

УДК 622

ТОПЛИВНЫЕ ПРИСАДКИ: ВИДЫ, МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Северин А.Е., студент гр. МАМз-251, 1 курс
Научный руководитель: Цыганков Д.В., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Аннотация

В статье рассмотрены современные топливные присадки как ключевой инструмент повышения эксплуатационных свойств автомобильных и авиационных бензинов, дизельных топлив. Проанализированы классификация, химические механизмы действия основных групп присадок (октаноповышающих, цетаноповышающих, детергентных, противоизносных, антиокислительных, депрессорных и multifunctional). Приведены данные о влиянии присадок на сгорание, расход топлива, износ двигателя и токсичность выхлопных газов. Особое внимание уделено экологическим аспектам применения присадок в контексте требований Технического регламента Таможенного союза и российских стандартов. На основе обзора литературы сделаны выводы о перспективах развития низкотоксичных композиций на базе возобновляемых ресурсов.

Введение

Современные двигатели внутреннего сгорания работают в условиях жестких экологических норм и высоких требований к качеству топлива. Переход на стандарты Евро-5 и Евро-6, снижение содержания серы в дизельном топливе до 10 ppm и ужесточение требований к выбросам CO, NOx, углеводородов и твердых частиц сделали невозможным достижение необходимых характеристик только за счет совершенствования процессов нефтепереработки [1].

Топливные присадки, вводимые в концентрациях от 0,01 до 1,0 %, позволяют целенаправленно корректировать физико-химические и эксплуатационные свойства горючих материалов [2]. По данным отечественных исследований, объем потребления присадок в России вырос с 1,20 млн т в 2020 г. до 1,49 млн т в 2024 г., что отражает рост производства и ужесточение экологических требований [3].

Присадки не только компенсируют недостатки базового топлива, но и обеспечивают совместимость с современными системами впрыска и катализаторами. Однако их применение требует баланса между

эффективностью и возможными рисками для здоровья человека и окружающей среды [4]. Цель настоящей работы — систематизировать знания о видах, механизмах действия и экологических последствиях топливных присадок.

1. Классификация топливных присадок

Топливные присадки принято делить на функциональные группы в зависимости от решаемых задач. Основные категории включают:

- Октаноповышающие (для бензинов) и цетаноповышающие (для дизельного топлива) — повышают антидетонационные свойства и воспламеняемость [5].
- Детергентные (моющие) — предотвращают образование отложений в топливной аппаратуре [6].
- Противоизносные и смазывающие — восстанавливают смазочные свойства низкосернистых топлив [7].
- Антиокислительные — повышают стабильность при хранении [8].
- Депрессорные — улучшают низкотемпературные свойства [9].
- Антикоррозионные, антистатические и многофункциональные — обеспечивают комплексную защиту [10].
- Стабилизаторы топлива: предотвращают окисление и деградацию топлива при хранении [2].

Многофункциональные композиции сегодня доминируют на рынке, сочетая несколько эффектов одновременно [11].

2. Механизмы действия основных типов присадок

Механизм действия присадок определяется их химической структурой и взаимодействием с компонентами топлива.

Октаноповышающие присадки (метил-трет-бутиловый эфир — МТБЭ, этил-трет-бутиловый эфир — ЭТБЭ, этанол) вводят кислород в молекулу топлива, изменяя скорость окисления и повышая октановое число до 118–120 единиц. Они подавляют образование пероксидных радикалов, предотвращая цепные реакции детонации [5, 11].

Цетаноповышающие присадки (2-этилгексилнитрат — ЭГН, ди-трет-бутилпероксид — ДТБП) ускоряют радикальное окисление путем разложения с образованием свободных радикалов, сокращая период задержки воспламенения на 3–8 единиц цетанового числа [3, 10].

Детергентные присадки (полиизобутиленамины, сукцинимины) адсорбируются на металлических поверхностях и растворяют лаковые и углеродистые отложения, предотвращая загрязнение форсунок и клапанов [6].

Противоизносные присадки (на основе жирных кислот и их эфиров) формируют защитную адсорбционную пленку толщиной в несколько молекулярных слоев, снижая коэффициент трения в 2–4 раза [7].

Антиокислительные (агидол-1, ионол) прерывают цепь радикального окисления углеводородов, связывая пероксидные радикалы [8].

Депрессорные модификаторы кристаллизации парафинов изменяют форму кристаллов, препятствуя их агрегации и снижая температуру застывания на 10–20 °С [9].

