

УДК 665.7.038+665.75; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-5.18>

<https://orcid.org/0000-0003-3046-4845>

<https://orcid.org/0000-0002-9463-149X>

<https://orcid.org/0000-0003-0026-3137>

<https://orcid.org/0000-0003-0707-8065>

<https://orcid.org/0000-0003-2216-325X>

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИМЕТИЛЭТИНИЛКАРБИНОЛА И МЕТИЛ-ТРЕТ-БУТИЛОВОГО ЭФИРА НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ



**Е.Г. ГИЛАЖОВ,**  
доктор технических наук,  
профессор,  
[gilazhov@mail.ru](mailto:gilazhov@mail.ru)



**Д.К. КУЛБАТЫРОВ,**  
докторант,  
[dkkd@mail.ru](mailto:dkkd@mail.ru)



**А.Ж. ЖЕКСЕМБАЕВА,**  
научный сотрудник,  
[almazhay1967@mail.ru](mailto:almazhay1967@mail.ru)



**Н.К. КУЗНЕЦОВА,**  
научный сотрудник,  
[net\\_a\\_k@mail.ru](mailto:net_a_k@mail.ru)



**М.Д. УРАЗГАЛИЕВА,**  
докторант,  
[madina-uraz@mail.ru](mailto:madina-uraz@mail.ru)

НАО «АТЫРАУСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ САФИ УТЕБАЕВА»  
Республика Казахстан, 060000, г. Атырау, ул. Баймуханова, 45а

Несмотря на существенный рост требований к качеству моторного топлива, вредные выхлопные газы, образующиеся при горении бензина, все еще являются главной экологической проблемой. Сегодня бензин занимает одно из ведущих мест среди источников энергии первичного производства. Проблема повышения качества бензина является одной из актуальных проблем химической промышленности. Для уменьшения вредных выбросов выхлопных газов из двигателей внутреннего сгорания, повышения сопротивления детонации топлива и использования возобновляемого топлива, в базовый бензин добавляется много различных кислородсодержащих присадок. Исследование и разработка новых кислородсодержащих присадок к бензинам на основе третичных ацетиленовых спиртов, является важной и актуальной задачей.

Проведена оценка влияния диметилэтилкарбинола и метил-трет-бутилового эфира на повышение октанового числа бензиновых композиций, по приросту октанового числа смеси прямогонного бензина и бензина риформинга в соотношениях 30:70 и 20:80. Алифатический ацетиленовый спирт диметилэтилкарбинола получали методом конденсации ацетона и ацетилена в условиях реакции Фаворского. Физико-химические свойства синтезированного диметилэтилкарбинола соответствует литературным данным. Для исследования использовались прямогонный бензин и бензин риформинга, производимого ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Определение октанового числа бензиновых композиций, содержащих предлагаемые добавки, проводилось экспресс-методом на измерителе детонационной стойкости бензина на октанометре SHATOX SX-100K. Определено, что диметилэтилкарбинол является эффективной кислородсодержащей присадкой, для повышения октанового числа бензиновых композиций, по сравнению с метил-трет-бутиловым эфиром. Исследование влияния оксигенатов, как метил-трет-бутилового эфира и диметилэтилкарбинола на повышение октанового числа бензиновых композиций, состоящих из прямогонного бензина и бензина риформинга в различных соотношениях показали, что повышение октанового числа при добавлении диметилэтилкарбинола выше, чем при добавлении метил-трет-бутилового эфира. По результатам исследований, третичного ацетиленового спирта – метил-трет-бутилового эфира можно предложить, как кислородсодержащую добавку к автомобильным бензинам.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бензин, оксигенат, октановое число, диметилэтилкарбинол, метил-трет-бутиловый эфир, детонация.

