

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА «КАТАЛИТИЧЕСКИЙ РИФОРМИНГ» Маткулова Л.Ф.<sup>1</sup>, Умергалин Т.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Маткулова Ляйсан Фиратовна – магистрант,  
кафедра газохимии и моделирования химико-технологических процессов;  
<sup>2</sup>Умергалин Талгат Галеевич - профессор, доктор технических наук,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

**Аннотация:** процесс каталитического риформинга бензиновых фракций (риформинга бензинов) является одним из важнейших процессов современной нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Процесс предназначен для производства высокооктановых компонентов автомобильных бензинов и для производства легких ароматических углеводородов – бензола, толуола и ксилолов. В статье анализируется совершенствование работы установки путем определения профиля температур на входах в ступени каталитического риформинга, достигая максимальный выход стабильного катализата при требуемом содержании в нем ароматических углеводородов.

**Ключевые слова:** каталитический риформинг, оптимизация, ароматические углеводороды, бензиновая фракция, реакторный блок, температура.

В настоящее время каталитический риформинг стал одним из ведущих процессов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. С его помощью удается улучшать качество бензиновых фракций и получать ароматические углеводороды, особенно из сернистых и высокосернистых нефтей. Каталитический риформинг является давно и хорошо известным процессом переработки бензиновых фракций углеводородов различного происхождения (прямогонный и синтетический бензин, бензин пиролиза, газовый бензин).

Обычно реакторный блок установки каталитического риформинга бензина состоит из 4 последовательно соединенных реакторов, в которых в результате дегидрирования нафтеновых углеводородов на катализаторе образуется ароматические углеводороды, которые являются высокооктановыми компонентами бензина, а также ценным сырьем в химическом производстве для получения бензола, ксилола, толуола.

Основным регулируемым параметром процесса является температура на входе в реактор. Процесс риформирования проводят в интервале температур 480 – 530°C. Поскольку процесс риформирования в целом эндотермичен, обычно его осуществляют с промежуточным подогревом, следовательно, тепловой режим работы реакторов существенно влияет на технико-экономические показатели установки. Совершенствование работы установки возможно путем определения профиля температур на входах в ступени каталитического риформинга. При этом достигается максимальный выход стабильного катализата при требуемом содержании в нем ароматических углеводородов.

К настоящему времени разработаны и используются на практике несколько методов управления режимом каталитического риформинга. В основе вычислительных процедур обычно принимают модель расчета регулируемого показателя качества по измеряемым параметрам. Отличительными особенностями в подобных системах управления является различие в подходах к определению критерия при оптимизации технологического режима, расчета управляющих воздействий и степени их влияния на технико-экономические показатели:

- способ управления процессом каталитического риформинга, где главным критерием является максимизация выхода продукта - высокооктанового бензина при условии обеспечения его заданного качества [1];

- регулирование средневзвешенной температуры расчетного профиля температуры на входе с целью обеспечения заданного октанового числа катализата. При расчете параметров технологического режима используется система оперативной оптимизации на основе собственной запатентованной технологии фирмы-разработчика [2];

- способ управления на основе вычисления октанового числа по модели и поддержание октанового числа на заданном уровне изменением средневзвешенной температуры на входе в реактор. В математической модели октановое число является функцией скорости подачи сырья, средневзвешенной температуры на входе в реактор и группового химического состава сырья. Скорость дезактивации катализатора поддерживается на постоянном уровне компенсацией давления процесса. Расчет скорости дезактивации катализатора выполнен с использованием средневзвешенной температуры на входе в реактор или данных анализа катализатора [3].

Нами для оптимизации температурного режима реакторного блока установки принят дискретный принцип максимума Понтрягина, который позволяет выделить из множества допустимых процессов некоторое подмножество процессов, “подозрительных” на оптимальность, успешно используемый при

совершенствовании схем и оптимизации рабочих режимов химико-технологических установок [4, 5]. При описании кинетики используются температурные зависимости констант скоростей, описываемых уравнением Аррениуса.

Предусмотрена также возможность, в целях повышения качества продукции, выделения перед последним реактором промежуточной ароматической фракции [6]. При этом система нелинейных уравнений теплового баланса и уравнения однократного испарения решается методом Ньютона-Рафсона с определением соответствующей матрицы Якоби [7, 8].

Разработанный в среде программирования Pascal ABC пакет программ позволил определить оптимальный температурный режим сложной химико-технологической системы.

#### ***Список литературы***

1. Фирма «Комбастшн Энджиниринг Симкон» Каталитический риформинг // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом, 1989. № 3. С. 105.
2. Фирма «ПРОФИМЭТИКС». Каталитический риформинг // Нефть, газ и нефтехимия, 1989. № 3. С. 105.
3. Фирма «Эплайд Отомейшн». Каталитический риформинг // Нефть, газ и нефтехимия, 1989. № 3. С. 104.
4. *Умергалин Т.Г.* Процесс совмещенной многоступенчатой конденсации и испарения смеси. Уфа: Башкирское книжное издательство, 1991. 150 с.
5. *Умергалин Т.Г., Исакова З.М.* Компьютерное моделирование и оптимизация производственных технологических установок // Известия ЮФУ. Технические науки, 2005. № 1 (45). С. 43 - 44.
6. *Маткулова Л.Ф., Мусина А.Р., Осипова А.Г.* Моделирование и оптимизация химико-технологических установок // Теория и практика массообменных процессов химической технологии (Марушкинские чтения) сборник научных трудов по материалам V Международной научной конференции, 2016. С. 156.
7. *Умергалин Т.Г.* Математическое моделирование основных химико-технологических процессов: Учебное пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. 61 с.
8. *Умергалин Т.Г.* Основы вычислительной математики. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. 106 с.