

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИМПОРТНЫХ ОКТАНОПОВЫШАЮЩИХ ПРИСАДОК ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

¹Фазилов А.А., ¹Нурханов А.А., ²Адизов Б.З.

¹ООО «Бухарский нефтеперерабатывающий завод», Бухарская область.

²Институт общей и неорганической химии АН РУз., Ташкент.

E-mail: bobirjon_adizov@mail.ru

Аннотация: В работе проведён анализ эффективности отечественных и зарубежных октаноповышающих присадок, применяемых для улучшения детонационной стойкости автомобильных бензинов на основе низко- и среднеоктановых бензиновых фракций. Исследованы присадки RM BLUE-100, «CAU», R&T Octane, ENERGYMIX, MMA, KTMA, а также композиции с метил-трет-бутиловым эфиром (МТБЭ). Определены наиболее результативные типы присадок для различных исходных компонентов топлива. Установлено, что максимальный прирост исследовательского октанового числа (ИО) достигается при использовании высокореактивных органических присадок в низкооктановых фракциях и малодозуруемых составов в смесях с МТБЭ. Результаты подтверждают возможность целенаправленной корректировки свойств бензинов для обеспечения соответствия требованиям стандарта Евро-5.

Ключевые слова: октаноповышающие присадки, октановое число, МТБЭ, бензин, RM BLUE-100, R&T Octane, KTMA, GTL-нафта, топливо, детонационная стойкость.

Современная нефтеперерабатывающая промышленность находится под двойным давлением: с одной стороны — ужесточение экологических требований к моторным топливам на глобальном и региональном уровнях, с другой — необходимость повышения рентабельности производства в условиях высокой волатильности сырьевых рынков. В Европейском союзе, странах ЕАЭС и всё чаще в государствах Центральной Азии, включая Узбекистан, вводятся обязательные стандарты качества автомобильных бензинов, такие как Евро-4 и Евро-5. Согласно Директиве 2009/30/ЕС, вступившей в силу в 2009 г., эти стандарты предписывают [1]:

- содержание серы не более 10 мг/кг;
- объёмную долю ароматических углеводородов не выше 35 %;
- максимальное содержание бензола — 1 %;

допустимое присутствие кислородсодержащих соединений (включая МТБЭ, этанол) до 3,7 % масс., при этом для МТБЭ допускается до 15 % объёмн.

Эти ограничения напрямую затрудняют традиционные методы производства высокооктановых бензинов, основанные на каталитическом риформинге (источнике ароматики) и алкилировании. Особенно остро данная проблема стоит на

нефтеперерабатывающих заводах с ограниченным технологическим парком, где отсутствуют или недогружены установки углублённой переработки. В таких условиях октаноповышающие присадки становятся ключевым инструментом для оперативной и гибкой корректировки детонационной стойкости бензиновых смесей без капитальных инвестиций [2].

Однако эффективность присадок сильно зависит от состава исходной фракции: бензины с высоким содержанием парафинов (например, GTL-нафта или лёгкая термическая нафта) демонстрируют иной отклик по сравнению с ароматико-олефиновыми смесями (риформат, крекинг-бензин). Это обуславливает необходимость дифференцированного подхода к выбору присадки — не только по её химической природе, но и по типу углеводородной основы [3].

В последние годы на рынке появилось множество отечественных и импортных присадок, заявленных как высокоэффективные, включая как малодозируемые органические составы (R&T Octane, RM BLUE-100), так и комплексные композиции на основе кислородатов (МТБЭ, ММА, КТМА) [4]. Однако систематические сопоставительные данные об их эффективности в условиях реальных бензиновых фракций, характерных для НПЗ Узбекистана и сопредельных регионов, остаются фрагментарными.

Настоящая работа направлена на устранение этого пробела. Проведён комплексный анализ эффективности семи типов присадок — RM BLUE-100, «CAУ», R&T Octane, ENERGYMIX, ММА, КТМА и композиций с МТБЭ — на представительной группе бензиновых компонентов: от низкооктановой GTL-нафты (ИО ≈ 20) до среднеоктановых товарных бензинов (АИ-80–АИ-87). Цель исследования — выявить оптимальные пары «присадка–фракция», обеспечивающие максимальный прирост исследовательского октанового числа (ИО) при минимальной дозировке и с учётом требований стандарта Евро-5.

