

УДК 621.432

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭТАНОЛА И ИЗОПРОПАНОЛА НА ОКТАНОВОЕ ЧИСЛО БЕНЗИНА И ЦЕТАНОВОЕ ЧИСЛО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Е. Н. МАКЕЕВА, Е. С. НАЙДЕН**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

*Было проведено исследование влияния содержания изопропанола и этанола на цетановое число дизельного топлива и октановое число бензина полученных эмульсий. В качестве исходного было взято товарное дизельное топливо и бензин марки А92, А95 и А98. Методом интенсивного механического перемешивания были получены эмульсии на основе бензина и дизельного топлива, содержащие от 1 до 30 % этанола и изопропанола. Применение этанола и изопропанола в качестве добавки к дизельному топливу и бензину обеспечит экономию природной нефти и внедрение альтернативных автомобильных топлив из возобновляемого сырья, а также уменьшение вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду.*

**Ключевые слова:** бензин, дизельное топливо, октановое число, цетановое число, изопропанол, этанол, топливно-спиртовая эмульсия.

## THE EFFECT OF ETHANOL AND ISOPROPANOL CONCENTRATIONS ON THE OCTANE NUMBER OF GASOLINE AND CETANE NUMBER OF DIESEL FUEL

**E. N. MAKEEVA, E. S. NAIDEN**

*Educational Institution "Sukhoi State Technical University of Gomel", the Republic of Belarus*

*The effect of the content of isopropanol and ethanol on the cetane number of diesel fuel and the octane number of gasoline of the obtained emulsions was studied. Commercial diesel fuel and gasoline of the A92, A95 and A98 brands were used as the starting material. Emulsions based on gasoline and diesel fuel containing from 1 to 30% ethanol and isopropanol were obtained by intensive mechanical mixing. The use of ethanol and isopropanol as an additive to diesel fuel and gasoline will ensure the saving of natural oil and the introduction of alternative automotive fuels from renewable raw materials, as well as reducing the harmful impact of vehicles on the environment.*

**Keywords:** gasoline, diesel fuel, octane number, cetane number, isopropanol, ethanol, fuel-alcohol emulsion.

### **Введение**

В мире идет активная разработка технологий по замене нефтяных топлив на другие виды энергоносителей, но несмотря на это производство бензина продолжает являться одним из важных в нефтеперерабатывающей промышленности. Наибольшее распространение получило жидкое топливо – бензин для двигателей с искровым зажиганием и дизельное топливо для дизельных двигателей. Топливо, как правило, в чистом виде не применяется. Для улучшения его качественных характеристик необходимо внесение в его состав различных добавок и присадок.

Для совершенствования свойств автомобильных топлив наряду с другими методами используются оксигенаты – высокооктановые синтетические добавки, вырабатываемые из альтернативного сырья. Введение оксигенатов увеличивает полноту сгорания углеводородов топлива и уменьшает токсичность отработавших газов. В частности, оксигенаты позволяют уменьшить стехиометрическое соотношение топлива и воздуха в зоне сгорания, что приводит к уменьшению образования оксида углерода и суммарных углеводородов. Однако применение оксигенатов в избыточных количествах может привести к ухудшению мощностных и экономических характеристик двигателя, а также к несовместимости их с материалами топливной системы автомобиля [2, 7, 13, 14].

Цель работы – выявить влияние концентрации спиртов на свойства топлива.

Для достижения данной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) изучить состав и свойства бензина, дизельного топлива, изопропанола и этанола;
- 2) проанализировать существующие способы повышения октанового числа бензина и цетанового числа дизельного топлива;
- 3) экспериментально исследовать влияние концентрации изопропанола и этанола на свойства бензина и дизельного топлива.

