

сульфирующего агента приводит к деалкилированию алкилбензола с образованием олефинов, которые, полимеризуясь образуют смолистые соединения, что приводит к ухудшению цвета сульфоновой кислоты.

Серный ангидрид обладает высокой химической активностью. При взаимодействии с водой он образует серную кислоту, при растворении в серной кислоте образует олеум. Серный ангидрид и серная кислота могут вызывать коррозию металлов.

С целью снижения концентрации данных продуктов в выходном потоке были произведены расчёты при изменении мольного соотношения реагентов. На рисунке 2 представлена зависимость концентраций серной кислоты и серного ангидрида в газовой фазе на выходе из реактора от мольного соотношения реагентов.

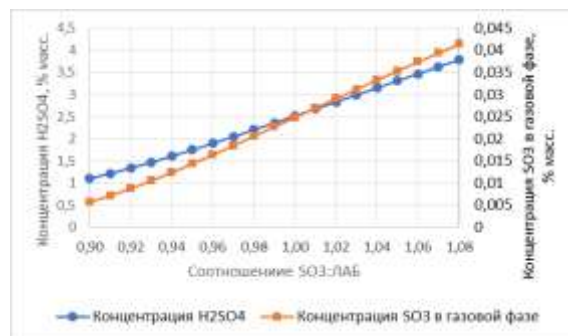


Рис.2. Зависимость концентраций серной кислоты и серного ангидрида на выходе из реактора от мольного соотношения реагентов

При уменьшении мольного соотношения происходит снижение концентраций серной кислоты и серного ангидрида в выходном потоке, так как большая часть SO_3 взаимодействует с ЛАБ.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-4011.2021.4.

Литература

1. Landeck L. Detergents, in: Kanerva's Occupational Dermatology. / L. Landeck, L. A. Baden, S. M. John. – 2019. – P. 1131–1143. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68617-2_75.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

Чернышов М.Н., Белинская Н.С.

Научный руководитель научный сотрудник Н.С. Белинская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Повышение глубины переработки нефти и улучшение качественных показателей нефтепродуктов таких, как: массовая доля общей серы и меркаптановой серы, октановое и цетановое число, содержание бензола и многое другое, является принципиально важной целью нефтеперерабатывающей отрасли в настоящее время [1,2]. Гидрокрекинг позволяет перерабатывать практически любой тип нефтяного и нефтепродуктового сырья с получением широкого ассортимента продуктов высокого качества, включая сжиженные газы ряда $\text{C}_3 - \text{C}_4$, бензиновую, керосиновую и дизельную фракцию, а также компоненты масел [3].

Стоит также отметить преимущество процесса гидрокрекинга в его гибкости проведения процесса, что позволяет получать продукты как для дальнейшего нефтехимического производства, так и уже товарные продукты [4].

В настоящий момент развитие цифровизации и моделирования является основой интенсификации любого нефтехимического процесса. Так большая наукоемкость процесса гидрокрекинга подчеркивает актуальность данной тематики.

Целью данной научной работы является разработка математической модели процесса гидрокрекинга вакуумного газойля.

Для реализации программы, основанной на математической модели процесса гидрокрекинга, использовалась следующая схема реакций, представленная на рисунке 1.



Рис.1. Схема превращения

СЕКЦИЯ 11. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Отслеживание динамики изменения содержания компонентов в сырье и продуктовой смеси описывается системой из дифференциальных уравнений по времени:

$$\frac{dC_k}{d\tau} = \sum a_{i,j} \cdot k_j \cdot C_i, \quad (1)$$

где C_i, C_k – концентрация компонента i, k , моль/л; τ – время контакта, с; $a_{i,j}$ – стехиометрический коэффициент компонента i в реакции j ; k_j – константа скорости реакции j , с⁻¹.

