дистиллятных продуктов составлял 60-61%, в 1995 он уже был 72%, а к 2010 достиг 85%. Однако основным направлением развития мировой нефтепереработки остаётся создание высоких мощностей глубокой переработки на базе современных технологий. Для этого разработано несколько решений данной задачи.

Первое связано с химизацией ряда остаточных продуктов первичной переработки нефти, таких как: вакуумный газойль, бензиновая фракция, мазут и гудрон. Второе решение предлагает различные процессы очистки моторных топлив от сернистых и азотсодержащих компонентов, а также использование специальных добавок - «присадок», которые в свою очередь снижают дымность, а также повышают мощность двигателя и экономию топлива.

Для увеличения количества светлых продуктов, сырья нефтехимической промышленности, применяют процесс гидрокрекинга, который позволяет выпускать широкий ассортимент продуктов, хотя и является вторичным процессом.

Дальнейшее увеличение глубины переработки нефти обеспечивается увеличением степени превращения нефтяных остатков. С введением в технологическую линию НПЗ модифицированных процессов каталитического крекинга мазута и гидрокрекинга совместно с процессами коксования гудронов может быть достигнута безостаточная переработка нефти. Для производства топлив отвечающих жёстким требованиям, установленным законами ряда

стран, международный рынок предлагает новейшие каталитические технологии: различные модификации гидрокрекинга, позволяющие получать сверхмалосернистое дизельное топливо, разнообразные процессы гидропереработки (депарафинизация, гидроизомеризация, деароматизация топлив).

Гидрокрекинг - один из быстроразвивающихся процессов нефтепереработки. Мощности установок гидрокрекинга за последние 20 лет увеличились в 4 раза и достигли значения почти 250 млн. м³ сырья в год. Этот процесс позволяет получать при использовании катализаторов и параметров технологического режима большой выход ассортимента высококачественных компонентов основных нефтепродуктов: сжиженных газов, реактивных и дизельных топлив, компонентов масел почти из любого углеводородного сырья. Это процесс проводится на полифункциональных катализаторах, обладающих гидрирующими, кислотными свойствами и ситовым эффектом (при селективном гидрокрекинге).

Отличительной особенностью процесса гидрокрекинга от гидроочистки является то, что он включает в себя процессы, в которых более 10 % сырья подвергается деструкции с уменьшением размера молекул. Процесс предназначен для производства компонентов светлых товарных нефтепродуктов – бензинов, реактивных и дизельных топлив, из нефтяного сырья с температурой кипения выше 350 °С. Гидрокрекинг применяют также для производства сырья риформинга, каталитического крекинга и производства масел. Основным сырьём процесса гидрокрекинга являются вакуумные газойли (330 - 550°С) в чистом виде. Компонентами сырья могут также быть различные тяжёлые газойли, например, установок замедленного коксования, каталитического крекинга, висбрекинга. Кроме того, гидрокрекингу могут подвергаться бензиновые фракции для получения сжиженного газа и парафина для получения высокоиндексных масел, высокосернистые нефти, сернистые и высокосернистые мазуты, полугудроны и гудроны для получения

дистиллятных продуктов или котельного топлива с низким содержанием сернистых соединений .

Типы процессов в зависимости от степени конверсии делятся на лёгкий (мягкий) гидрокрекинг (ЛГК) и глубокий (жесткий). В первом случае степень превращения составляет 10 - 50 %, а во втором - более 50 %. Первая группа предназначена для подготовки сырья к последующей переработке и для увеличения выхода «светлых» нефтепродуктов. Вторая группа процессов используется для повышения выхода «светлых» нефтепродуктов.

Гидрокрекинг является наиболее гибким и эффективным процессом переработки нефти. Он используется для получения изобутана, пентан-гексановой фракции, богатой углеводородами изостроения, бензинов, малосернистых реактивных и дизельных топлив с низким содержанием серы, компонентов смазочных масел, сырья для каталитического крекинга и нефтехимического синтеза.