В данной работе исследованы физико-химические свойства эмульсий на основе бензина и дизельного топлива с этанолом и изопропанолом. В качестве исходного было взято товарное дизельное топливо и бензин. Путем интенсивного механического перемешивания были приготовлены смеси топлива с этанолом и изопропанолом. Для повышения устойчивости полученных эмульсий использовались добавки изопропанола в дизельное топливо, изопропанола в бензин (АИ-92) и этанола в бензин (АИ-92, АИ-95, АИ-98).

Одной из самых важных характеристик бензина является октановое число. Оно характеризует детонационную стойкость и равно процентному содержанию изооктана (2,2,3-триметилпентан) в смеси с нормальным гептаном, эквивалентные по детонационной устойчивости топлива, которое испытывается при стандартных условиях. Смесь паров гептана с воздухом при сильном сжатии легко детонирует, поэтому качество гептана как топлива считается нулевым. Изооктан, являясь разветвленным углеводородом, устойчив к детонации, и его качество принимают равным 100. Топлива, имеющие низкое октановое число, детонируют. Вначале для улучшения детонационных характеристик добавляли в топливо присадки, содержащие металлы. Одним из таких присадок был тетраэтилсвинец (ТЭС). Данная присадка была запрещена, так как она токсична и негативно влияет на окружающую среду. Кроме нее также применялись такие присадки, как марганецсодержащие, ферроцен. Содержание этих присадок было сведено к минимуму по экологическим требованиям.

Постоянно идет ужесточение экологических норм и требований к различным видам топлива, в том числе и к бензину. В результате этого наиболее целесообразно в качестве присадок стали применять кислородсодержащие соединения, которые позволяют повысить октановое число. Такие соединения называются оксигенатами. В большинстве стран из оксигенатов применяют спирты: метанол, этанол, изопропанол, изобутанол и эфиры: метил-трет-бутиловый (МТБЭ), этил-трет-бутиловый (ЭТБЭ), трет-амилметиловый (ТАМЭ) [1, 3].

Тема, связанная с улучшением качества топлива, весьма актуальна и для владельцев дизельных автомобилей. Дизельное топливо должно удовлетворять требованиям по самовоспламеняемости, которая для данного вида горючего определяется своим показателем, так называемым цетановым числом. Цетановое число равно процентному содержанию (объему) цетана и смеси с альфаметилнафталином, которая по характеру сгорания равноценна испытываемому топливу. Определяется характери-

стика временем задержки, т. е. интервалом между поступлением воздушно-топливной смеси в цилиндр и до начала его горения. И чем выше будет цетановое число, тем время задержки будет ниже, следовательно, двигатель будет запускаться проще. Так называемое белое дымление будет занимать меньше времени. Также более высокое цетановое число дизельного топлива увеличивает мощность работы силовой установки и ускоряет ее работу. Оптимальную работу современных дизельных двигателей обеспечивают дизельные топлива с цетановым числом от 45 до 55. При цетановом числе меньше 40 резко возрастает задержка горения (время между началом впрыскивания и воспламенением топлива) и скорость нарастания давления в камере сгорания, увеличивается износ двигателя. Стандартное топливо характеризуется цетановым числом 48–51, а топливо высшего качества (премиальное) имеет цетановое число 51–55. В настоящее время производители в качестве присадок к дизельному топливу используют окислители, которые содержат непрочный связанный кислород. Такого типа присадками являются перекись ацетона, изоамилнитрат и этилнитрат. Недостатками этих присадок являются низкая стабильность при хранении и пожарная опасность. На этапе производства в зависимости от фракционного состава нефтепродукта (доли различных видов углеводородов) меняется и цетановое число. При этом дальнейшая работа по увеличению этого параметра приводит к повышению расходов, поэтому в большинстве случаев на предприятиях используются специальные присадки (это может быть циклогексилнитрат или изопропил). Их использование позволяет увеличить показатель на 2–7 единицы. Более высокое содержание присадок снижает другие рабочие показатели дизельного топлива, поэтому не допускается [4, 8–11].