Константы скоростей реакций, представленные в уравнении выше, вычисляются по уравнению Аррениуса с коррекцией по активности катализатора, в виду его постепенной дезактивации:

$$k_j = K_a \cdot \left[k_{0,i} \cdot e^{\left(-\frac{E_i}{RT}\right)} \right], \quad (2)$$

где K_a – коэффициент активности катализатора; E_i – энергия активации i -го вещества, Дж/моль; $k_{0,i}$ – предэкспоненциальный множитель, с⁻¹; R – универсальная газовая постоянная; T – температура процесса, К.

Дезактивация катализатора в основном возникает вследствие образования кокса, который адсорбируется на поверхности катализатора, следовательно, перекрывая доступ к активным центрам, уменьшая производительность процесса. Учитывая вышесказанное, в расчетах процесса гидрокрекинга на математической модели необходимо учитывать изменение коэффициента, отражающего активность катализатора, по времени. В разработанной программе заложена следующая функциональная зависимость для учета активности катализатора:

$$K_a = \frac{S(t)}{S_0} \quad (3)$$

где S – активная площадь поверхности катализатора на текущий момент, м²; t – срок эксплуатации катализатора, сутки; S_0 – активная площадь поверхности катализатора на начальный момент времени, м².

Активная площадь катализатора на текущий момент времени вычисляется с использованием следующей функциональной зависимости:

$$S = S_0 \cdot e^{(k_g \cdot t)}, \quad (4)$$

где k_g – коэффициент, отражающий уменьшение активной поверхности катализатора.

Используя содержание углеводородных соединений в сырье, с помощью программы мы можем оценивать выход ключевых продуктов, а именно содержание предельных углеводородов (важный показатель для дизельного топлива), а также содержание ароматических соединений, при варьировании температуры и давления в реакторе в зависимости от времени контакта.

На рисунке 2 показана зависимость выхода предельных углеводородов в зависимости от температуры в реакторе. На рисунке 3 показана зависимость выхода предельных углеводородов при изменении давления в реакторе.

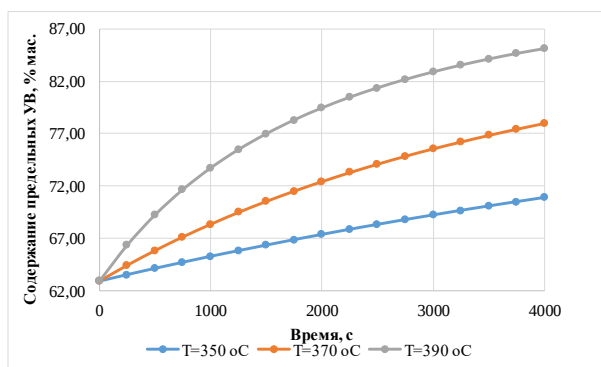


Рис.2. Зависимость выхода предельных углеводородов от времени контакта и температуры

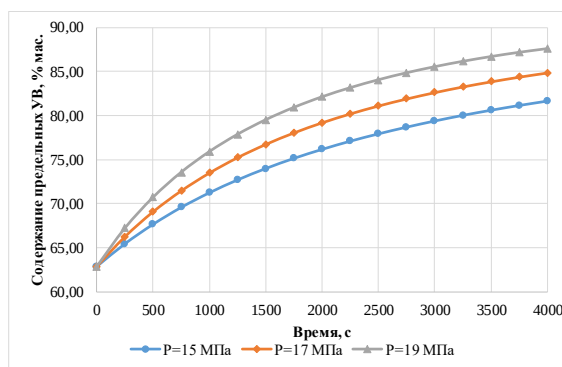


Рис.3. Зависимость выхода предельных углеводородов от времени контакта и давления

Анализируя полученные результаты наблюдаем увеличение выхода предельных углеводородов при повышении температуры и давления в реакторе, что позволяет говорить о работоспособности математической модели процесса гидрокрекинга вакуумного газойля.

