

DOI: 10.15643/swipc-2024-26

Информационно-вычислительная аналитическая система для расчета оптимального состава бензина с учетом минимальных выбросов CO₂

М. М. Якупов^{1*}, И. М. Губайдуллин^{1,2}, М. Н. Рахимов²

¹ Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН

Россия, Республика Башкортостан, 450075 г. Уфа, проспект Октября, 141

² Уфимский государственный нефтяной технический университет

Россия, Республика Башкортостан, 450064 г. Уфа, улица Космонавтов, д. 1

*Email: ymm87@mail.ru

Повышение содержания парниковых газов в атмосфере считается глобальной проблемой современности. Транспорт является основным источником выбросов CO₂, поэтому снижение «углеродного» следа от транспорта следует относить к одним из приоритетных направлений технологической декарбонизации. Выбросы автомобильных бензинов существенно зависят от компонентного состава бензина. Анализ существующих программ показал ряд недостатков. Была поставлена задача разработки информационно-вычислительной аналитической системы, которая позволит рассчитать состав бензина с учетом наименьшего выброса CO₂.

Ключевые слова: Оптимизация, программа, математическая модель, бензин, компаундирование

На глобальное потепление климата существенное влияние оказывают выбросы парниковых газов. CO₂ - основной парниковый газ, который выделяется при сжигании ископаемых видов топлива. Глобальное сотрудничество становится неотъемлемой частью борьбы за будущее нашей планеты. Логическим доказательством тому является Парижское соглашение, которое было принято в 2015 г. Присоединение РФ в 2019 г. к соглашению играет большую роль в развитии научных исследований и практических действий в области охраны окружающей среды [1].

В соответствии со статистикой удельных выбросов углекислого газа в мире с 1990 г. по 2020 г. к главным источникам выбросов углекислого газа в атмосферу относятся такие сектора как электричество и тепло, транспорт, производство, строительство, здания,

землепользование, лесное хозяйство и прочие. Транспортный сектор относится к числу одних из самых крупных на планете источников CO₂, который в 2020 г. составил 7,1 млрд. тонн (20,4 % от всех выбросов). Соответственно, в данном секторе требуется разработать мероприятия по снижению выбросов CO₂.

Исследование мирового опыта перехода к низкоуглеродной модели развития транспортного сектора позволяет сделать вывод о том, что большинство инновационных методов снижения выбросов CO₂ в автомобильном транспорте имеют существенный недостаток - высокую стоимость инфраструктуры для реализации данных проектов [2].

Выполнен анализ удельных выбросов основных компонентов автомобильных бензинов, таких как бензин каталитического крекинга, риформат, алкилат и изомеризат. Показано, что среди данных компонентов максимальные удельные выбросы у риформата, далее следуют бензин каталитического крекинга, алкилат и изомеризат [3,4].

Количество выбросов углекислого газа, как продуктов сгорания топлива, зависит в первую очередь от его химического состава. Следовательно, оптимизацию состава моторных топлив следует считать одним из возможных и экономичных вариантов снижения углеродного следа от автотранспорта, который не требует изменения конструкции двигателей внутреннего сгорания или внедрения новой инфраструктуры, как в случае, например, применения двигателей, работающих на чистом водороде.

На нефтеперерабатывающих заводах компаундирование бензина представляет собой важный заключительный этап полной технологической цепи процесса, его подготовка и проведение обуславливают качество товарной продукции и соответствие требованиям стандартов [5].

На сегодняшний день в области планирования, производства продукции и управления процессов компаундирования бензинов выполняется с использованием разработок различных компаний: Aspen Tech, ABB, Honeywell, Emerson, Yokogawa, МЦЭ-Инжиниринг, Центр Цифровых Технологий и др. [6,7,8]

Исследователями проведен анализ отечественных специализированных программных комплексов, применяемых в процессе приготовления товарных автомобильных бензинов и определяющих оптимальную рецептуру смешения компонентов для получения продукта требуемого качества.

Головина Е.С. создала модель оптимальной работы цеха смешения автомобильных бензинов с учетом совокупного показателя качества и автоматизированного подбора рецептуры на каждом шаге компаундирования. В работе автор обращает особое внимание на снижение максимальной загрузки насосов, которая влияет на себестоимость конечного продукта. Имитационная модель реализована на языке программирования VBA, встроенного в MS Excel [9].

Смышляева Ю.А., Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. создали программное обеспечение NewCompaund, которое позволяет вычислить октановое число автомобильных бензинов.

Авторами был проведен расчет октанового числа отдельных компонентов бензина (прямогонный бензин, катализат, боковой погон К-202, пентан-гексановая фракция) по данным установок нефтеперерабатывающих заводов [10].

Соколов А.Г, Пильцов С.С. начали применять новый способ измерения значений диэлектрической проницаемости и электропроводность бензина при заданной температуре и давлении. На основании этих данных осуществляется планирование значений октанового числа и плотности бензина, который находится в резервуаре [11].

