

РАСЧЕТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ

Попова Н. В., Белинская Н. С.

Томский политехнический университет, Институт природных ресурсов
nvp5@tpu.ru, belinskaya@tpu.ru

Введение

Метод математического моделирования играет очень важную роль в области нефтеперерабатывающей индустрии, так как позволяет успешно проводить аналитическое описание процессов, происходящих в аппаратах, а также эффективно прогнозировать работу установок, что является важным аспектом на производстве.

В современной нефтепереработке и нефтехимии существует тенденция к увеличению глубины переработки сырья и повышению ресурсоэффективности [1]. Данная работа посвящена разработке математической модели с целью оптимизации процесса каталитической гидродепарафинизации дизельных фракций для получения зимнего и летнего дизельного топлива со сверхнизким содержанием серы.

Объектом исследования является установка гидродепарафинизации Л-24-10/2000, введенная в эксплуатацию в ООО «КИНЕФ». Эта установка даёт возможность включать в процесс получения дизельного топлива атмосферный газойль и облагораживать бензин висбрекинга, что в свою очередь является сырьём для установок риформинга и изомеризации [1,4].

Математическая модель процесса

Для моделирования данного процесса требовалось провести термодинамический анализ, чтобы определить реакции, протекающие в процессе. Результатом анализа являлось нахождение значений изменения энергии Гиббса (ΔG), энтальпии (ΔH) и энтропии реакций (ΔS). Далее определялась термодинамическая вероятность протекания реакций по значениям ΔG [2,3].

Следующим шагом моделирования являлось создание модуля расчёта реактора гидродепарафинизации в Delphi (рис.1).

Модуль позволяет считывать данные по составу сырья и водородсодержащего газа (ВСГ), задавать условия в реакторе (давление, температуру, расход сырья и ВСГ) и проводить расчёт покомпонентного состава продукта, который затем отправляется в колонну стабилизации К-1. Расчёт проводится в программе на основании кинетической модели реакций и термодинамики процесса. Преимущество такого модуля в том, что он имеет

Данный расчёт также проводится в модуле. Результаты расчета значений

несложный интерфейс, позволяющий рассчитывать данные не только профессиональным инженерам, но и техническому персоналу предприятия, а также может быть использован в образовательных целях.

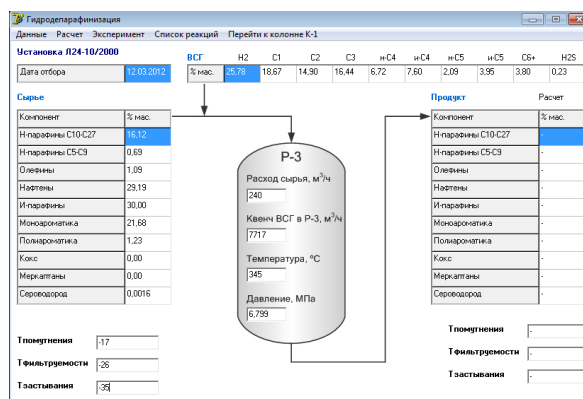


Рисунок 1 - Вид рабочего модуля расчета реактора гидродепарафинизации в Delphi

Среди основных реакций особое место занимают реакции изомеризации n -парафинов C_5 - C_{16} и гидрокрекинга n -парафинов C_{17} - C_{27} , именно эти реакции являются решающими при определении свойств дизельного топлива. Одним из этапов моделирования являлось установление низкотемпературных свойств сырья, поступающего в реактор гидродепарафинизации, и продукта (нестабильного гидрогенизата), выходящего из реактора [3]. Эти свойства включают в себя температуру застывания, температуру предельной фильтруемости и температуру помутнения. Все перечисленные показатели характеризуют низкозастывающие дизельные фракции, и чем ниже данные температуры, тем качественнее используемое топливо.

Низкотемпературные свойства зависят от количества n -парафинов C_{10} - C_{27} (%) в сырье, и для нахождения аналитического описания данной зависимости, был проведён статистический анализ выборки экспериментальных данных, полученных с действующей установки. Для выбора уравнения, которое бы наилучшим образом описывало зависимость данных, была осуществлена аппроксимация имеющихся экспериментальных данных.

низкотемпературных свойств продукта для двух разных составов и при варьировании

температуры и расхода сырья в реактор приведены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1. Низкотемпературные свойства продуктов для состава с содержанием н-парафинов 16,12%

Данные за 12.03.2012				
Расход, м ³ /ч	T , °C	T_n , °C	$T_{ПТФ}$, °C	T_3 , °C
240	348	-19	-22	-30
	351	-21	-22	-32
	355	-22	-24	-34
	360	-24	-25	-36

T – температура в реакторе, °C, T_n – температура помутнения, °C, $T_{ПТФ}$ – предельная температура фильтруемости, °C, T_3 – температура застывания, °C.

Полужирным шрифтом выделены значения температур, которые соответствуют требуемым температурам получаемого продукта.

Таблица 2. Низкотемпературные свойства продуктов для состава с содержанием н-парафинов 19,19%

Данные за 28.01.2014				
Расход, м ³ /ч	T , °C	T_n , °C	$T_{ПТФ}$, °C	T_3 , °C
356	348	-16	-20	-27
	351	-19	-21	-30
	355	-22	-23	-35
	360	-26	-27	-40

Таким образом, оптимальной температурой процесса будет являться $T=360$ °C. При повышении содержания парафинов в сырье значения низкотемпературных свойств увеличиваются. Было установлено, что с повышением содержания н-парафинов в сырье на 3.1% температура помутнения, предельной фильтруемости и застывания повышается на 3 °C, 2 °C и 3 °C

соответственно. В свою очередь, увеличение температуры в реакторе гидродепарафинизации способствует гидрокрекингу тяжелой части сырья с последующей изомеризацией более низкомолекулярных соединений, и данный процесс необходимо проводить при наибольшей температуре, но в определенных пределах, чтобы избежать закоксовывания катализатора.

Заключение

Таким образом, в ходе данной работы найдены корреляционные зависимости низкотемпературных свойств от содержания н-парафинов в сырье, усовершенствован модуль расчета реактора гидродепарафинизации путем добавления расчета температур помутнения, предельной фильтруемости и застывания сырья и продукта.

Список использованных источников

1. Дружинин О.А. Деструктивные гидрогенизационные процессы при получении низкозастывающих дизельных топлив: автореф. дис.... канд. хим. наук. – Красноярск, 2009. – 21 с.
2. Фалеев С.А., Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Францина Е.В., Силко Г.Ю. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2013. - №10. – С.14-18.
3. Белинская Н.С., Францина Е.В. Кинетическая модель процесса депарафинизации дизельных топлив и ее компьютерная реализация // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов X Междунар. научн.-практ. Конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 13-16 ноября 2012. – Томск: Изд-во ТПУ. – С.69-71.
4. Х. Анчита, Дж. Спейт (ред). Переработка тяжелых нефтей и нефтяных остатков. Гидрогенизационные процессы: пер. с англ. / Под ред. О.Ф. Глаголевой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 384 с., ил.