



УТВЕРЖАЮ

Проректор по научной работе и
инновациям ФНБОУ ВО «КНИТУ»

И.М. Гильмутдинов

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»
на диссертационную работу

Якупова Марата Мусаевича на тему «Регулирование химического состава
автомобильных бензинов с целью уменьшения выбросов диоксида углерода в
атмосферу», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и
высокоэнергетических веществ

1. Актуальность темы выполненной работы.

Диссертационная работа Якупова Марата Мусаевича посвящена разработке комплексного метода по снижению выбросов диоксида углерода путем регулирования химического состава автомобильных бензинов. Объектами исследования являются: риформат, изомеризат, алкилат сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами, бензиновые фракции каталитического крекинга, прямогонные и газоконденсатные бензиновые фракции углеводородного сырья, а также оксигенаты, входящие в состав товарных автомобильных бензинов.

В настоящее время большое внимание уделяется «зелёной повестке», что связано с изменением климата, вследствие повышения концентрации парниковых газов в атмосфере. Одним из основных эмитентов парниковых газов в атмосферу является автомобильный транспорт, на долю которого приходится пятая часть всех выбросов CO_2 . Стоит отметить, что переход на низкоуглеродный транспорт, например, электромобили, использование водородного топлива и других альтернатив требуют многомиллиардных инвестиций.

Согласно принятой методике количественного определения выбросов парниковых газов (приказ Минприроды РФ №371 от 27.05.2022 г.), коэффициенты удельных выбросов CO_2 от автомобильного транспорта для бензинов одинаковы, а отдельные их марки отличаются только поправкой на плотность. Такой подход является достаточно упрощенным, а, как известно,

состав выхлопных газов напрямую зависит от химического состава топлив. Отсюда следует, что диссертационная работа Якупова М.М., посвященная регулированию химического состава автомобильных бензинов с целью уменьшения выбросов диоксида углерода в атмосферу является актуальной.

2. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора.

В результате комплексного анализа зависимостей удельных выбросов CO_2 от химического состава отдельных классов углеводородов и оксигенатов показано отсутствие корреляционной связи между удельными выбросами CO_2 и плотностью компонентов бензинов, в связи с этим в диссертационной работе предложен новый подход оценки выбросов CO_2 от автомобильных бензинов, основанный на идентификации их химического состава.

Дана количественная оценка и произведено ранжирование типовых высокооктановых компонентов автомобильных бензинов по удельным выбросам CO_2 . Показано, что максимальное отличие по массовым коэффициентам удельных выбросов диоксида углерода между высокооктановыми компонентами автомобильных бензинов может составлять до 143 % (например, между толуолом и метанолом - 3,348 и 1,375 т CO_2 /т соответственно). По коэффициенту удельных выбросов на единицу получаемой энергии максимальная разница среди углеводородов составляет 25 % (например, между бензолом и бутанами - 84085 и 67151 кг/ГДж).

На примере наиболее распространенных марок бензинов АИ-92 и АИ-95 показаны зависимости удельных выбросов CO_2 автобензинов от содержания в них отдельных компонентов. Например, при введении в состав товарного бензина АИ-95 максимально допустимого содержания МТБЭ, массовые удельные выбросы CO_2 снижаются на 3,4 %, а на единицу получающейся энергии - всего на 0,7 %. При аналогичных значениях вводимого толуола, удельные выбросы, наоборот, повышаются на 0,8 и 1,7 % соответственно.

На основании анализа хроматограмм и физико-химических свойств исследованных проб создана база данных основных углеводородов и оксигенатов, состоящая из 150 индивидуальных соединений, включающая все углеводороды, содержание которых в основных компонентах товарных бензинов выше 0,3 % масс. База данных охватывает не менее 92 % состава товарных автомобильных бензинов. Стоит отметить, что неважно, в составе какого компонента представлен тот или другой представитель базы, если он представлен в нескольких компонентах общее его количество суммируется.

Для процесса компаундирования бензинов с известным химическим составом разработана «Информационно-вычислительная аналитическая система оптимизации состава бензина с учетом минимальных выбросов CO_2 » (ИВАС). База данных и ИВАС защищены свидетельствами о государственной

регистрации баз данных и программ для ЭВМ.

Новый комплексный метод по анализу и оценке выбросов CO_2 в окружающую среду применяется в образовательном процессе при изучении профильных дисциплин магистрами направления «Химическая технология ФГБОУ ВО «УГНТУ»».

Предложены некоторые пути технического и технологического решения задачи снижения выбросов диоксида углерода в атмосферу автотранспортом с бензиновыми двигателями. В частности: сохранение поступившего на переработку на НПЗ в составе сырья водорода в бензиновых фракциях, перераспределение его в пользу бензинов в процессах, направленных на углубление переработки сырья и введение водорода извне.