Казаров А.В. создал автоматизированную систему смешения бензинов в программной системе Microsoft Excel. Расчет позволяет в короткое время обрабатывать информацию о качественных характеристиках, участвующих в смешении компонентов бензина [12].

С точки зрения глобальной проблемы современности данные программные продукты моделируют оптимальный состав бензина без учета минимальных выбросов CO_2 . Таким образом, создание информационно-вычислительной аналитической системы моделирования (ИВАС), направленной на решение данной проблемы, на сегодняшний день приобретает особую актуальность.

Для решения данной проблемы осуществляется разработка новой ИВАС, которая способна рассчитать оптимальный состав бензина с учётом минимальных выбросов CO_2 в соответствии со стандартом качества. Система состоит из 3 основных этапов разработки: определение целевой функции, основанной на возможности объемов производства; реализация кода на языке программирования Python с применением библиотеки PuLP; создание пользовательского интерфейса на платформе Qt Designer и PyQt5 с возможностью регулирования входными и выходными параметрами по качеству.

В настоящий момент в результате проведенной работы при разработке ИВАС был составлен алгоритм решения данной задачи. Оптимизированная аналитическая система находит процентные соотношения компонентов с учетом ограничений по качественным и количественным характеристикам. Данное приложение демонстрирует подробную визуализацию графических и численных данных. Она удобна в использовании, особенно при обработке некорректных данных, и выдает предупреждение с указанием на ошибку в конкретном месте.

В дальнейшем исследовании следует рассмотреть другие компоненты высокооктанового бензина, расширить базу данных, усовершенствовать аналитическую систему, провести апробацию работы и опубликовать полученные данные.

Литература

1. Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf.

2. Куданова А. И., Яковлева Е. Ю. Экологизация автомобильного транспорта // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2021. № 2. С. 176-198.
3. Рахимов М. Н., Вильданов Ф. Ш., Фаррахов С. В., Якупов М. М. Анализ теплотворной способности высокооктановых компонентов бензинов // Башкирский химический журнал. 2023. Т.30, № 3. С. 91-96.
4. Якупов М. М., Азнабаев Р. Р., Симонова Е. В., Вильданов Ф. Ш., Губайдуллин И. М., Рахимов М. Н. Удельные выбросы диоксида углерода индивидуальных углеводородов в составе моторных топлив // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2024. № 3. С. 191-205.
5. Singh A. et al. Model-based real-time optimization of automotive gasoline blending operations // Journal of process control. 2000. Т. 10. № 1. С. 43-58.
6. Кувыкин В. И. Согласование баланса при смешении бензинов // Инновации в науке. 2016. № 8(57). С. 22-27.
7. Хохлов А. С. Реализация систем класса APS для НПЗ // Управление развитием крупномасштабных систем: Москва, 26–28 сентября 2023 года. – Москва, 2023. С. 94-103.
8. Развернутое описание программного комплекса. URL: <https://mcee.ru/programmnyij-kompleks-planirovaniya-i-optimizaczii-reczeptur-benzinov>.
9. Головина Е. С. Разработка моделей и методики оптимизационной работы цеха компаундирования бензинов с использованием комплексного показателя качества: дисс. ... канд. техн. наук. Самара, 2023.
10. Кравцов А. В., Иванчина Э. Д., Смышляева Ю. А. Математическое моделирование процесса компаундирования товарных бензинов с учетом реакционной способности компонентов смеси // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. 2009. Т. 314, № 3: Химия. С. 81-85.
11. Пильцов С. С., Соколов А. Г. Способ и система управления компаундированием товарных бензинов // Российский патент 2013 года по МПК G01N27/22 G05D11/02.
12. Казаров А. В. Управление процессом компаундирования при получении товарных топлив: автореф. дисс. ... академической степени магистра. Комсомольск-на-Амуре, 23 июня 2016 г. URL: https://student.knastu.ru/upload/works/kazarov_av_avtoreferat_BkHhZh.pdf

Information and computational analytical system for calculating the optimal composition of gasoline, taking into account minimum CO₂ emissions

M. M. Yakupov^{1*}, I. M. Gubaydullin^{1,2}, M. N. Rakhimov²

¹Institute of Petrochemistry and Catalysis, Russian Academy of Sciences
141 Prospekt Oktyabrya, 450075 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

²Ufa State Petroleum Technological University
1 Kosmonavtov Street, 450064 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

*Email: ymm87@mail.ru

The increase in greenhouse gases in the atmosphere is considered a global problem of our time. Transport is the main source of CO₂ emissions, therefore, reducing the "carbon footprint" of transport should be considered one of the priorities of technological decarbonization. The emissions of motor gasoline depend significantly on the component composition of gasoline. An analysis of existing programs has shown a number of shortcomings. The authors were faced with the task of developing an information and analytical system that will allow calculating the composition of gasoline taking into account the lowest CO₂ emissions.

Keywords: Optimization, program, mathematical model, gasoline, compounding