Существуют два способа применения спирта в качестве горючего для автомобильных моторов: при частичной (до 20 %) и при полной замене бензина и дизельного топлива. Высокие антидетонационные качества определяют преимущественное использование спирта в двигателях внутреннего сгорания с принудительным (искровым) зажиганием. Стандартный двигатель не нужно переделывать для работы на бензоспиртовой смеси [12].

В данной работе исследованы физико-химические свойства эмульсий на основе бензина и дизельного топлива с этанолом и изопропанолом. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории «Топливо и теория горения» на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» ГГТУ им. П. О. Сухого. В качестве исходного было взято товарное дизельное топливо и бензин марки АИ-92, АИ-95, АИ-98. Путем интенсивного механического перемешивания были приготовлены смеси указанного топлива с этанолом и изопропанолом. Для повышения устойчивости полученных эмульсий использовались добавки изопропанола в дизельное топливо по 1 %, изопропанола в бензин (АИ-92) и этанола в бензин (АИ-92, АИ-95, АИ-98) [10, 12].

Было исследовано влияние содержания изопропанола и этанола на цетановое и октановое число полученных эмульсий. Результаты представлены в табл. 1–3 и на рис. 1–4 [5, 6].

Таблица 1

**Октановое число по исследовательскому (ОЧИ) и моторному методу (ОЧМ) при различной концентрации изопропанола в бензине А92**

Количество добавленного изопропанола, мл	ОЧИ	ОЧМ
Без добавления	92,4	83,4
1	92,6	83,7

Окончание табл. 1

Количество добавленного изопропанола, мл	ОЧИ	ОЧМ
2	93,1	83,9
3	93,9	84,1
4	94,5	84,4
5	94,8	84,5
7	95,1	85,3
10	96,4	86,1
15	96,7	87,5
20	98,9	88,3
25	102	91,7
30	108	96,2
35	105	93,3
40	101	91,2

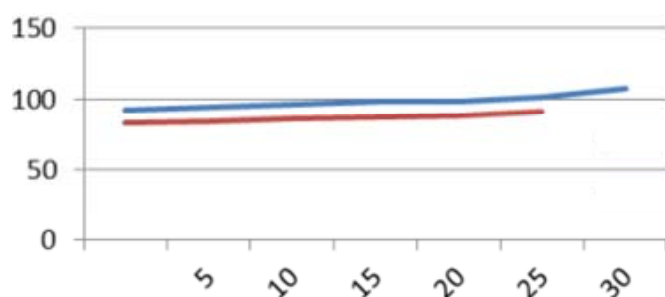


Рис. 1. Зависимость величины октанового числа бензина А92 от концентрации изопропанола, %:  
— ОЧИ; — ОЧМ

Опытным путем определили, что при концентрации изопропанола в количестве 30 % в бензине А92 было достигнуто максимальное октановое число.

Таблица 2

#### Цетановое число при различной концентрации изопропанола в дизельном топливе

Количество добавленного изопропанола, мл	Цетановое число
Без добавления	48,7
1	48,7
2	49,1
3	48,6
4	48,9
5	49
6	52,2
7	50,9
8	51,5
9	52,1

Окончание табл. 2

Количество добавленного изопропанола, мл	Цетановое число
10	52,7
11	52,9
12	49,7
13	50,8
14	50,1

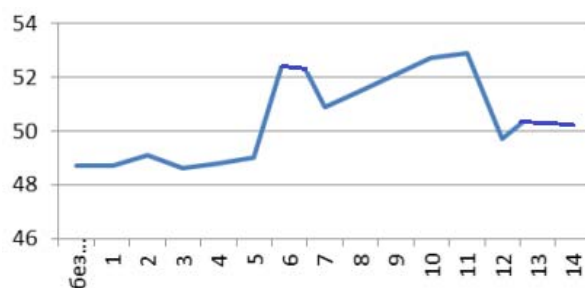


Рис. 2. Зависимость величины цетанового числа дизельного топлива от концентрации изопропанола, %:

— цетановое число

Опытным путем определили, что при концентрации изопропанола в количестве 6 % в дизельном топливе было достигнуто максимальное цетановое число – 52,9.

