

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «COMPAUNDING» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЦЕПТУР СМЕШЕНИЯ ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ

Свиридова Е.В., Киргина М.В.
E-mail: lizasvir@mail.ru

Научный руководитель: ассистент Киргина М.В., кафедра ХТТ и ХК ИПР ТПУ

Спрос на продукты нефтеперерабатывающей промышленности, в частности на бензин, увеличивается ежегодно на несколько процентов, следовательно, растет и объем производимых в России бензинов. При этом качество выпускаемой продукции должно соответствовать мировым стандартам: с 1 января 2015 года в России в качестве моторного топлива допустимо будет применение только бензина 4 класса (Евро-4) и выше. Таким образом, повышение качества выпускаемых нефтепродуктов является приоритетной задачей для нефтяных компаний. Для этого необходимым является совершенствование технологии процесса компаундирования – заключительной стадии производства товарного бензина. Компаундирование представляет собой процесс смешения различных углеводородных потоков, таких как продукты каталитического риформинга, изомеризации, крекинга, алкилирования, а также антидетонационных присадок и добавок-оксигенатов.

Первоочередной задачей для производителя является стремление улучшить основное эксплуатационное свойство топлива – детонационную стойкость, численным эквивалентом которой является октановое число (ОЧ) бензина. Для повышения детонационной стойкости бензина используются различные методы, такие как: использование в качестве базовых компонентов бензинов наиболее высокооктановых вторичных продуктов переработки нефти; широкое использование компонентов с высокими детонационными характеристиками (изопарафины, ароматические углеводороды), а также применение антидетонационных присадок и добавок-оксигенатов. Так как вовлечение различных компонентов, в частности ароматических углеводородов и бензола в производство бензина ограничивается экологическими стандартами, а добавки и присадки являются весьма дорогостоящими, любой производитель старается выбрать в качестве базовых компонентов бензина наиболее высокооктановые потоки. В связи с этим вопрос исследования сырья процесса компаундирования является крайне актуальным.

В процессе приготовления бензинов смешением различных потоков определяющая роль отводится октановым числам смешения, которые отличаются от взвешенной суммы октановых чисел отдельных компонентов, то есть октановые числа бензинов не подчиняются правилам аддитивности. Ранее на кафедре Химической технологии топлива и химической кибернетики Института природных ресурсов ТПУ была разработана модель, позволяющая рассчитывать октановые числа потоков с учетом возникающих межмолекулярных взаимодействий, а также учитывать влияние добавок и присадок на прирост октанового числа товарного бензина [1].

В ходе работы были исследованы составы и свойства изомеризатов и алкилатов различных нефтеперерабатывающих предприятий страны. С использованием разработанной моделирующей системы «Compaunding» были рассчитаны октановые числа по моторному (ОЧМ) и исследовательскому (ОЧИ) методам (Табл. 1, 2).

Таблица 1. Характеристики изомеризатов

Характеристика	Изомеризат №1	Изомеризат №2	Изомеризат №3
ОЧИ	87	81,9	74,3
ОЧМ	85,3	80,2	72,3
Содержание веществ, мас. %			
н-пентан	9,7	14,8	23,5
н-гексан	0,3	4,9	11
изопентан	28,1	38,4	25,8
2,2-диметилбутан	25,7	10,3	2,9
2,3-диметилбутан	8	3,7	3,4
метилциклопентан	0,1	2,1	5,4

Сырьем для процесса изомеризации являются легкие алканы – н-пентан и н-гексан, из которых на выходе получают изомеры и циклические углеводороды, обладающие более высокой детонационной стойкостью. Расчеты показали, что изомеризат №1 имеет самое высокое октановое число, это обуславливается самым низким содержанием исходного сырья (н-пентана, н-гексана) и самым высоким содержанием высокооктановых продуктов данного процесса. Таким образом, можно сделать вывод о том, что чем больше в изомеризате углеводородов разветвленного строения и чем меньше легких алканов, тем выше ОЧ потока.

Таблица 2. Характеристики алкилатов

Характеристика	Алкилат №1	Алкилат №2
ОЧИ	99,2	95
ОЧМ	90,3	85,6
Содержание веществ, мас. %		
2,2,3-триметилпентан	44,8	30,1
2,3,4-триметилпентан	14,3	12,7
2,2,3-триметилгексан	0,1	5,7

В процессе алкилирования из легких предельных (бутан, пентан) и непредельных углеводородов получают изоалканы с большим содержанием атомов углерода в цепи, обладающих более высокой детонационной стойкостью. Как видно из табл. 2, алкилат №1 имеет более высокое ОЧ, что обуславливается большим содержанием изоалканов и меньшим содержанием легких алканов в потоке. Таким образом, можно сделать вывод о том, что чем больше в алкилате содержится компонентов изостроения и чем меньше легких предельных углеводородов, тем выше ОЧ потока.

На завершающей стадии приготовления бензина главной задачей является составление оптимальных рецептур смешения, которые могут включать в себя более 20 углеводородных потоков, а также различные присадки и добавки. С использованием созданной моделирующей системы были разработаны рецептуры смешения бензина марки Регуляр-92, отвечающие всем требованиям ГОСТ Р 51866-2002 и Технического регламента. Сырьем для приготовления бензина выступили риформат типового состава (ОЧИ = 108,5), а также рассмотренные выше алкилаты и изомеризаты (табл. 3).