## БЕНЗИН КОМПОЗИЦИЯЛАРЫНЫҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРУ ҮШІН ДИМЕТИЛЭТИНИЛ КАРБИНОЛДЫҢ ЖӘНЕ МЕТИЛ-ТЕРТ-БУТИЛ ЭФИРІ ТИІМДІЛІГІ

Е.Г. ГИЛАЗОВ, техника ғылымдарының докторы, профессор, [gilazhov@mail.ru](mailto:gilazhov@mail.ru)

Д.К. КУЛБАТЫРОВ, докторант, [dkkd@mail.ru](mailto:dkkd@mail.ru)

А.Ж. ЖЕКЕМБАЕВА, ғылыми қызметкері, [almazhay1967@mail.ru](mailto:almazhay1967@mail.ru)

Н.К. КУЗНЕЦОВА, ғылыми қызметкері, [net\\_a\\_k@mail.ru](mailto:net_a_k@mail.ru)

М.Д. УРАЗГАЛИЕВА, докторанты, [madina-uraz@mail.ru](mailto:madina-uraz@mail.ru)

«С. ӨТЕБАЕВ АТЫНДАҒЫ АТЫРАУ МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ  
Қазақстан Республикасы, 060027, Атырау қ., М.Баймуханов көшесі, 45а

Отынның сапасына қойылатын талаптардың едәуір өсуіне қарамастан, бензинді жағу кезінде пайда болатын зиянды істен шыққан газдар әлі күнге дейін негізгі экологиялық проблема болып табылады. Бүгінгі таңда бензин бастапқы өндірістің энергия көздері

арасында жетекші орындардың бірін алады. Бензин сапасын арттыру мәселесі химия өнеркәсібінің өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Іштен жану қозғалтқыштарынан шығатын зиянды шығарындыларды азайту, отынның детонацияға төзімділігін арттыру және жаңартылатын отынды пайдалану үшін негізгі бензинге көптеген оттегі бар қоспалар қосылады. Үшінші реттік ацетилен спирттері негізінде құрамында оттегі бар жаңа бензин қоспаларын зерттеу және әзірлеу маңызды және өзекті міндет болып табылады.

Диметилэтинилкарбинолдың (ДМЭК) және метил-терт-бутил эфирдің (МТБЭ) бензин композицияларының октандық санының артуына, 30:70 және 20:80 арақатынастарында тікелей айдалған және риформинге бензиндері қоспасының октандық санының өсуіне әсерін бағалау жүргізілді. Алифатты ацетилен спирті ДМЭК Фаворский реакциясы жағдайында ацетон мен ацетиленді конденсациялау әдісімен алынды. Синтезделген ДМЭК физика-химиялық қасиеттері әдеби деректерге сәйкес келеді. Зерттеу үшін «Атырау мұнай өңдеу зауыты» ЖШС өндіретін айдалған және риформинге бензиндері пайдаланылды. Ұсынылған қоспалары бар бензин композицияларының октандық санын анықтау SHATOX SX-100K октанометріндегі бензиннің детонациялық беріктігін өлшегіште экспресс-әдіспен жүргізілді. МТБЭ салыстырғанда бензин композицияларының октандық санын арттыру үшін құрамында оттегі бар ДМЭК тиімді қоспа болып табылатыны анықталды. МТБЭ және ДМЭК сияқты оксигенаттардың өртүрлі арақатынастардағы тікелей айдалған және риформинге бензиндерінен тұратын бензин композицияларының октан санының жоғарылауына әсерін зерттеу МТБЭ қосқаннан гәрі ДМЭК қосқанда октан санының артуы жоғары екенін көрсетті. Зерттеу нәтижелері бойынша үшінші реттік ацетилен спирті ДМЭК автомобиль бензиндеріне оттегі бар қоспа ретінде ұсынылуы мүмкін.

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** бензин, оксигенат, октан саны, диметилэтинилкарбинол, метил-терт-бутил эфирі, детонация.

## EFFECTIVENESS OF DIMETHYLETHYNYLCARBINOL AND METHYL TERT-BUTYL ETHER ON OCTANE NUMBER INCREASE OF GASOLINE COMPOSITIONS

**Y.G. GILAZHOV**, Doctor of Technical Sciences, Professor, [gilazhov@mail.ru](mailto:gilazhov@mail.ru)

**D.K. KULBATYROV**, Doctoral, [dkkd@mail.ru](mailto:dkkd@mail.ru)

**M.D. URAZGALIEVA**, Doctoral, [madina-uraz@mail.ru](mailto:madina-uraz@mail.ru)

**N.K. KUZNETSOVA**, Researcher of the Institute, [net\\_a\\_k@mail.ru](mailto:net_a_k@mail.ru)

**A.Zh. ZHEXEMBAYEVA**, Researcher, [almazhay1967@mail.ru](mailto:almazhay1967@mail.ru)

NON-PROFIT JSC «ATYRAU OL AND GAS UNIVERSITY NAMED AFTER S. UTEBAYEV»

