



УДК 665.753

**ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ****STUDY OF THE STABILITY OF MODIFIED FUEL EMULSIONS****Багирова Н.Н.**

кандидат химических наук, доцент,  
доцент кафедры Нефтехимическая технология  
и промышленная экология,  
Университет Нефти и Промышленности,  
г. Баку, Азербайджан

**Мустафаева Р.Э.**

кандидат химических наук, доцент,  
доцент кафедры Нефтехимическая технология  
и промышленная экология  
Университет Нефти и Промышленности,  
г. Баку, Азербайджан  
rena-babaeva0@rambler.ru

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме разработки способа, устраняющего образование токсичных веществ в дизельных двигателях, в частности путем использования перспективного метода модифицирования состава дизельного топлива добавками, изменяющими процесс горения топливных смесей и снижающими образование токсичных веществ в отработавших газах дизельных двигателей. На основании проведенных экспериментов по эмульгированию топливных смесей выявлено, что высокой эффективностью по стабилизации модифицированных топливных композиций обладают спирты: изобутанол, бутанол и пропанол.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, токсические вещества, бутанол, пропанол, дизельные двигатели.

**Bagirova N.N.**

PhD in Chemistry,  
Associate professor the Department  
of Petrochemical Technology  
and Industrial Ecology,  
State University of Oil and Industry  
Baku, Azerbaijan

**Mustafayeva R.E.**

PhD in Chemistry,  
Associate professor the Department  
of Petrochemical Technology  
and Industrial Ecology,  
State University of Oil and Industry,  
Baku, Azerbaijan  
rena-babaeva0@rambler.ru

**Annotation.** The article is devoted to the problem of developing a method that eliminates the formation of toxic substances in diesel engines, in particular, by using a promising method for modifying the composition of diesel fuel with additives that change the combustion process of fuel mixtures and reduce the formation of toxic substances in the exhaust gases of diesel engines. Based on the experiments on the emulsification of fuel mixtures, it was found that alcohols: isobutanol, butanol and propanol have a high efficiency in stabilizing modified fuel compositions.

**Keywords:** diesel fuel, toxic substances, butanol, propanol, diesel engines.

Известно, что при сжигании дизельных топлив в двигателях внутреннего сгорания выделяются токсичные газы: оксиды углерода (II) CO, азота NO<sub>x</sub>, серы SO<sub>x</sub>, углеводороды, альдегиды и сажа. Высокая токсичность, канцерогенные свойства этих выбросов приводят к увеличению заболеваний людей, ухудшению экологической обстановки регионов. Поэтому необходимо снижать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Это особенно актуально при использовании дизельных двигателей в рудниках, шахтах, закрытых помещениях (складах, гаражах, ангарах и т.п.), воздух которых поступает на рабочие места персонала и должен соответствовать санитарным нормам. Существующие способы снижения воздействия выбросов загрязняющих веществ указанных газов (окислительное или восстановительное каталитическое дожигание, сорбция твердыми или жидкими хемосорбентами и др.) относятся в основном к способам, устраняющим последствия эмиссии выбросов [1–3]. Эти способы требуют установки дорогостоящих очистительных устройств, регенерации поглотителей.

Известно, что современное состояние атмосферного воздуха представляет большую угрозу здоровью населения. Наибольший вклад в загрязнение воздуха на сегодняшний день вносят передвижные источники загрязнения – автотранспорт [4–6]. Под выбросами автотранспорта подразумеваются отработанные газы (выхлопные газы) – это продукты окисления и неполного сгорания нефтяного топлива. Выбросы отработанных газов (ОГ) – основная причина превышения допустимых концентраций токсичных веществ и канцерогенов. Как известно причиной загрязнения воздуха является неполное сгорание топлива. В отработанных газах двигателя внутреннего сгорания (ДВС) содержится свыше 170 вредных компонентов, из них 160 – производные углеводородов, прямо обязанные своим появлением неполному сгоранию топлива в двигателе.

Повышенная экологическая опасность топлив и продуктов их сгорания представляют собой большую проблему. Решение этой проблемы может быть только комплексным. Оно включает в себя разработку топлив с экологически улучшенными характеристиками; разработку экологически чистых транспортных средств и двигателей внутреннего сгорания, оборудованных, в частности, устройствами для дожигания и нейтрализации отработанных газов и правильную эксплуатацию – применение топлив и масел соответствующих марок, поддерживающих горение топлив в оптимальном режиме [7].