Таблица 3. Рецептуры приготовления бензинов марки Регуляр-92

Характеристика	Содержание компонентов, мас. %					
	1	2	3	4	5	6
ОЧИ	92					
Риформат	16,9					
Алкилат №1	7,6	29,6	45,9	–	–	–
Алкилат №2	–	–	–	11,2	39,3	55,4
Изомеризат №1	75,5	–	–	71,9	–	–
Изомеризат №2	–	53,5	–	–	43,8	–
Изомеризат №3	–	–	37,2	–	–	27,7
ДНП, кПа	81,9	72,2	58,3	79,5	65	51,5

Как видно из табл. 3, содержание риформата во всех рецептурах постоянно и равно 16,9 мас. %, это объясняется тем, что в риформате, в отличие от других потоков присутствует бензол, содержание которого в бензине регламентировано, и согласно Техническому регламенту не должно превышать 1 мас. %, поэтому количество риформата в бензине пропорционально количеству бензола в риформате. Так же можно заметить, что рецептуры № 1 и № 4 НЕ могут быть использованы для приготовления бензина, так как у продукта полученного смешением по данным рецептурам превышен такой показатель, как давление насыщенных паров (ДНП), следовательно, они не соответствуют требованиям ГОСТ Р 51866-2002.

Пользуясь данными из табл. 1 – 3 можно осуществить общий анализ сырья процесса компаундирования.

Как уже было сказано, алкилат №1 имеет более высокое октановое число, в связи с этим, как видно из табл. 3, содержание алкилата №1 в рецептурах смешения бензина всегда меньше, чем алкилата №2; при рассмотрении изомеризатов наблюдается обратное – чем выше октановое число

потока, тем больше его количество в бензине. Такое вовлечение потоков объясняется тем, что алкилат по себестоимости является более дорогостоящим компонентом, чем изомеризат, поэтому для снижения стоимости товарного бензина и экономии потока алкилирования целесообразно вовлекать меньшее количество алкилата и большее количество изомеризата.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что невозможно создать универсальную рецептуру смешения бензина, так как углеводородные потоки в значительной степени отличаются друг от друга по составу. Для оптимального ведения процесса компаундирования необходимым является учет состава вовлекаемых потоков, что позволяет сделать разработанная компьютерная моделирующая система «Compounding».

Литература:

1. Киргина М.В., Иванчина Э.Д., Долганов И.М., Смышляева Ю.А., Кравцов А.В., Фан Фу. Моделирование процесса приготовления товарных бензинов на основе учета реакционного взаимодействия углеводородов сырья с высокооктановыми добавками // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. – № 4. – С. 3–8.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫТЕСНЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В ЯЧЕЙКЕ ХЕЛЕ-ШОУ

Степико А. В.

E-mail: stepikoa@gmail.com

Научные руководители: ¹доцент, кандидат физико-математических наук Галкин Владислав Михайлович, Томский политехнический университет;

²Старший научный сотрудник, кандидат химических наук Кувишинов Владимир Александрович, ведущий научный сотрудник, институт химии нефти;

В настоящее время заводнение, как метод разработки нефтяных месторождений применяется повсеместно. Использование воды для вытеснения нефти из пласта целесообразно, когда отношение вязкостей нефти и воды $\mu_0 = \mu_{\text{нефть}} / \mu_{\text{вода}}$ лежит в диапазоне от одной до пяти единиц. При дальнейшем увеличении данного отношения сильно проявляется неустойчивость Саффмана-Тейлора [1], которая заключается в образовании «пальцев», при вытеснении более вязкой жидкостью менее вязкой, что снижает эффективность заводнения. При высоких значениях параметра $\mu_0 = 20 - 30$ оправдано применение так называемого полимерного заводнения. При данном виде заводнения в качестве вытесняющих агентов применяются различные полимеры (полиакриламиды, полисахариды). Использование полимеров позволяет получить необходимое соотношение вязкостей μ_0 среды и агента, а также добиться некоторых других преимуществ.

Для экспериментального исследования нестационарного процесса вытеснения жидкости наиболее часто используются лабораторные установки в виде фильтрационной колонки. В этом случае моделируется одномерный (по пространственной координате) случай. Значительно реже применяется ячейка Хеле-Шоу, изобретенная английским инженером Henry Selby Hele-Shaw, которая представляет собой две параллельные пластины, разделенные небольшим зазором и которая используется для изучения характера обтекания тел жидкостью. Также ячейка используется для моделирования процессов течения и вытеснения жидкости в пористой среде. Ее преимущество в том, что в отличие от колонки, можно моделировать двумерный процесс вытеснения жидкости. В работе [1], при моделировании процессов в нефтяном пласте на ячейке Хеле-Шоу, для регистрации движения жидкости использовались рентгеновские лучи. Такие опыты требуют сложного оборудования и строгого соблюдения техники безопасности. Цель данной работы – сделать экспериментальную установку на основе ячейки Хеле-Шоу и провести опыты, аналогичные [2], используя оптический диапазон для регистрации движения жидкости, а в дальнейшем создать численную модель ячейки Хеле-Шоу используя математическую постановку из [3] и [4].

Лабораторные исследования проводились на базе Института химии нефти Сибирского отделения Российской Академии наук. В качестве ячейки Хеле-Шоу использовались две пластины из