3. Влияние присадок на эксплуатационные характеристики двигателей

Экспериментальные данные подтверждают комплексный положительный эффект. Добавка 6 % МТБЭ повышает мощность двигателя и снижает расход топлива на 2–5 %, однако может увеличить выбросы NO_x [5]. ЭТБЭ (10 %) обеспечивает более плавное сгорание и снижает NO_x в несколько раз, хотя временно повышает СО и углеводороды [11].

Цетаноповышающие присадки (ЭГН, ДТВР) улучшают холодный пуск, снижают дымность на 15–25 % и расход топлива на 3–7 % [3, 10]. Противоизносные композиции уменьшают износ деталей топливной аппаратуры в 3–4 раза [7]. Многофункциональные пакеты (детергент + противоизнос + антиоксидант) продлевают ресурс двигателя и снижают общий расход топлива на 4–8 % [6, 12].

В условиях российских климатических условий депрессорные присадки особенно важны для дизельного топлива, обеспечивая работоспособность при температурах до –40 °С [9].

4. Экологические аспекты применения присадок

Присадки играют двойственную роль в экологии. С одной стороны, они способствуют более полному сгоранию, снижая выбросы СО на 17–28 %, углеводородов на 23–60 % и сажи на 20–40 % [4, 8, 12]. Кислородсодержащие добавки (этанол, PODE) уменьшают образование твердых частиц и СО₂ за счет повышения содержания кислорода в топливе [11].

С другой стороны, некоторые присадки (ранние металлические, содержащие марганец или свинец) способны образовывать токсичные аэрозоли [2]. Современные эфиры и нитраты в малых концентрациях не создают значимых рисков, однако требуют строгого контроля. В России нормы регулируются Федеральным законом № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и ТР ТС 013/2011 [1].

Заключение

Топливные присадки остаются эффективным и экономичным средством повышения качества горючих материалов и снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду [4]. Ключевым направлением развития является создание многофункциональных низкотоксичных композиций на базе возобновляемых сырьевых источников (талловое масло, биоэтанол) [6, 9, 11]. Перспективы включают интеграцию присадок с новыми конструкциями двигателей.

Список литературы

1. Грехов Е., Теслюк Л.М. Присадки к топливам: виды, действие и экологические аспекты // Сборник материалов конференции «Современные экологические технологии в энергетике и транспорте». Екатеринбург: УрФУ, 2025. С. 207–214.
2. Данилов А.М. Новый взгляд на присадки к топливам (обзор) // Нефтехимия. 2020. Т. 60. № 2. С. 163–171.
3. Репин Д.В., Иванов А.А., Сидоров В.В. Предложения по применению в топливах функциональных противоизносных, цетаноповышающих, антиокислительных присадок // Химическая технология. 2020. № 3. С. 45–52.
4. Серов М.В. Анализ влияния антидетонационных присадок на токсичность автомобильных двигателей: дипломная работа. Тольятти: ТГУ, 2021. 78 с.
5. Malik M.A.I., Kalam M.A., Masjuki H.H. Recent advancements, applications, and technical challenges of fuel additives // Energy Conversion and Management. 2024. Vol. 299. 117845. DOI: 10.1016/j.enconman.2023.117845.
6. Ковалева Е.Б. Многофункциональные компоненты и присадки к высокооктановым автомобильным бензинам: дис. ... канд. техн. наук. Иркутск: ИрННТУ, 2025. 151 с.
7. Сайдахмедов И.М., Абдуллаев А.А. Депрессорные присадки на основе сложных эфиров непредельных и жирноароматических кислот // Химические технологии и продукты. 2025. № 1. С. 12–20.
8. Масалова А.А., Ровенская О.П. Улучшение экологических характеристик моторных топлив присадками // Проблемы энергетики и транспорта. 2020. № 4(2). С. 158–165.
9. Ганина А.А. Новые компоненты и присадки для производства автомобильных бензинов на базе доступного отечественного сырья: дис. ... канд. техн. наук. Иркутск: ТПУ, 2021. 180 с.
10. Закирова З.Р., Хусаинов Р.Р. Эффективность цетаноповышающих присадок к дизельным топливам // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 12. С. 45–50. (Актуализировано в обзорах 2023–2024 гг.)
11. Badia J.H., et al. New Octane Booster Molecules for Modern Gasoline Composition // Energy & Fuels. 2021. Vol. 35. № 14. P. 10949–10997. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.1c00912.
12. Цыганков Д. В. Повышение экологической безопасности автомобильного транспорта за счет использования оксида пропилена в качестве многофункциональной присадки к жидкому моторному топливу: монография / Д. В. Цыганков. – Кемерово: КузГТУ, 2024. – 233 с. – ISBN 978-5-00137-470-1. – Текст: непосредственный.