Для решения задачи снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при горении дизельного топлива необходимо разработать составы топливных добавок на основе метанола и сивушных масел,



подобрать допустимые концентрации вводимых компонентов в топливо. Для получения устойчивых модифицированных дизельных эмульсий необходимо произвести выбор эффективного эмульгатора, создать условия, при которых полученная смесь не будет расслаиваться на две различные фазы в течение трех-четырех месяцев. Для оценки влияния снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу воздуха при сгорании модифицированных топлив, необходимо изучить влияние вводимых в топливо компонентов, на изменение продуктов горения топлив, установить химизмы процессов горения, окисления, восстановления и нейтрализации токсичных компонентов топливных эмульсий. Для эколого-экономической оценки введения добавок на основе метанола и сивушных масел необходимо произвести оценку предотвращенного экологического ущерба от снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу двигателей внутреннего сгорания и утилизации сивушных масел и утилизации отходов.). Смеси дизельного топлива с добавками подвержены расслоению, особенно при наличии воды в топливе. Это явление недопустимо в двигателях внутреннего сгорания. Однако, все предлагаемые, на основании литературного анализа, добавки в своем составе содержат воду в количестве до 35 % об. Решить проблему устойчивости дизельных смесей с добавками можно путем получения эмульсий

Основным способом приготовления эмульсий является перемешивание двух жидкостей вращающимися лопастями или с помощью специально сконструированных перемешивающих приспособлений. Сосуды, в которых ведется процесс, делаются обычно с двойными стенками, что позволяет поддерживать необходимую температуру. Состав добавки в дизельное топливо, снижающей выбросы загрязняющих веществ в атмосферу двигателями внутреннего сгорания, разрабатывался на основе спиртов и амидной составляющей.

В качестве исходных материалов использовали:

1. Дизельное топливо марки Л-0,2-40, 3-0,2-35, высший сорт по ГОСТ 305-82, произведенная на ОАО «Лукойл». Прозрачная у жидкость бледно желтого цвета, плотность – 820 кг/м.
2. Метанол технический синтетический марки А производства ОАО «Метафракс». Прозрачная, бесцветная жидкость, плотность при 20 °С – 791 кг/м<sup>3</sup>. Массовая доля воды – не более 0,05 % по ГОСТ 2222-95.
3. Этанол гидролизный, с содержанием этанола не менее 96,2 об. % по ГОСТ 18300-87, плотность – 798 кг/м<sup>3</sup>.
4. Эмульгатор – прозрачная бесцветная жидкость, плотность при 20 °С – 806 кг/м<sup>3</sup>.
5. Сивушное масло (фракция метанол-масло-вода). Плотность 0,876 г/см, содержание воды – 33,98 % масс.
6. Амид технический. Представляет собой белые или желтоватые кристаллы, имеющие форму иглообразных ромбических призм, не имеющие запаха, с плотностью 1335 кг/м и температурой плавления 132,4 °С. В чистом амиде содержится 46,6 % азота (в пересчете на аммиак – 56,7 %).

Эмульгирование проводили двумя методами: гидромеханическим и ультразвуковым с целью определить возможность эффективного использования каждого метода при приготовлении модифицированной топливной эмульсии. Эмульгирование топливной смеси проводили с помощью механического перемешивающего устройства типа ПЭ-8300 с блоком питания ПЭ-8000, имеющего встроенный секундомер и тахометр. Эксперименты проводили при различных скоростях перемешивания топливной эмульсии, контролируемые управляющим блоком. Определяли влияние скорости и времени перемешивания модифицированного топливной эмульсии на ее устойчивость.

При подборе эмульгаторов руководствовались рядом требований, предъявляемых к топливу: а) высокая эффективность стабилизации эмульсии; б) минимальное количество эмульгатора в смеси (для предотвращения усиленного образования нагара в камере сгорания и перебоев в работе двигателя); в) эмульгаторы и продукты их распада должны быть нетоксичными и не коррозионно-активными; Исследованы эмульгаторы, представляющие ряд органических спиртов: изобутанол, бутанол, пропанол, глицерин. В табл.1 представлены экспериментальные данные по стабильности топливных эмульсий в зависимости от вида эмульгатора при длительности механического перемешивания 30 мин. и скорости перемешивания 100 об/мин.

**Таблица 1** – Длительности стабильного состояния топливных эмульсий

Тип эмульгатора	Соотношение содержания эмульгатора к содержанию метанола в ДТ (концентрация метанола – 8 % об.)				
	1 : 1	1 : 1,2	1 : 1,4	1 : 1,6	1 : 2
пропанол	1650	1650	1620	1619	1545
бутанол	1700	1700	1650	1650	1600
изобутанол	1800	1800	1750	1740	1700
глицерин	10	8	8	5	3

Как видно из данных таблицы 1, наибольшая стабильность топливной смеси достигается при введении эмульгатора – изобутанола, который обеспечивает стабильность смеси в течение 1800с. Несколько меньшая эффективность наблюдается при введении бутанола и пропанола. В отсутствие эмульгатора топливная смесь расслаивается в течение 60 с. Разница в длительности сохранения стабильного объём



няется способностью эмульгаторов понижать поверхностное натяжение, а на границе раздела капель метанола и дизельного топлива. Таким образом, на основании полученных данных можно сделать выбор по применению в качестве эмульгатора спиртов – изобутанолов и пропанол.