Литература

1. Онищенко, М. И. Активность нанесенных и сформированных катализаторов на основе цеолита в процессе гидрокрекинга вакуумного газойля / М. И. Онищенко, А. Л. Максимов // Нефтехимия. – 2018. – Т.58. – №4. – С.443–450.

2. Белинская, Н. С. Исследование закономерностей и разработка модели процесса гидрокрекинга вакуумного газойля / Белинская, Н. С., Афанасьева Д. А., Быкова В. В., Костень М. С. // Технология нефти и газа. – 2021. – №4 (135). – С. 10–15.
3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб.: Недра, 2013. – 544с.
4. Анищенко, О. В. Улучшение технико-технологических показателей процесса гидрокрекинга вакуумного газойля / О. В. Анищенко, С. В. Павлова, И. М. Майкин., В. К. Гончаров. // Инновационные научные исследования: сетевой журнал. – 2021. – №6-1(8). – С. 7-15.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Чайкина Я.И.

Научный руководитель доцент Е.В. Бешагина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Проблема обводненности нефтяных залежей очень распространённый процесс. Водонефтяные эмульсии образуются на всех этапах добычи нефти: при прохождении через клапаны, дроссели или насосы. К тому же они могут обладать высокой вязкостью благодаря присутствию в их составе природных поверхностно-активных веществ, которые их стабилизируют [1].

Подготовка таких водонефтяных эмульсий очень затруднена, поэтому чем меньше их вязкость, тем лучше они подвергаются процессу разделения, и в целом легче осуществляется их дальнейшая транспортировка. Снижение же высокой вязкости в свою очередь требует лучшего понимания свойств эмульсий.

К числу важных свойств эмульсий относятся их текучие свойства, в частности их реология [2]. Реология в целом определяется как изучение деформации и течение материалов под действием приложенного напряжения сдвига. Реологическое поведение эмульсий представляет большой интерес не только для фундаментального научного понимания, но и для практического промышленного применения [3 – 4]. Поэтому изучение реологических свойств позволит детальнее исследовать вопросы, касаемые формирования внутренней структуры эмульсий и найти нужное решение технологических проблем, возникающих в процессе добычи нефти.

Цель работы заключалась в оценке влияния магнитной обработки на реологические свойства стойкой водонефтяной эмульсии.

Объектом исследования являлись образцы стойкой водонефтяной эмульсии с объемной долей воды 40 %, которая характеризовалась высоким содержанием глинистых частиц и механических примесей.

В качестве источника постоянного магнитного поля применяли магнитную систему, длина которой составляла 58 см с индукцией 160 – 200 мТл.

Первоначально подготовили образцы для исследования в объеме 200 мл. Образец № 1 пропускали через магнитную систему, образец № 2 оставался исходным. Затем определяли динамическую вязкость каждого образца с помощью ротационного вискозиметра Fungilab, измерения проводили при $T=24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для достоверности полученных результатов эксперимент проводили трижды.

По окончании была проведена расчетная часть исследования зависимости динамической вязкости стойкой водонефтяной эмульсии от скорости сдвига до и после магнитной обработки. Рассматривали течение стойкой водонефтяной эмульсии в круглой трубе длиной L и радиусом R под действием постоянного перепада давления ΔP . При расчете были приняты следующие допущения [5]:

1. эмульсия – несжимаемая жидкость;
2. течение – ламинарное ($Re < 2300$);
3. динамическая вязкость водонефтяной эмульсии зависит от скорости сдвига $\dot{\gamma}$ по степенному закону [6]:

$$\mu(\dot{\gamma}) = \frac{k}{\dot{\gamma}^{1-n}}, \quad (1)$$

где: μ – динамическая вязкость, Па·с;

$\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с^{-1} ;

k – мера средней вязкости,

n – мера отклонения поведения жидкости от закона Ньютона.

На рисунке представлены результаты расчета зависимости динамической вязкости стойкой водонефтяной эмульсии от скорости сдвига в логарифмической системе координат.