

ВВЕДЕНИЕ

В современных реалиях к нефтепродуктам предъявляются серьезные требования к качеству. Именно по этой причине актуальной проблемой является уменьшение количества ароматических углеводородов, сернистых соединений и иных примесей. Особое внимание уделяется сернистым соединениям, так как они в свою очередь вызывают коррозию оборудования, отравление катализаторов, сильно снижают качество топлив и масел, а также наносят серьезный вред окружающей среде [1].

Один из наиболее успешных путей снижения количества серы бензиновой фракции являются гидрогенизационные процессы. К таким процессам относятся:

— гидроочистка топливных и масляных фракций. Главная цель – удаление гетероатомных соединений, непредельных углеводородов и частичное гидрирование ароматических углеводородов;

— гидрообессеривание и гидрометаллизация тяжелых нефтяных остатков;

— гидрокрекинг вакуумных газойлей и тяжелых нефтяных остатков с целью углубления переработки нефти и расширения ресурсов моторных топлив.

Действующие экологические нормы строго ограничивают содержание серы в рафинированном топливе, таком как дизельное топливо и бензин, а содержание серы в сырой нефти может достигать до 15 процентов. В связи с этим совершенствование процесса гидроочистки бензиновых фракций является актуальным в современной нефтепереработке [2].

В настоящее время активно используются методы математического моделирования в средах различных программных обеспечений. Такие модели максимально приближены к реальным условиям и позволяют воссоздать работу различных установок нефтепереработки. С помощью них можно проанализировать работу установки при различных параметрах, отличающихся от технологического режима.

Также модели используются в качестве компьютерных тренажерных комплексов (КТК), предназначенные для обучения и подготовки оперативного и технологического персонала предприятий. Применение КТК обеспечивает повышение технологической безопасности работы предприятия, снижение потерь, оптимизацию работы установки, отладку технологических режимов и алгоритмов систем управления.

Также тренажерный комплекс позволяет симулировать аварийные ситуации и предоставляет возможность отработки ликвидации персоналом.

Целью выпускной квалификационной работы является создание математической модели процесса гидроочистки бензиновой фракции в программном обеспечении с подбором оптимальных параметров реакторного блока.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести анализ литературных и патентных источников по процессу гидроочистки и по способам моделирования реакторных процессов с применением компьютерных систем.
2. Построение модели процесса гидроочистки в программном обеспечении и проверка ее на адекватность в различных режимах эксплуатации.
3. Исследование влияния основных технологических параметров на режим работы реакторного блока.

Бакалаврская работа Нилова Дениса Алексеевича на тему «Разработка математической модели реактора гидроочистки для работы в составе компьютерного тренажерного комплекса» представлена на 43 страницах, содержит 6 рисунков и 9 таблиц и состоит из двух глав:

1. Сущность и аппаратное оформление процесса гидроочистки;
2. Разработка математической модели реактора гидроочистки.

Сущность и аппаратное оформление процесса гидроочистки

Гидроочистка — процесс химического превращения веществ под воздействием водорода при высоком давлении и температуре в присутствии катализатора. Гидроочистка нефтяных фракций— один из наиболее масштабных каталитических процессов нефтепереработки [3].

Сырьем гидроочистки может являться прямогонная бензиновая фракция с предельной температурой выкипания, равной 180 °С. Состоят преимущественно из нормальных парафинов С5-С9. Гидроочистка бензина прямогонных бензиновых фракций направлена на получения гидроочищенных бензиновых фракций - сырья для риформинга.

Параметры процесса

Основными параметрами процесса гидроочистки является:

1) Температура

Температура процесса гидроочистки находится в диапазоне от 320 до 420 °С.

Выбор температуры обусловлен тем, что при температуре ниже 330-320°С гидрирование проходит недостаточно интенсивно, что в свою очередь влияет на показатель обессеривания [1].

При температуре выше 420°С активно протекают побочные реакции, чаще всего реакции деструкции. Также при высоких показателях температуры возрастает количество образования и отложения кокса на катализаторе — происходит дезактивацию [3].

2) Давление

Параметры давления на установке процесса гидроочистки варьируется от 3 до 5 Мпа.

При давлениях от 2 до 3 Мпа уже можно добиться степени обессеривания в районе 90%, но из-за современных требований к нефтепродуктам такой показатель является недостаточным. Более высокую степень обессеривания можно добиться только при давлениях выше 3 Мпа [4].