Поскольку температурный интервал работы топлива включает отрицательные температуры, то важно было исследовать зависимость устойчивости к расслоению рпирто-топливной эмульгированной смеси от температуры. Исследования проводили в интервале температур от  $-20$  до  $+25$  °С. При этом стабильная топливная эмульсия охлаждалась до некоторой температуры, при которой межфазное поверхностное натяжение на границе раздела добавка – дизельное топливо не начинает отличаться от нуля, но все еще является крайне низкой, в результате самопроизвольно образуется критическая эмульсия, в которой стремление капель эмульсии к слиянию уравнивается энтропийным фактором – стремлением веществ к равномерному распределению в объеме. При более глубоком охлаждении поверхностное натяжение на границе раздела добавка – дизельное топливо увеличивается и все более преобладает стремление к понижению поверхностной энергии путем уменьшения поверхности раздела, т.е. путем коалесценции капель и расслоения жидкости. Устойчивость модифицированных топливных эмульсий также зависит и от природы и количества вводимых, добавок, поэтому было изучено влияние концентраций спиртов на стабильность модифицированных топлив.

Для изучения устойчивости приготовленных топливных эмульсий различных концентраций до 5 % об. метанола с эмульгатором, их выдерживали длительное время в герметично закрытых емкостях при различных температурах ( $-20$  и  $+25$  °С). В течение этого времени визуально наблюдали за состоянием эмульсии: измеряли границу расслоения и длительность стабильности в зависимости от концентрации сивушных масел и выбранного эмульгатора. На основании экспериментрв выявлены оптимальные соотношения ДТ: метанол: изобутанол, при которых достигается желаемый результат – смесь однородна по всему объему, не происходит ее помутнения и расслоения, эмульсии прозрачны, бледно желтого цвета. На основании проведенных экспериментов по эмульгированию топливных смесей выявлено, что высокой эффективностью по стабилизации модифицированных топливных композиций обладают спирты: изобутанол, бутанол и пропанол.

#### Список литературы:

1. Анализ мирового рынка дизельного топлива в 2006–2010 гг., прогноз на 2011–2015 гг. [электронный ресурс] // *Busines Stat.* – 2011. – URL : <http://marketing.rbc.ru/researchJ562949979784348.shtml>
2. Муллакаев М.С. Ультразвуковая интенсификация процесса каталитического окисления сероорганических соединений дизельной фракции // *Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса.* – 2010. – № 4. – С. 38–41.
3. Баулин О.А. Методы получения дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями // *Нефтегазовое дело.* – 2007. – № 1. – Т. 5. – С. 189–192.
4. Лыткин А.С. Бегак О.Ю. Цетаноповышающие добавки для дизельного топлива // *Автомобильная промышленность.* – 2008. – № 8 – С. 30.
5. Багирова Н.Н., Гусейнова М.А. Пути снижения вредных выбросов в атмосферу при сжигании жидких топлив // *Матрица научного познания.* – 2021. – № 1–2. – С. 29–33.
6. Багирова Н.Н., Гусейнова М.А. Методы переработки и утилизации нефтесодержащих отходов // *The Scientific Heritage.* – 2022. – № 94. – С. 10–14.
7. Багирова Н.Н., Мустафаева Р.Э. Экстракционное обогащение дизельных фракций n-метилпирролидоном // *Нефтепереработка и нефтехимия. ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ.* – 2023. – № 3. – С. 38–39.

#### List of references:

1. Analysis of the world market of diesel fuel in 2006–2010, forecast for 2011–2015. [electronic resource] // *Busines Stat.* – 2011. – URL : <http://marketing.rbc.ru/researchJ562949979784348.shtml>
2. Mullakaev M.S. Ultrasonic intensification of catalytic oxidation of sulfur–organic compounds of diesel fractions // *Equipment and technologies for oil and gas complex.* – 2010. – № 4. – P. 38–41.
3. Baulin O.A. Methods of producing of diesel fuel with the improved ecological characteristics // *Neftegazovoye Delo.* – 2007. – № 1. – V. 5. – P. 189–192.
4. Lytkin A.S., Begak O.Y. Cetane-increasing additives for diesel fuel // *Avtomobil'naya Promyshlennost'.* – 2008. – № 8 – P. 30.
5. Bagirova N.N., Guseinova M.A. Ways to reduce harmful emissions into the atmosphere when burning liquid fuels // *Matrix of scientific knowledge.* – 2021. – № 1–2. – P. 29–33.
6. Bagirova N.N., Huseinova M.A. Methods of processing and disposal of oil–containing wastes // *The Scientific Heritage.* – 2022. – № 94. – P. 10–14.
7. Bagirova N.N., Mustafaeva R.E. Extraction enrichment of diesel fractions by n–methylpyrrolidone // *Oil refining and petrochemistry. PETROLEUM REFINING AND PETROCHEMICALS.* – 2023. – № 3. – P. 38–39.