



**«УТВЕРЖДАЮ»:**

Проректор по науке и стратегическим проектам ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

к.ф.-м.н., Гоголев А.С.

«22» 2025 г.

### **ОТЗЫВ**

ведущей организации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ)  
на диссертационную работу Ковалевой Екатерины Борисовны  
**«Многофункциональные компоненты и присадки к высокооктановым автомобильным бензинам»,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12 Нефтехимия

**Актуальность темы исследования.** Увеличение спроса на автомобильный бензин с высоким октановым числом связано с требованиями экологических стандартов и развитием автомобильной индустрии. Современный бензин должен соответствовать высоким стандартам качества, обеспечивать большую мощность двигателя и топливную эффективность, а также обладать оптимальными антидетонационными свойствами, экологической безопасностью, высокой испаряемостью и стабильностью в процессе хранения. Производители моторных топлив используют несколько методов доведения эксплуатационных и экологических характеристик автобензина до требований мирового уровня, во-первых, модернизируя существующие и разрабатывая новые технологии вторичных процессов получения высокооктановых компонентов; во-вторых, вовлекая в состав бензинов кислородсодержащие соединения (оксигенатов) и другие многофункциональные присадки и компоненты. При этом вовлечение в бензины компонентов, полученных в результате вторичных процессов, приводит к увеличению содержания полупродуктов сгорания в выхлопных газах, неравномерному распределению детонационной стойкости по фракциям, негативному воздействию на окружающую среду и положительно влияет лишь на один из критериев качества автомобильных бензинов. Вышеперечисленные ограничения и недостатки основных компонентов и присадок высокооктанового бензина объясняют необходимость производителей топлива искать новые способы улучшения их качества.

Таким образом, вопрос обеспечения производства высокооктанового автомобильного бензина с улучшенными эксплуатационными и экологическими характеристиками остается открытым. С этих позиций, разработка композиционных составов на основе высокооктановых компонентов автобензинов вторичного происхождения и антидетонационных присадок, являющихся новыми

многофункциональными компонентами и присадками к моторным топливам, активным по нескольким показателям эксплуатационных свойств и существенно расширяющих сырьевую базу автобензинов является актуальной и практически значимой задачей.

**Научная новизна** работы заключается в том, что **впервые**:

1. Обнаружен внутримолекулярный синергетический эффект по октановому числу между кислород- и азотсодержащими функциями в 4-ацетилимидазолах, а также межмолекулярный синергетический эффект по октановому числу в поликомпонентных смесях алифатических спиртов и эфиров.

2. Установлена закономерность формирования соотношения компонентов внутри композиции (алкилат – 50 ÷ 70 мас. %, МТБЭ – 15 ÷ 25 мас. %, ИБС – 15 ÷ 25 мас. %) на основе зависимости их физико-химических свойств и термодинамических характеристик от коэффициента распределения детонационной стойкости и энергоэффективности топлива.

3. Определена зависимость качественных и количественных показателей отборов продуктов блока риформинга от условий процесса, позволяющая оптимизировать технологию риформинга и скорректировать показатель «детонационная стойкость» тяжелой фракции катализата риформинга.

4. Установлена зависимость между октановыми числами смешения низкокипящих компонентов автобензинов от углеводородного состава базового топлива (БТ) (максимальное октановое число смешения на БТ с высоким содержанием изопарафинов; наименьшее - низким содержанием изопарафинов и ароматических углеводородов).

5. Зафиксировано образование межмолекулярных водородных связей между углеводородами топлива и антиокислительной присадкой, объясняющих ее действие в качестве ингибитора радикальных процессов.

**Практическая значимость работы.** Автором разработаны рецептуры новых компонентов к автомобильным бензинам – композиционных смесей, синергетический эффект углеводородных составляющих которых, а также их способность выполнять различные функции внутри смеси, обуславливает многофункциональность действия полученных компонентов. Синтезирован новый класс октанповышающих присадок комплексного действия к автобензинам и их компонентам, разработан метод определения октановых чисел смешения низкокипящих компонентов моторных топлив, а также методом математического моделирования проведена и внедрена в производство оптимизация технологии каталитического риформинга, позволяющая получить многофункциональный компонент для производства бензина АИ-100-К5. Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается двумя патентами на изобретение № 2793147 от 29.03.2023 «Способ определения октановых чисел смешения газообразных компонентов автобензинов» (заявка № 2021124081 от 11.08.2021), № 2801868 от 7.08.2023 «Высокооктановый кислородсодержащий компонент к автомобильному бензину» (заявка № 2022115263 от 06.06.2022) и актом внедрения.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Достоверность полученных в диссертационной работе результатов и выводов не вызывает сомнений и подтверждается использованием комплекса современных физико-химических методов исследования, применением аттестованных методик и поверенного сертифицированного оборудования, а также тем, что результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях и доложены на научных конференциях различного уровня.