Испытания выполнены на базовых компонентах бензинового пула: товарных бензинах АИ-80–АИ-87, лёгкой термической нафте, риформате и синтетической GTL-нафте. Дозировки присадок варьировались от 0,8 до 55 % (об.). Определение исследовательского октанового числа (ИО) проводилось в соответствии с ГОСТ 8226-82, идентичным международному стандарту ASTM D2699.

Наиболее высокие значения прироста ИО зафиксированы при использовании присадки RM BLUE-100: для GTL-нафты октановое число увеличивалось с 20 до 89 единиц ($\Delta\text{ИО} = +69$), для бензина АИ-80 — до +14 единиц при дозировке 30 %. Полученный результат согласуется с литературными данными о высокой реакционной способности парафиновых фракций к органическим модификаторам детонационной стойкости [5]. Значения прироста визуализированы на графике 1, демонстрирующем зависимость ИО от дозировки присадки RM BLUE-100 для бензина АИ-80 и GTL-нафты.

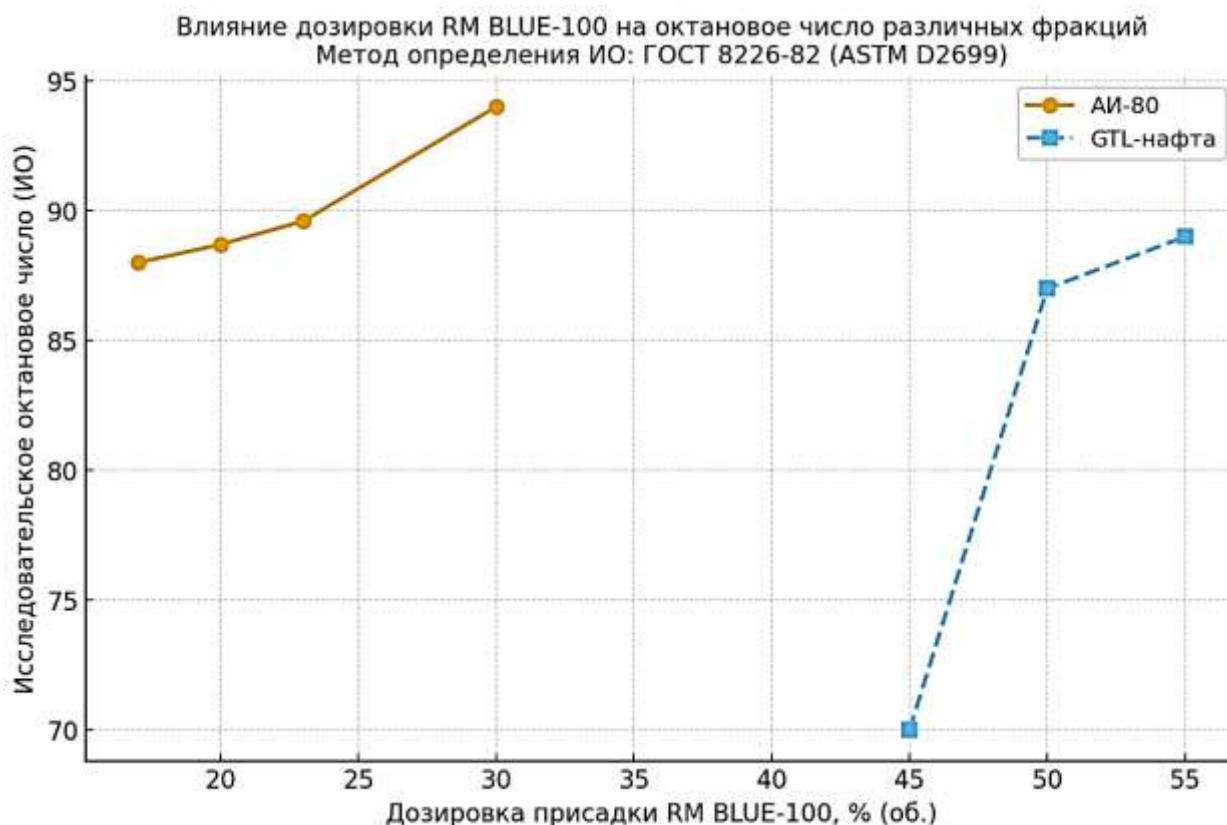


График 1. Зависимость исследовательского октанового числа от дозировки присадки RM BLUE-100 в бензине АИ-80 и GTL-нафте

График 1 демонстрирует нелинейную дозозависимость роста октанового числа. Особенно выраженный эффект наблюдается для GTL-нафты: при увеличении дозировки RM BLUE-100 от 40 до 55 % ИО возрастает почти в 2 раза быстрее, чем на предыдущем участке кривой. Это свидетельствует о пороговом эффекте взаимодействия активных компонентов присадки с насыщенными углеводородами. В то же время для бензина АИ-80 зависимость ближе к линейной, что указывает на иной механизм влияния присадки на смешанную ароматико-парафиновую основу.