Таблица 3

**Октановое число по исследовательскому (ОЧИ) и моторному методу (ОЧМ) при различной концентрации этанола в бензине**

Количество добавленного этанола, мл	ОЧИ			ОЧМ		
	A92	A95	A98	A92	A95	A98
Без добавления	92,4	94,2	93,7	82,4	84,7	84,2
1	94,2	94,7	94,6	84,3	84,8	84,7
2	94,4	95	94,3	84,6	84,9	84,5
3	95	96	94,4	85	85,7	84,7
4	95,3	96,2	94,3	85,2	85,9	84,5
5	96,2	97	95,2	85,9	86,6	85,9
6	96,4	98,2	95,4	86,1	87,5	85,2
7	97,1	99,1	97,1	86,7	88,3	86,6
8	98,7	100	98,2	88	89,1	87,8
9	99	101	100	88,2	90,1	89,2
10	100	102	101	89,3	91	92,1
12	102	103	104	90,8	91,7	92
14	104	105	105	92,2	93,3	93,4
20	106	112	108	94,4	99,2	95,5
22	104	107	104	92,2	94,6	93,1
24	99	103	98	88,2	92,5	92,3

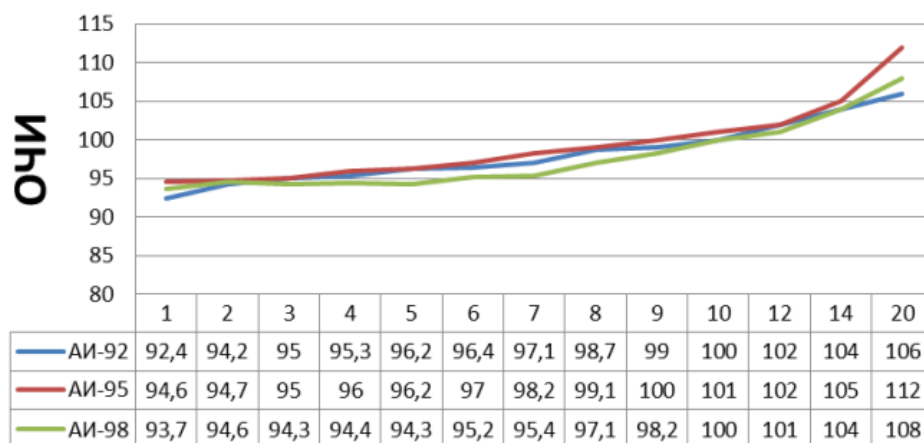


Рис. 3. Зависимость величины октанового числа по исследовательскому методу бензина от концентрации этанола, %

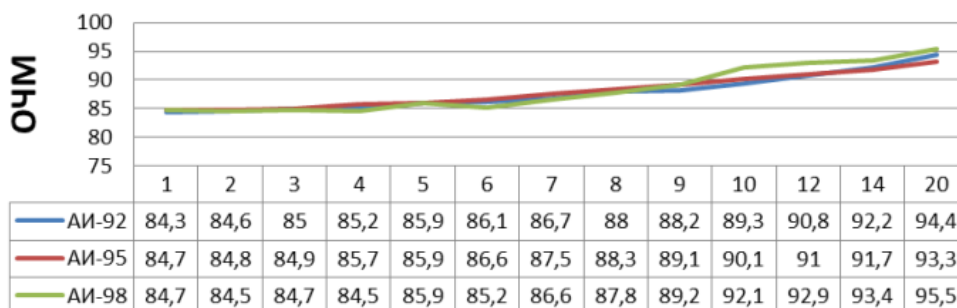


Рис. 4. Зависимость величины октанового числа по моторному методу бензина от концентрации этанола, %

Опытным путем определили, что при концентрации этанола 20 % в бензине было достигнуто максимальное октановое число, причем лучше всего себя показал бензин AI-95 с октановым числом ОЧИ 112.