**Основное содержание диссертации.** Диссертационная работа изложена на 151 странице текста, содержит 38 таблиц и 22 рисунка и Приложения, включающие копии дипломов, патентов и акта внедрения. Состоит из введения, трех глав, выводов, списка сокращений и списка литературы из 218 наименований. Основные положения диссертации полно отражены в 20 научных работах, включая 6 статей в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, из них 4 статьи в журналах, входящих в международные базы Scopus и / или Web of Science, 2 патента РФ на изобретение, 4 статьи РИНЦ и материалы 8 научно-технических конференций.

**Во введении** автором обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, поставлена цель исследования, определены научные задачи, решение которых необходимо для достижения цели исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** – литературном обзоре освещены современные тенденции в производстве автомобильных бензинов, рассмотрены изменения эксплуатационных и экологических требований к их качеству, проведена оценка эффективности используемых оксигенатов и традиционных технологий получения высокооктановых компонентов бензина на базе вторичных процессов, а также проанализированы методы улучшения эксплуатационных свойств моторных топлив.

**Во второй главе** описаны объекты и методы исследования. Представлены физико-химические характеристики нефтепродуктов вторичного происхождения, промышленно доступных оксигенатов отечественного производства, низкокипящих компонентов автобензинов. Приведены экспериментальные методы определения физических и химических свойств (ГОСТ, ASTM, СТО, ТУ и др.) и современные программные средства с применением газожидкостной хроматографии; хромато-масс-, рентгенофлуоресцентной и атомно-абсорбционной спектроскопии; ИК- и ЯМР- ( $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ ) спектроскопии; спектрофотометрии, представлена приборная база.

**В третьей главе** приведены и детально обсуждаются собственные результаты исследования. В результате обнаруженного синергетического эффекта по показателю детонационная стойкость смеси ИБС и МТБЭ в интервале соотношений (от  $80 \div 20$  до  $20 \div 80$  мас. %) предложена композиционная смесь (ИБС: МТБЭ - 50:50 мас.%) в качестве нового многофункционального компонента к автомобильным бензинам, вовлечение которого в топлива обеспечивает улучшение целого ряда эксплуатационных и экологических свойств.

Предложен состав композиционной смеси при соотношении следующих компонентов: алкилат –  $50 \div 70$  мас. %, МТБЭ –  $15 \div 25$  мас. %, ИБС –  $15 \div 25$  мас. %, позволяющий в равной мере увеличить октановое число узких низкокипящих и высококипящих фракций, входящих в состав бензиновой смеси и повысить энергоэффективность топлива за счет увеличения удельной теплоты сгорания.

Показано, что 4-ацетилимидазолы являются перспективными многофункциональными присадками к автомобильным бензинам и их компонентам для улучшения их экологических и эксплуатационных характеристик. Исследуемые соединения обладают антидетонационными свойствами, высокими ОЧ смешения (251 - 361 ед.) и удельной теплотой сгорания (59570 - 67793 кДж/кг), что вызвано внутримолекулярным синергетическим эффектом двух октанповышающих фрагментов в молекулах исследуемых соединений.

Проведен подбор и оптимизация технологических параметров процесса риформинга, что позволило получить тяжелый риформат требуемого качества по октановому числу 99,5/89,5 (ИОЧ/МОЧ) и использовать его в качестве многофункционального, высокооктанового компонента при производстве бензина АИ-100-К5 полностью соответствующего требованиям стандарта организации и нормам, определяемых квалификационными методами и моторно-стендовыми испытаниями.

Усовершенствован и запатентован способ определения октановых чисел смешения низкокипящих компонентов автобензинов, отличающийся от известного тем, что учтена доля вовлечения низкокипящих компонентов и химическая природа компонентов базового топлива. Показано, что применение разработанного способа в условиях компаундирования позволило получить оптимальные рецептуры автомобильных бензинов, повысить точность прогнозирования состава топлив.