В настоящее время гидрокрекинг имеет большое значение в технологии нефтяных остатков, тяжелых и битумных нефтей, так как позволяет значительно углубить их переработку. Гидрокрекинг осуществляют при температуре 350 – 480 °С и давлении от 3 до 21 МПа, объемная скорость подачи сырья может изменяться от 0,5 до 4 ч⁻¹.

Вместе с увеличением потребления моторного топлива увеличивается риск загрязнения окружающей среды, что приводит к необратимым последствиям ухудшения экологии. Следовательно, встает задача об улучшении качества и характеристик дизельного и керосинового топлив, так как содержание нежелательных примесей в них будет отрицательно сказываться на работе двигателей и на составе отработанных газов, которые в свою очередь будут загрязнять атмосферу. Также встает задача об увеличении производительности установок гидрокрекинга и увеличении выхода целевых продуктов процесса, сокращая при этом протекания нежелательных реакций, приводящих к выходу побочных продуктов.

В современной нефтепереработке реализуются следующие типы промышленных процессов гидрокрекинга:

1) гидрокрекинг бензиновых фракций для получения лёгких изопарафиновых углеводородов, которые являются сырьем для производства синтетического каучука и высокооктановых добавок к автомобильным бензинам.

Целевым назначением процесса гидрокрекинга бензиновых фракций является получение изопарафиновых углеводородов $C_5 - C_6$, которые являются ценным сырьём для производства синтетических каучуков. В мировой нефтепереработке этот процесс не имеет широкого распространения (около 10 установок), но он имеет перспективу промышленного развития, так как в настоящее время возникла необходимость в переработке низкооктановых рафинатов процессов каталитического риформинга нефтехимического профиля. Также увеличивается значимость этого процесса из-за новых ограничений на содержание ароматических углеводородов в бензинах.

В этом процессе применяются цеолитсодержащие биметаллические катализаторы, устойчивые к каталитическим ядам.

Процесс проводится при температуре $350^{\circ}C$, давлении 4 МПа и объемной скорости сырья $0,5 - 1,5 \text{ ч}^{-1}$ с рециркуляцией остатка. В результате получают 31 % изобутана, 16 % изопентанов и 10 % изогексанов при незначительном выходе сухого газа (C_1-C_2).

2) селективный гидрокрекинг бензинов с целью повышения октанового числа и реактивных и дизельных топлив с целью понижения их температуры застывания.

Этот процесс предназначен для улучшения эксплуатационных свойств моторных топлив и масел. Снижение температуры застывания достигается путём селективного расщепления нормальных парафинов, содержащихся в перерабатываемом сырье.

Селективность каталитического действия в процессах селективного гидрокрекинга (СГК) достигается за счёт использования специальных катализаторов на основе модифицированных высококремнеземных цеолитов, обладающих молекулярно-ситовым свойством. Гидродепарафинизацию используют для производства низкозастывающих масел из масляных фракций. Процесс проводят при температуре 300 - 430°C.

3) гидродеароматизация прямогонных керосиновых фракций и газойлей каталитического крекинга проводится с целью снижения в них содержания аренов.

Гидродеароматизация представляет собой каталитический процесс обратного действия по отношению к каталитическому риформингу и предназначен для производства высококачественных реактивных топлив с ограниченным содержанием ароматических углеводородов из керосиновых фракций. Процессы гидродеароматизации реактивных топлив осуществляются при температуре 200-350 °С, давлении 5-10 МПа. В зависимости от содержания гетероатомных соединений в сырье и стойкости катализатора к ядам процессы проводят в одну или две стадии.

4) лёгкий гидрокрекинг вакуумных газойлей с целью облагораживания сырья каталитического крекинга с одновременным получением дизельных фракций.

В связи с устойчивой тенденцией опережающего роста спроса на дизельное топливо по сравнению с бензином за рубежом была начата промышленная реализация установок лёгкого гидрокрекинга вакуумных дистиллятов, которые позволяют получать малосернистое сырьё для каталитического крекинга и значительные количества дизельного топлива. Внедрение процессов лёгкого гидрокрекинга вначале осуществлялось реконструкцией установок гидрообессеривания сырья каталитического крекинга, а затем строительством специально спроектированных новых установок.