3) Кратность циркуляции водородосодержащего газа

Кратность циркуляции водорода составляет 180-600 м³/м³, а содержание водорода в водородсодержащем газе (ВСГ) составляет 60-90%.

4) Активность катализатора

От показателя активности катализатора в первую очередь зависит степень очистки сырья, таким образом, чем выше активность катализатора, тем глубже пройдет очистка. А также чем выше активность катализатора, тем с более высокой объемной скоростью можно проводить процесс.

Со временем активность катализатора снижается, на что влияют отложения серы и кокса на его поверхности. В силу чего, необходимо периодически проводить регенерацию катализатора, которая приводит к восстановлению его активности.

Постепенно катализатор из-за рекристаллизации и изменения структуры поверхности, а также в силу адсорбции, протекающей на поверхности катализатора металлорганических и других веществ, блокирующих активные центры, теряет свои свойства.

5) Объемная скорость подачи сырья

Глубина очистки зависит от объемной скорости подачи сырья (ОСПС), которая является отношением объема жидкого сырья, подаваемого в реактор за 1 час, к общему объему катализатора.

При низкой скорости подачи сырья степень обессеривания повышается, но при этом увеличивается количество отложений кокса на катализаторе.

При высокой скорости подачи сырья степень обессеривания падает, но значительно уменьшается количество отложений кокса.

Для подбора оптимальной объемной скорости подачи сырья определяют опытным путем. ОСПС зависит от таких факторов, как содержание серы в исходном веществе (смеси веществ); типа катализатора; давления и температуры. Увеличением объемной скорости выше допустимой ведет к снижению интенсивности всех реакций [8].

Аппаратурное оформление процесса гидроочистки

Аппараты, в которых проводят химические реакции процесса гидроочистки, называются реакторами.

Конструкция реактора зависит от множества факторов, таких, как:

- агрегатное состояние реагирующих и образующихся веществ;
- интенсивность теплообмена;
- химические свойства перерабатываемых веществ;
- температура и давление в реакционной зоне;
- непрерывность или периодичность процесса;
- выбор катализатора и его состояние.
- использование перемешивающего устройства или его отсутствие

Основой для классификации реакторов процесса гидроочистки являются физические и термодинамические характеристики потоков, проходящих через реактор, направление их движения, внутреннее и внешнее расположение и исполнение деталей, а также конструктивные особенности.

Анализ работы реакторов гидроочистки при изменении температуры в программе моделирования

Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что при недостаточной температуре реакции гидрирования идут недостаточно интенсивно, что негативно влияет на степень обессеривания газопродуктовой смеси. При этом высокие температуры показывают отличную степень обессеривания, однако математическая модель не может отразить степень дезактивацию катализатора, происходящая из-за повышенных отложений кокса на его поверхности.

Анализ работы реакторов гидроочистки при изменении циркуляции ВСГ

Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что при работе модели с избытком ВСГ, количество не вступивших в реакцию сульфосоединений значительно меньше, чем при работе без избытка ВСГ, так

как оптимальная скорость гидрирования поддерживается только в избытке. Модель не может отразить коксообразования на катализаторе, но дезактивации катализатора является не менее важным показателем при выборе оптимальной подачи ВСГ в технологическом режиме работы установки гидроочистки. Содержание водорода в газе перед компрессором составляет 92%.

Анализ работы реакторов при различных давлениях системы

Исходя из полученных данных видно, что более высокой степени обессеривания можно добиться, только при высоких давлениях. Но для проведения процесса под высокими давлениями будут нужны определенный аппараты, позволяющие вести процесс при таких условиях.

ВЫВОДЫ

1. На основании литературно-патентного поиска определены основные характеристики процесса гидроочистки бензиновой фракции, а также факторы, влияющие на степень очистки сырья. Изучены методы моделирования химико-технологических процессов, в частности особенности моделирования реакторного блока процесса гидроочистки.

2. На основании изученных данных построена модель реакторного блока процесса гидроочистки, адекватность которой подтверждена соответствием значений основных технологических параметров модели и реальной установки в статических и динамических режимах.