На примере бензина каталитического крекинга и антиокислительной присадки Агидол-1 изучены превращения, происходящие с компонентами топливно-дисперсной системы в процессе хранения. Методом ИК-спектроскопии обнаружено образование межмолекулярных водородных связей между гидроксильной группой Агидола-1 и углеводородами нефтепродукта.

**Выводы** по работе представлены в отдельном разделе, сделаны на основе полученных результатов исследований, соответствуют научным положениям, цели и задачам диссертационной работы.

**Автореферат** по своей структуре и содержанию соответствует диссертационной работе и достаточно полно ее отражает.

К достоинствам исследования можно отнести огромный объем собранного материала и количественных данных, а также возможность применения разработанных и синтезированных новых соединений, композиционных смесей и высокооктановых компонентов в многомасштабном объеме.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.** Основные результаты и выводы диссертационной работы целесообразно использовать научно-исследовательскими институтами, в которых проводятся исследования по схожим тематикам, нефтеперерабатывающими и

нефтехимическими заводами страны, занимающихся проблемами нефтехимии, переработки углеводородного сырья, а также в учебном процессе вузов при подготовке специалистов, магистров и бакалавров по направлению «Химическая технология».

Поводов для принципиальной критики работа Е.Б. Ковалевой не вызывает. Однако, у ведущей организации есть отдельные **замечания и вопросы по диссертационной работе:**

1. Расчет рецептур автомобильных бензинов различных марок был проведен с использованием программного обеспечения для календарного планирования, а оптимизация технологических параметров процесса риформинга проводилась на базе инженерной модели установки каталитического риформинга. В работе недостаточно внимания уделено оценке сходимости результатов моделирования с экспериментальными данными. Какие данные использовались в качестве исходных при моделировании?
2. Предложенные решения по оптимизации технологии каталитического риформинга, позволившие получить тяжелый риформат улучшенного качества по октановому числу и использовать его в качестве высокооктанового компонента при производстве бензина АИ-100-К5 были опробованы на конкретном предприятии. Автор не делает выводов о возможности применения результатов работы и их тиражировании на других нефтеперерабатывающих заводах с целью возможности выпуска бензина АИ-100, хотя, очевидно, это возможно.
3. В работе представлены результаты исследований нового типа многофункциональных присадок — ацетилимидазолов. В работе следовало бы привести наряду с антидетонационными свойствами, иные, известные из литературы для данного класса соединений.
4. Автор предлагает использовать низкокипящие побочные продукты нефтепереработки и нефтехимии в качестве компонентов автомобильного бензина с определением их октанового числа смешения согласно разработанному соискателем способом. Это позволяет снизить запас качества в товарных топливах. Вместе с тем, не указано, какое максимально допустимое количество низкокипящих компонентов можно вовлечь в автобензины, которое не привело бы к снижению других эксплуатационных показателей.
5. Являются ли исходные соединения для синтеза многофункциональных присадок — 4-ацетилимидазолов промышленно доступными соединениями, а сами 4-ацетилимидазолы объектами для разработки технологий малотоннажной химии?

**Заключение.** Несмотря на обозначенные замечания, которые не носят принципиального характера, и имеющиеся вопросы, диссертационная работа имеет целостный характер, является законченной научно-квалификационной работой высокого экспериментального и научного уровня, посвященной актуальной проблеме, характеризующейся новизной и высокой практической значимостью. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.12 Нефтехимия. Задачи работы, декларированные во введении, полностью решены. Основные положения работы нашли свое отражение в публикациях автора.

Диссертационная работа отвечает требованиям п.9 действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ковалева Екатерина Борисовна, заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12 Нефтехимия.

Диссертационная работа Ковалевой Е.Б. «Многофункциональные компоненты и присадки к высокооктановым автомобильным бензинам» и отзыв на нее рассмотрены, обсуждены и одобрены на заседании отделения химической инженерии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» и получила высокую оценку коллектива (протокол № 8 от «9» апреля 2025 г.).

Д-р. хим. наук (02.00.02 – Аналитическая химия), профессор, заведующий кафедрой -  
руководитель отделения химической инженерии на правах кафедры



/ Короткова Е.И. /

Канд. техн. наук (02.00.13 – Нефтехимия),  
доцент отделения химической инженерии



/ Назарова Г.Ю. /

И.О. УЧЕНОГО СЕКРЕТАРЯ ТПУ

В.Д. НОВИКОВА