Также были попытки получить эмульсию, состоящую из этанола и дизельного топлива, но происходило разделение фаз, и смешение не было достигнуто.

### Заключение

Методом интенсивного механического перемешивания были получены эмульсии на основе бензина и дизельного топлива, содержащие от 1 до 30 % этанола и изопропанола. Было исследовано влияние концентрации этанола и изопропанола на цетановое число дизельного топлива и октановое число бензина полученных этанола-топливных и изопропанола-топливных смесей. Применение этанола и изопропанола в качестве оксигенатной добавки к дизельному топливу и бензину обеспечит экономию природной нефти и внедрение альтернативных автомобильных топлив из возобновляемого сырья.

### Литература

1. Жмаева, Е. В. Исследование влияния добавок этанола и условий хранения на свойства автомобильных бензинов / Е. В. Жмаева, С. А. Антонов, С. В. Заглядова // Башк. хим. журн. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 89–93.
2. Изопропанол – Режим доступа: <http://www.himmir.ru/catalog/catalogproductsii/solvent/isopropanol.html>. – Дата обращения: 26.09.2022.

3. Кутовый, А. Н. Современные методы повышения октанового числа / А. Н. Кутовый, В. С. Власенко, Р. Р. Фатхулов // Технические науки: проблемы и перспективы : материалы IV Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, июль 2016 г. – СПб. : Свое изд-во, 2016. – С. 108–109. – Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/166/10847/>. – Дата доступа: 23.09.2022.
4. Синтез биодобавки к дизельному топливу / Ю. В. Мещерякова [и др.] // Наука в центр. России. – 2016. – № 1. – С. 15–22.
5. Найден, Е. С. Оценка влияния концентрации этанола и изопропанола в топливе на его свойства / Е. С. Найден // Родной край – основа всех начинаний поколения молодых : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, магистрантов, студентов и учащихся, Рудный, 21–22 апр. 2022. – С. 738–745.
6. Найден, Е. С. Повышение октанового числа бензина и цетанового числа дизельного топлива / Е. С. Найден, А. Г. Круталевич, Е. Н. Макеева // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-вообразования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 176–179.
7. Разработка новых кислородсодержащих высокооктановых топливных композиций // univsum. – Режим доступа: <https://7univsum.com/ru/tech/archive/item/4986>. – Дата доступа: 26.09.2022.
8. Ринк, Л. И. Мини-установка по производству биодизеля из растительного масла и изопропилового спирта / Л. И. Ринк, Ю. А. Собченко // Альтернатив. энергетика и экология. – 2015. – № 13/14 (177, 178). – С. 91–97.
9. Руднев, С. Г. Цетановое число дизельного топлива и его влияние на качество горения / С. Г. Руднев // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 220–222.
10. Сафаров, Д. Т. Теплофизические свойства смесей спиртов и дизельного топлива : дис. ... д-ра техн. наук : 01.04.14 / Д. Т. Сафаров. – Баку, 1994. – 155 с.
11. Сайдахмедов, А. И. Особенности использования этанола в дизельном топливе / А. И. Сайдахмедов, С. А. Карпов // Нефтепереработка и нефтехимия. Науч.-техн. достижения и передовой опыт. – 2011. – № 3. – С. 21–25.
12. Спирт в качестве топлива: Автомобили-алкоголики. – Режим доступа: <https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/spirt-v-kachestve-topliva-avtomobilialko-goliki-289906.html>. – Дата доступа: 26.09.2022.
13. Топливо // Смекни. – Режим доступа: <https://smekni.com/a/172839/toplivo/>. – Дата доступа: 26.09.2022.
14. Что такое дизельное топливо: состав, производство, характеристики и применение // trader-oil. – Режим доступа: <https://www.trader-oil.ru/informatsiya/dizelnoe-toplivo-info/chto-takoe-dizelnoe-toplivo/>. – Дата доступа: 26.09.2022.

Поступила 16.11.2022