3. С помощью созданной модели процесса гидроочистки изучено влияние основных параметров процесса, таких, как температура, давление и циркуляция ВСГ. Исходя из полученных данных, установлены следующие оптимальные параметры для гидроочистки данной фракции: температура в интервале 340-355 °С, давление 3,75-3,9МПа изб. , циркуляция ВСГ 4600-5000 кг/ч.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ахметов, С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа / С. А. Ахметов. - Уфа: Гилем, 2002.-575 с.
- 2 Ишмаева, Э. М. Результаты исследований установки гидроочистки бензина каталитического крекинга / Э. М. Ишмаева, Г. М. Сидоров // Нефтегазопереработка - 2017 : Материалы международной научно-практической конференции, Уфа, 23 мая 2017 года. – Уфа: Государственное унитарное предприятие «Институт нефтехимпереработки Республики Башкортостан», 2017. – С. 27-28.
- 3 Сотников, В. В. Автоматизированное проектирование и управление процессом гидроочистки дизельного топлива / В. В. Сотников, Н.В. Лисицын // СПб.: Изд-во «Химиздат», 2005. - 221 с.
- 4 Зуйков, А.В. Особенности производства малосернистого дизельного топлива с низким содержанием полициклических ароматических углеводородов / А.В. Зуйков, Е.А. Чернышева, Ю.В. Сидоров // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2013. –№1. – с. 11
- 5 Рябов, В.Д. Химия нефти и газа/ В.Д. Рябов // Химия нефти и газа: учебное пособие. – М.: ИД «Форум», 2012, – 336 с.
- 6 Капустин, В. М. Технология переработки нефти / В. М.Капустин, А. А. Гуреев // Москва: Изд-во Колос, 2007. – ч. 2. – 334 с.
- 7 Юдин, Е.В. Гидроочистка бензиновых фракций вторичных процессов нефтепереработки / Е. В. Юдин, А. Т. Гильмутдинов // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2015. - № 5. – с 21.
- 8 Шалиевский, А.А. Анализ процесса гидроочистки бензина / А. А. Шалиевский, К. Ф. Красильникова, О. В. Анищенко и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 4. – С. 172-173.
- 9 Власов, В. Г. Гидроочистка, гидрообессеривание и гидрокрекинг нефтяного сырья: учеб. - метод. пособие. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. – 139 с.

- 10 Старцев, А.Н. Сульфидные катализаторы гидроочистки: синтез, структура, свойства / А.Н. Старцев. Ин-т катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2008. 206 с.
- 11 Байдавлетова, З. М. Исследование химических и эксплуатационных свойств бензина каталитического крекинга в условиях гидроочистки / З. М. Байдавлетова // Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2019 : Сборник трудов II международного научно-технического форума: в 10 т., Рязань, 27 февраля – 01 2019 года / Рязань: Book Jet, 2019. – С. 87-93.
- 12 Красильников, Е. А. Сравнительный анализ режимов работы реактора гидроочистки с неподвижным и псевдоожиженным слоями катализатора / Е. А. Красильников // Химия. Экология. Урбанистика. – 2021. – Т. 4. – С. 287-291.
- 13 Искаков, А. Ю. Расчет реактора гидроочистки / А. Ю. Искаков, Г. М. Кирилин, А. О. Исаева // Матрица научного познания. – 2019. – № 12. – С. 8-11."
- 14 Курзаева, М. С. Моделирование реактора гидроочистки дизельного топлива / М. С. Курзаева // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17–20 мая 2016 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); Институт природных ресурсов (ИПР); Институт физики высоких технологий (ИФВТ); Физико-технический институт (ФТИ); Сибур-Холдинг. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – С. 356-358.
- 15 Анайманович, В. А. Математическая модель реактора процесса гидроочистки дизельного топлива / В. А. Анайманович, В. В. Сотников, Н. В. Лисицын [и др.] // Известия Орловского государственного

технического университета. Серия: Информационные системы и технологии. – 2006. – № 1-2. – С. 7-10.

- 16 Воронов, М. В. Математическое моделирование каталитической системы реактора гидроочистки / М. В. Воронов, Г. И. Мельник, Д. С. Трунькин // Наука. Исследования. Практика : сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 25 июня 2021 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2021. – С. 96-98.
- 17 Жилина, В. А. Математическое моделирование и оптимизация реактора гидроочистки дизельного топлива / В. А. Жилина, Н. А. Самойлов // Нефтегазопереработка - 2015 : Материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 20 мая 2015 года / ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ». – Уфа: Государственное унитарное предприятие «Институт нефтехимпереработки Республики Башкортостан», 2015. – С. 184-185.