Присадки КТМА обеспечивали стабильный прирост ИО в диапазоне +5,0–7,4 единиц при дозировке 5–14 %, что делает их перспективными для коррекции среднеоктановых фракций. Малодозируемые присадки R&T Octane демонстрировали повышение ИО на 4,5–6,0 единиц уже при концентрации 0,8–1,3 %, подтверждая высокую активность органических компонентов при минимальном расходе.

Особый интерес представляют композиции, содержащие МТБЭ — один из наиболее изученных и экологически предпочтительных кислородатов, разрешённых Директивой 2009/30/ЕС в объёме до 15 % [1]. В ходе исследований смеси с МТБЭ (например, промышленная композиция ДИНЕХ) обеспечивали прирост ИО до +8,5–9,0 единиц при дозировке всего 1,7–2,5 %. Эффективность таких композиций связана с синергетическим взаимодействием МТБЭ с органическими модификаторами, что позволяет достичь требуемых значений ИО при минимальном содержании присадки и

одновременном улучшении экологических характеристик топлива (снижение токсичности выхлопа, уменьшение коксообразования).

Таким образом, выбор оптимальной присадки должен основываться на характеристике исходного компонента. Высокреактивные органические присадки (например, RM BLUE-100) целесообразно применять в низкооктановых и насыщенных фракциях (GTL-нафта, термическая нафта), где наблюдается максимальный отклик. Для среднеоктановых бензинов (АИ-80–АИ-87) предпочтительны малодозируемые составы (R&T Octane, КТМА) и композиции с МТБЭ, сочетающие экономичность и экологичность.

Выводы. Наибольшую эффективность в повышении исследовательского октанового числа (ИО) демонстрирует присадка RM BLUE-100, особенно при применении к GTL-нафте ($\Delta\text{ИО} = +69$) и низкооктановым бензинам, где наблюдается максимальный отклик за счёт высокой реакционной способности насыщенных углеводородов. В то же время присадки КТМА и R&T Octane обеспечивают значительный октаноповышающий эффект при минимальных дозировках (0,8–3,0 %), что делает их экономически целесообразными для коррекции среднеоктановых фракций. Особую ценность представляют композиции на основе МТБЭ, которые благодаря синергетическому взаимодействию с органическими модификаторами повышают ИО на 7–9 единиц даже при концентрации менее 2,5 %, одновременно улучшая экологические характеристики топлива и способствуя выполнению требований стандарта Евро-5. На основе проведённых исследований разработаны практические рекомендации по выбору типа присадки в зависимости от состава исходного компонента и целевого значения ИО, что подтверждает техническую возможность выпуска автомобильных бензинов, соответствующих современному экологическому стандарту, за счёт рационального комбинирования октаноповышающих компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and the repeal of Council Directive 93/12/EEC // Official Journal of the European Union. – 2009. – L 140. – P. 88–113. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0030>
2. Солодова, Н. Л. Современные технологии производства компонентов моторных топлив: учебник / Н. Л. Солодова, Н. Ю. Башкирцева, А. И. Абдуллин [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 324 с. – ISBN 978-5-94178-591-9. URL: <https://www.tnt-ebook.ru/library/book/110>

3. Badra, J. Understanding of the octane response of gasoline/MTBE blends / J. Badra, F. Alowaid, A. Alhussaini, A. Alnakhli, A. S. AlRamadan // Fuel. – 2022. – Vol. 318. – Art. 123647. – DOI: 10.1016/j.fuel.2022.123647
4. Бабкин, К. Д. Влияние метил-трет-бутилового (МТБЭ) и метил-трет-амилового (МТАЭ) эфиров на свойства реформулированных бензинов: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.07 / К. Д. Бабкин. – Москва, 2011. – URL: <https://www.dissercat.com/content/vliyanie-metil-tret-butilovogo-mtbe-i-metil-tret-amilovogo-mtae-efirov-na-svoistva-reformuli>
5. Капустин, В. М. Новые технологии производства высокооктановых бензинов / В. М. Капустин, Е. А. Чернышева, Р. В. Хакимов // Neftegaz.RU. – 2015. – № 4. – С. 24–28.