МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА

(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

На правах рукописи

БАБКИН КИРИЛЛ ДМИТРИЕВИЧ

ВЛИЯНИЕ МЕТИЛ-ТРЕТ-БУТИЛОВОГО (МТБЭ) И МЕТИЛ-ТРЕТ-

АМИЛОВОГО (МТАЭ) ЭФИРОВ НА СВОЙСТВА

РЕФОРМУЛИРОВАННЫХ БЕНЗИНОВ

Специальность 05.17.07 - Химическая технология топлива и

высокоэнергетических веществ

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: кандидат технических наук,

доцент

Макаров Александр Дмитриевич

Москва - 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ В РФ

11

1.1. Требования к качеству автомобильных бензинов 11

1.2. Проблема технической оснащенности отечественных НПЗ 15

1.3. Октановый фонд отечественных нефтеперерабатывающих

предприятий 18

1.4. Основные виды октаноповышающих добавок и присадок 19

1.4.1. Металлсодержащие антидетонаторы 19

1.4.2. Беззольные антидетонаторы 22

1.4.3. Кислородсодержащие антидетонаторы 26

1.4.3.1. Спирты 27

1.4.3.2. Диалкиловые эфиры 30

1.5. Постановка задач исследования 37

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 39

2.1. Объекты исследования 39

2.1.1. Компоненты бензина 39

2.1.2. Октаноповышающие добавки 42

2.2. Методы исследования 44

ГЛАВА 3. ДИАЛКИЛОВЫЕ ЭФИРЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОКТАНОПОВЫШАЮЩИЕ ДОБАВКИ 49

3.1. Сравнительный анализ антидетонационных свойств МТАЭ и МТБЭ 50

3.2. Разработка рецептур бензинов АИ-95, АИ-98 с использованием МТАЭ

55

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БЕНЗИНА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МАКСИМАЛЬНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОКСИГЕНАТОВ 62

4.1. Обоснование и принципы построения математической модели 62

4.2. Разработка математической модели расчета октановых чисел смешения

МТБЭ 66

4.3. Разработка математической модели расчета октановых чисел смешения

МТАЭ 71

4.4. Испытания методики расчета октановых чисел МТАЭ на

многокомпонентных смесях 77

4.5. Влияние химического состава базового бензина на эффективность

кислородсодержащих октаноповышающих добавок 81

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФИРОВ НА ИСПАРЯЕМОСТЬ БЕНЗИНОВ 84

5.1. Испаряемость бензинов как основной фактор, влияющий на

эксплуатационные характеристики 84

5.2. Изучение влияния концентрации МТАЭ и МТБЭ на показатели

испаряемости бензинов 87

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 99

СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 101

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 102

ПРИЛОЖЕНИЕ А 115

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведено комплексное сопоставительное исследование наиболее перспективных октаноповышающих добавок для производства бензинов 5 класса - МТАЭ и МТБЭ, включающее в себя изучение их влияния на основные эксплуатационные свойства.

2. Выявлено, что введение 15% мас. МТБЭ приводит к увеличению испаряемости бензинов при 70 °С на 5% об., МТАЭ - напротив, снижает испаряемость бензина при 70 °С на 4% об., что оказывает положительное влияние на эксплуатационные свойства топлива. Введение в состав топлива МТАЭ приводит к снижению индекса паровой пробки (до 130 п.).

3. Установлено, что антидетонационная эффективность эфиров, не снижается с увеличением их концентрации до 15% мас. Так, для эталонной смеси «70» октановое число смешения оксигенатов не меняется с увеличением их массовой доли в топливной смеси, а для топлива, содержащего преимущественно ароматические соединения - растет на 5-8 пунктов при увеличении концентрации оксигената с 5 до 15% мас..

4. Показано, что наибольший прирост октановых чисел отмечен при добавлении оксигенатов в состав бензинов с преобладающим количеством изопарафиновых углеводородов - изомеризату и алкилату (октановое число смешения для МТБЭ 123-128). При смешении с эфирами наименьший прирост октановых чисел проявили компоненты бензинов с повышенным содержанием ароматических соединений - катализаты риформингов (октановое число смешения для МТБЭ 115-118).

5. Разработана и внедрена на АО «Рязанская НПК» методика подбора оптимального компонентного состава бензина, обеспечивающего максимальную эффективность применения оксигенатов. В ее основе лежит математическая модель, описывающая влияние группового химического состава бензина на

октановое число оксигената в смеси.

6. На основе проведенных исследований на АО «РНПК» запущено производство бензин АИ-98 5 экологического класса, в котором в качестве единственной октаноповышающей добавки используется метил-трет-амиловый эфир, с объемом около 40 тыс.т/год.

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы

В ближайшее время МТАЭ и МТБЭ по-прежнему останутся наиболее популярными октаноповышающими добавками для производства бензинов. В то же время дефицит сырья для производства и как следствие высокая стоимость заставляют производителей бензина искать возможности для сокращения их вовлечения в топливо. Разработанная математическая модель позволяет повысить эффективность использования МТАЭ и МТБЭ в качестве октаноповышающих добавок. Перспективным направлением в этой связи видится интеграция разработанной модели с моделями линейного программирования, используемыми для расчета оптимальной продуктовой корзины НПЗ.

Дальнейшая разработка этой темы не только будет способствовать повышению экономической эффективности производства топлив, но и поможет развитию и повышению конкурентоспособности новых марок бензинов, таких как АИ-100-К5 и АИ-95-К5 «Евро-6». Их появление на рынке соответствует спросу на топлива для двигателей с высокой степенью сжатия, а также топлива с повышенными экологическими характеристиками. Основные закономерности влияния оксигенатов на физико-химические и антидетонационные свойства бензинов, описанные в данной работе, могут быть использованы для разработки и совершенствования рецептур АИ-100-К5 и АИ-95-К5 «Евро-6».