Отечественный одностадийный процесс лёгкого гидрокрекинга вакуумного газойля проводится при температуре 420-450 °С на катализаторе АНМЦ, при давлении 8 МПа, объемной скорости сырья 1,0-1,5 ч⁻¹ и кратности циркуляции ВСГ около 1200 м³/м³.

5) гидрокрекинг вакуумных дистиллятов с целью получения моторных топлив и основы высокоиндексных масел.

Одностадийный процесс гидрокрекинга вакуумных дистиллятов проводится в многослойном (до пяти слоев) реакторе с несколькими типами катализаторов. Для того, чтобы градиент температур в каждом слое не превышал 25 °С, между слоями катализатора предусмотрен ввод охлаждающего ВСГ (квенчинг) и предусмотрены контактно-распределительные устройства, обеспечивающие тепло- и массообмен между газом и реакционным потоком, а также равномерное распределение газожидкостного потока над слоем катализатора.

б) гидрокрекинг нефтяных остатков с целью получения моторных топлив, смазочных масел, малосернистых котельных топлив и сырья для каталитического крекинга.

В последние годы все большее применение находят процессы гидрокрекинга высоковязких масляных дистиллятов и деасфальтизаторов с целью получения высокоиндексных базовых масел. Глубокое гидрирование масляного сырья позволяет увеличить индекс вязкости от 50 - 75 до 95-130 пунктов, снизить содержание серы от 2,0 до 0,1 % и ниже, почти на порядок уменьшить коксуюемость и снизить температуру застывания. Для увеличения выхода целевых продуктов гидрокрекинг часто осуществляют в 2 этапа. На первом этапе (при температуре 420-440°С и давлении 20 - 25 МПа) проводят гидрообессеривание и гидрирование полициклических соединений. А на втором этапе (при температуре 320-350°С и давлении 7-10 МПа) на бифункциональных катализаторах осуществляют гидроизомеризацию *i*-алканов.

7) гидрокрекинг остаточного сырья.

Тяжелая высокомолекулярная часть нефти, которая составляет 25 - 30 % нефтяного остатка, является основным резервом для эффективного решения проблемы углубления её переработки. До сих пор значительная доля нефтяных остатков (гудронов, асфальтов) использовалась часто без гидрооблагораживания в качестве котельных топлив, сжигаемых в топках тепловых электростанций, котельных и бойлерных установках

Во второй главе была рассмотрена принципиальная технологическая схема установки.

В третьей главе бакалаврской работы приводится расчётная часть, в которую входит расчёт материального баланса.

Также был произведён расчёт теплового баланса в результате, которого выяснилось, что при проведении процесса происходит выделение избыточной теплоты, поэтому необходимо выбирать политропический реактор с промежуточным охлаждением слоёв катализатора.

Был произведён расчёт реактора гидрокрекинга. В ходе которого определили основные размеры реактора гидрокрекинга. Проверкой послужил расчёт потери давления в слое катализатора.

Выбрали стандартный реактор гидрокрекинга с размерами $H=27500$ мм $D=2400$ мм.

Провели расчёт теплообменного оборудования. Выбрали стандартный теплообменный аппарат. Поверхность теплообмена $F=641\text{ м}^2$, диаметр кожуха $D=1200$ мм, диаметр труб $d_{\text{вн}}=25$ мм, длина труб $L=6000$ мм.

Был проведён экономический расчёт, в результате которого был получен срок окупаемости проекта 2 года.

В четвёртой главе бакалаврской работы приведена техника безопасности эксплуатации установки гидрокрекинга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Р
азработан проект модернизации установки гидрокрекинга вакуумного газойля - для увеличения производительности установки предложена замена реактора.
2. П
роизведён расчёт реактора с проектной мощностью 2,4 млн т/год.
Основные параметры реактора: $H_p = 27500$ мм; $D_p = 2400$ мм.
3. Произведён расчёт
теплообменного оборудования. Основные параметры теплообменника
Поверхность теплообмена $F=641\text{м}^2$, диаметр кожуха $D=1200$ мм,
диаметр труб $d_{\text{вн}}=25$ мм, длина труб $L=6000$ мм.
4. Р
ассчитан срок окупаемости проекта – 2,2 года.