

от требований, предъявляемых к конечному продукту, и от содержания жидкой фазы в исходном газе. В конце, после теплообменника последней стадии, газ проходит через штуцер, за счет чего происходит понижение давления до давления максимальной конденсации, а температура, понижается за счет эффекта дросселирования.

Для моделирования данного процесса, средствами языка Delphi 7 была составлена модель двухфазного сепаратора. Математически она реализована методом итераций для нахождения необходимых значений, исходя из известных исходных данных: мольные доли компонентов, а также температура и давление, до которых охлаждается смесь. Задаваясь первоначально приближенными значениями констант фазового равновесия и термодинамическими параметрами каждого компонента, используя корреляцию Вильсона, программа постепенно вычисляет точнее необходимые параметры, решая уравнение Рейнольдса-Рашфора для общей доли пара. С помощью нее, в свою

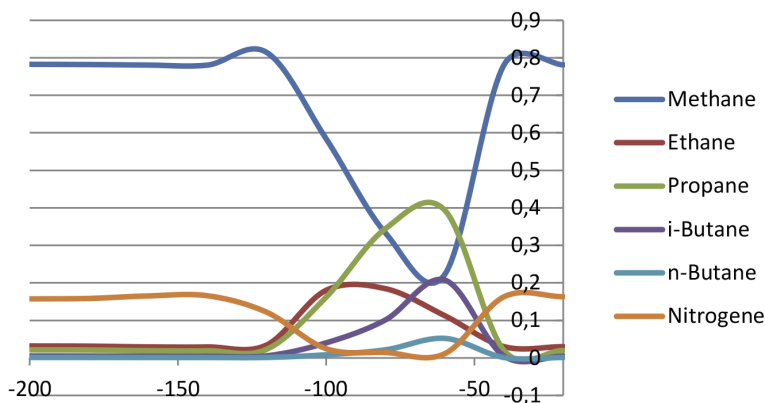


Рис. 1. Пример результата использования программы. Мольные доли компонентов газа в жидкой фазе при постоянном давлении и варьирующейся температуре

очередь, вычисляются коэффициенты летучести для пара и жидкости по методу Соава-Рейдлица-Квонга, отношение которых является более точным значением коэффициентов фазового равновесия. Процесс выполняется до тех пор, пока не сойдется нормировка по компонентам.

Таким образом, эксплуатация процессов переработки значительно облегчается средствами моделирования, позволяющими проводить точные расчеты без существенных материальных затрат.

Список литературы

1. *Топ-10 стран с самыми большими запасами газа [Электронный ресурс] // Вести Экономика. 2015. URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/60550?page=9> (дата обращения: 24.02.2017).*
2. *Кобилев Х.Х., Гойибова Д.Ф., Назарова А.П. // Молодой ученый, 2015.– №7.– С.153–155.*
3. *Катаев К.А. // Всероссийский журнал научных публикаций, 2011.– №1.– С.22.*

НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЖЕЛЕЗНОГО КАТАЛИЗАТОРА СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША

Н.П. Бурлуцкий

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.В. Попок

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, np-bur@mail.ru

Классический синтез Фишера-Тропша – свод наиболее ожидаемых особенностей данного процесса на железных и кобальтовых катализаторах. Классический синтез был хорошо изучен в 60–80 годах XX века и подробно описан в литературе [1]. К наиболее значимым особенностям относятся: повышение степени конверсии окиси углерода, выходов метана, двуокиси углерода, а также высокомолекулярных парафинов с повышением температуры и давления; яв-

ление адсорбции некоторых продуктов реакции (например, олефинов за счёт двойной связи) с последующим наращиванием углеводородной цепи; преимущественное образование парафинов среди жидких продуктов; кислородсодержащие продукты – оксигенаты, вода, двуокись углерода; вклад реакции равновесия водяного газа в процесс; явление продолжения формирования активной поверхности катализатора непосредственно в ходе синтеза (для железных ката-

Таблица 1. Степень конверсии и выходы побочных продуктов в зависимости от длительности опыта (T=280 °C, V=300 нмл/мин.)

Время опыта	Показатель активности, мол. %		
	Конверсия CO	Выход CO ₂	Выход CH ₄
1 ч.	75,98	13,80	22,46
94 ч.	90,70	12,75	26,02

Таблица 2. Состав жидкого продукта зависимости от длительности опыта (T=280 °C, V=300 нмл/мин)

Время опыта	Выход группы веществ, мол. %				
	Парафины	Изопарафины	Нафтены	Олефины	Ароматика
1 ч.	20,96	14,14	25,61	10,87	28,42
94 ч.	52,48	17,82	2,76	17,50	9,45

Таблица 3. Степень конверсии и выходы побочных продуктов в зависимости от температуры (V=300 нмл/мин.)

Температура, °C	Показатель активности, мол. %		
	Конверсия CO	Выход CO ₂	Выход CH ₄
250	9,76	1,22	7,52
260	15,87	2,12	8,67
270	25,10	3,90	11,50
280	90,70	12,75	26,02

Таблица 4. Состав жидкого продукта зависимости от температуры (V=300 нмл/мин; П–парафины, ИП–изо-парафины, Н–нафтены, О–олефины, А–ароматика ОК–оксигенаты)

Темпера-тура, °C	Выход группы веществ, мол. %					
	П	ИП	Н	О	А	ОК
250	14,27	22,25	14,89	15,29	21,87	11,42
260	36,19	21,73	6,87	17,81	7,26	10,14
270	41,33	23,43	6,50	14,76	6,79	7,19
280	52,48	17,82	2,76	17,50	9,45	–

Таблица 5. Степень конверсии и выходы побочных продуктов в зависимости от расхода синтез-газа и температуры

Температура, °C	Расход, нмл/мин.	Показатель активности, мол. %		
		Конверсия CO	Выход CO ₂	Выход CH ₄
250	90	21,35	1,01	9,22
	300	9,76	1,22	7,52
270	90	26,94	2,29	10,18
	300	25,10	3,90	11,50

лизаторов требуется около 200 часов).

В данной работе катализатор, полученный методом электрического взрыва железной проволоки в среде окиси углерода [2] (размер частиц – 60–180 нм) с последующим таблетированием в гранулы размером 1–2 мм, был исследован на лабораторной установке (объем реактора 10 см³). Условия экспериментов: соотношение CO:H₂=2:1, давление 1 МПа, температура 250–

280 °C, расход синтез-газа 90–300 нмл/мин.

В таблицах ниже приведены основные результаты экспериментов.

Все продукты состоят из углеводородов и оксигенатов ряда C₁–C₁₅. В ходе работы были установлены не вписывающиеся в литературные данные о классическом синтезе особенности катализатора. Кроме ожидаемых продуктов с линейными и разветвленными цепями, также

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 фтороводородная 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