

образуются циклические углеводороды, и чем мягче условия, тем их доля больше. Окончательное формирование активной поверхности

проходит за 7 часов синтеза, а не 200, и после этого выходы циклических продуктов резко снижаются.

### Список литературы

1. *Химические вещества из угля. Под ред. И.В. Калечица. Пер. с нем.– М.: Химия, 1980.– С.284–389.*
2. *Яворовский Н.А., Пустовалов А.В. // Известия вузов. Физика, 2013.– №56.– С.164–169.*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ АЛКИЛАТОВ

Е.С. Бурыхина

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.Н. Ивашкина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30*

В настоящее время в условиях расширения областей потребления нефтепродуктов и ограничения по добыче нефти стоит задача углубленной и комплексной ее переработке в направлении увеличения производства моторных топлив и сырья для нефтепереработки. Использование высокооктановых добавок к бензинам позволяет без увеличения карбюраторных двигателей повысить их мощность и, вместе с тем, одновременно, снизить удельный расход потребляемого топлива [1]. С целью получения высокооктанового компонента бензина применяется процесс алкилирования изобутана олефинами. Задача повышения эффективности эксплуатации действующих установок алкилирования является крайне актуальной и значимой с точки зрения повышения энерго- и ресурсоэффективности их работы [2].

Катализаторами в важнейшем процессе нефтепереработки – алкилировании изобутана олефинами – являются серная или фторводородная кислоты. В России наиболее распространено использование сернокислого катализатора, поскольку такой процесс считается более безопасным. В общем виде реакция процесса описывается следующим уравнением:  $C_nH_{2n+2} + C_mH_{2m} = C_{n+m}H_{2(n+m)+2}$  [3]. Сырьем в процессе алкилирования служит изобутановая фракция и бутан-бутиленовая фракция, содержащая около 50% олефинов. В качестве дополнительного источника олефинов используют пропан-пропиленовую и пентан-амиленовую фракции. Примеси, содержащиеся в бутан-бутиленовой фракции вступают в побочные реакции с серной кислотой, что ухудшает ее каталитиче-

ские свойства [3].

Целью данной работы было исследование модели процесса сернокислого алкилирования изобутана с применением математической модели. При этом было рассмотрено влияние различных факторов на значение октанового числа, состав продуктов и выхода алкилата. Расчеты производились на основе экспериментальных данных, полученных на Омском нефтеперерабатывающем заводе. В результате были выявлены представленные ниже зависимости.

При увеличении концентрации изобутана и постоянных прочих параметрах увеличивается соотношение изобутановой и олефиновой фракций, октановое число и выход алкилата. Повышение концентрации изобутана в поступающем в реакционную массу сырье приводит к повышению его концентрации и на границе раздела фаз углеводороды – катализатор, где и происходит реакция. Благодаря этому подавляются побочные реакции образования органических высокомолекулярных веществ, полимеризации и деалкилирования, чем и объясняется увеличение указанных выше показателей.

Повышение концентрации бутилена в реакционной смеси напротив снижает соотношение изобутановой и олефиновой фракций, в результате чего доля изобутана, задействованного в подавлении побочных реакций, уменьшается, а содержание примесей увеличивается. Поэтому зависимость октанового числа от концентрации бутилена является убывающей.

В процессе алкилирования происходит накопление в серной кислоте высокомолекулярных органических соединений, а также ее

разбавление водой. Это приводит к снижению концентрации серной кислоты, образованию эмульсии с углеводородами и ухудшению качества алкилата. Расход серной кислоты при этом увеличивается.

Также была рассмотрена зависимость октанового числа алкилата от концентрации пропилена. По результатам исследования при увеличении концентрации пропилена в бутан-бутиленовой фракции октановое число

уменьшается. Пропилен вступает в реакцию с изобутаном с образованием веществ, имеющих октановые числа ниже, чем у изооктанов [3]. Следовательно, повышение их концентрации в алкилате способствует понижению его октанового числа.

Таким образом, полученные результаты можно использовать для оптимизации процесса сернокислого алкилирования изобутана олефинами.

### Список литературы

1. Емельянов В.Е. Проблемы производства отечественных автомобильных бензинов и пути их решения // Мир нефтепродуктов, 2010. – №3. – С.10–13.
2. Данхэм Д., СопосоPhilips Co. Усовершенствование процесса алкилирования для нефтеперерабатывающей промышленности // Нефтегазовые технологии, 2006. – №6. – С.81–84.
3. Дорогочинский А.З., Лютер А.В., Вольпова Е.Г. Сернокислотное алкилирование изопарафинов олефинами. – М.: Химия, 1985. – 191с.

## АНАЛИЗ ВЫХОДА СЫРОГО БЕНЗОЛА ИЗ УГЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КЛАССА

Е.В. Васильева

Научный руководитель – д.х.н. Т.Г. Черкасова

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя 28, ctg.htuv@kuzstu.ru, kleossa@yandex.ru

В настоящее время вопросы повышения качества и увеличения выхода химических продуктов коксования приобретают особую актуальность. Значение этих проблем еще более возрастает с ухудшением сырьевой базы коксования, связанной с нестабильностью как марочного состава поставляемых углей и угольных концентратов, так и непостоянством показателей их качества. Отрицательный эффект ухудшения этих показателей угольных концентратов можно компенсировать повышением управления качеством угольных шихт, которое прежде всего основывается на показателях химико-технологических свойств сырья [1]. Поэтому комплексное исследование углей, используемых в процессе коксования, является актуальной задачей.

Исследования определения выхода сырого бензола проводились на установке определения выхода химических продуктов коксования по ГОСТ 18635-73 [2]. Кроме этого, также проводятся исследования, направленные на определение показателей технического, элементного и петрографического анализа исследуемых углей, направленные на наиболее полную характери-

стику их генетических и технологических параметров.

Согласно ГОСТ 25543-2013 [3], одним из наиболее важных параметров классификации ископаемых углей является средний показатель отражения витринита  $R_{0,r}$ . В соответствии с его значением бурые, каменные угли и антрациты делятся на 49 классов. Поэтому по результатам, полученным в ходе проведенных испытаний углей, используемых в шихте ПАО «Кокс» г. Кемерово, они также были поделены по классам в соответствии с полученными значениями  $R_{0,r}$  (таблица 1).

Анализ результатов исследований показал, что генетические особенности углей, выраженные средним показателем отражения витринита, оказывают большое влияние на выход сырого бензола. С увеличением показателя  $R_{0,r}$  и, соответственно, класса угля, выход бензола уменьшается, но со значительными колебаниями внутри одного класса. Это связано с различиями петрографического и элементного состава, а также выхода летучих веществ  $V^{daf}$ . Например, внутри одного класса 09, где представлены угли шах-