На примерах известных технологических решений показана степень их эффективности в части сокращения выбросов в атмосферу. К ним относятся: утяжеление сырья процесса изомеризации за счет сырьевой базы процесса риформинга, риформинг и гидроизомеризация бензола в метилциклопентан, дополнительная выработка нефтезаводских газов и повышение доли в составе товарных бензинов компонентов на их основе (алкилат, одноатомные эфиры и др.). Например, каждая дополнительная тонна вводимого в состав товарного бензина бутанов позволяет снизить от 3,1 до 3,4 тонн выбросов CO_2 .

3. Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора.

Предложенный метод оценки снижения выбросов диоксида углерода в атмосферу может быть применен компаниями для контроля уровня углеродного следа своей продукции.

Созданная «Информационно-вычислительная аналитическая система оптимизации состава бензина с учетом минимальных выбросов CO_2 » позволит исходя из всех условий и критериев просчитывать химический состав бензина и регулировать процесс компаундирования бензинов с учетом минимальных выбросов и требований стандартов бензина.

Технологические рекомендации могут быть внедрены на существующих НПЗ для производства бензина с минимальными показателями по выбросам CO_2 .

4. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Основные результаты и выводы диссертации могут быть использованы в организациях, занимающихся производством топлива с дальнейшим переходом на новый бренд «ЭКО- CO_2 » (например, ПАО АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфанефтехим», ООО «Газпром нефтехим Салават» и др.), который поможет им взамен получить позитивный имидж «экологичной компании», удовлетворение потребностей клиентов, сохранение клиентской базы, повышение конкурентоспособности, иметь дополнительный источник дохода.

Инвестирование со стороны потребителей в будущем даст возможность развивать новые низкоуглеродные технологии при производстве товарного бензина.

Предложенные технологические рекомендации по снижению выбросов диоксида углерода в атмосферу от автомобильных бензинов могут быть рассмотрены в качестве примеров, так как на производстве существует множество известных технологических схем, которые могут применяться с целью снижения выбросов CO_2 и с учетом определенных технических решений завода и технико-экономических обоснований.

5. Замечания по диссертационной работе.

1. В литературном обзоре не в полной мере освещены вопросы, касаемые мировой практики по снижению выбросов CO_2 в атмосферу от автомобильного транспорта (другие альтернативы).

2. В работе отсутствуют исследования по всей линейке парниковых газов (метан, озон, оксид азота и др.).

3. Согласно общеизвестным данным, в России метанол не используется в качестве высокооктанового компонента бензина, но автор приводит сравнение по массовому коэффициенту удельных выбросов диоксида углерода между толуолом и метанолом, который равен 143 %.

4. В разработанной программе для ЭВМ «Информационно-вычислительная аналитическая система оптимизации состава бензина с учетом минимальных выбросов CO_2 » представлено всего 150 компонентов бензина, хотя на существующих НПЗ список компонентов значительно больше.

5. База данных охватывает не менее 92 % состава товарных автомобильных бензинов, для полноценного анализа желательно максимально увеличить процент охвата.

6. В тексте диссертации и в автореферате присутствуют опечатки и технические ошибки.

Приведенные замечания не ставят под сомнение защищаемые положения и основные выводы диссертации, не снижают значимость полученных при выполнении диссертационной работы результатов.

6. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

Диссертационная работа Якупова М.М. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком теоретическом и практическом уровне, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения проблемы перехода к низкоуглеродной модели развития транспорта, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация выполнена на актуальную тему, обладает единством,

содержит новые научные результаты и положения. Сделанные соискателем выводы в полной мере соответствуют полученным результатам. Представленная диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ от 24.09.2013 г. №842, а её автор Якупов Марат Мусаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Отзыв ведущей организации на диссертационную работу Якупова М.М. подготовлен д.т.н., профессором, заведующей кафедрой «Химической технологии переработки нефти и газа» Башкирцевой Н.Ю., обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры, 10.11.2025 г., протокол № 17.

Доктор технических наук
(по научной специальности 02.00.13 –
Нефтехимия), профессор, заведующий
кафедрой «Химической технологии
переработки нефти и газа»
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

 /Башкирцева Наталья
Юрьевна
11.11.2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Адрес: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68

E-mail: BashkirtsevaNYu@corp.knrtu.ru

Телефон: +7(843) 295-19-58

Подпись заведующей кафедрой «Химической технологии переработки нефти и
газа» д.т.н., профессора Башкирцевой Натальи Юрьевны заверяю