M. Baimukhanov str. 45a, Atyrau, Republic of Kazakhstan, 060027

*Despite the significant increase in requirements to the quality of motor fuel, harmful exhaust gases from gasoline combustion are still a major environmental problem. Today gasoline occupies one of the leading positions among primary energy sources. The problem of improving the quality of gasoline is one of the urgent problems of the chemical industry. In order to reduce harmful exhaust emissions from internal combustion engines, improve the detonation resistance of fuels and utilize renewable fuels, many different oxygen-containing additives are added to base gasoline. The research and development of new oxygen-containing additives for gasoline based on tertiary acetylene alcohols is an important and urgent task.*

*The influence of dimethylethynylcarbinol (DMEC) and methyl tert-butyl ether (MTBE) on the increase of octane number of gasoline compositions was evaluated by the increase of octane number of straight-run gasoline and reforming gasoline blends in the ratios of 30:70 and 20:80. Aliphatic*

*acetylene alcohol DMEC was obtained by condensation of acetone and acetylene under Favorsky reaction conditions. The physicochemical properties of the synthesized DMEC correspond to the literature data. Straight-run gasoline and reforming gasoline produced by "Atyrau Oil Refinery" LLP were used for the study. Determination of octane number of gasoline compositions containing the proposed additives was carried out by express method on the gasoline detonation resistance meter on the octanometer SHATOX SX-100K. It was determined that DMEC is an effective oxygenate additive for increasing the octane number of gasoline compositions compared to MTBE. The research of influence of oxygenates as MTBE and DMEC on increase of octane number of gasoline compositions consisting of straight-run gasoline and reforming gasoline in different ratios showed that increase of octane number at addition of DMEC is higher than at addition of MTBE. According to the results of research, tertiary acetylene alcohol - DMEC can be proposed as an oxygen-containing additive to motor gasoline.*

**KEY WORDS:** *gasoline, oxygenate, octane number, dimethylethynylcarbinol, methyl tert-butyl ether, detonation.*

**В**ведение. На сегодняшний день проблема загрязнения окружающей среды не перестает терять свою актуальность. В этом контексте отработанные газы, выбрасываемые различными типами двигателей, представляют значительную угрозу для здоровья человека и экологии в целом. Бензин, являющийся основным топливом для двигателей внутреннего сгорания, представляет собой смесь различных фракций, полученных в результате переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах. Основное его качество - детонационная стойкость. Детонация может привести к чрезмерному расходу топлива, повреждению поршней и выхлопных клапанов, а также к износу и перегреву двигателя. Таким образом, качество бензина оказывает прямое влияние на эффективность работы мотора.

Для снижения уровня выбросов вредных веществ в атмосферу в бензин добавляют кислородсодержащие соединения, такие как метанол, этанол, этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ), метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), метил-трет-амиловый эфир (МТАЭ), диизопропиловый эфир (ДИПЭ) и другие. Эти добавки помогают улучшить степень сгорания топлива и снижают содержание токсичных веществ в выхлопах. Они рассматриваются как альтернатива металлоорганическим антидетонаторам и высокооктановым ароматическим компонентам бензинов [1,2].

С каждым годом требования к качеству автомобильного топлива становятся все более строгими. В ответ на это автомобильные производители разрабатывают двигатели, соответствующие новым экологическим стандартам. Использование некачественного топлива может не только замедлить движение автомобиля, но и привести к его поломке. Чтобы избежать таких последствий, рекомендуется выбирать топливо, соответствующее техническим характеристикам транспортного средства. Это можно достичь либо использованием высококачественного бензина, либо применением специальных добавок, повышающих октановое число [3].

Применение кислородсодержащих компонентов, или оксигенатов, представляет собой один из наиболее перспективных методов получения высокооктанового бензина. Эти присадки включают как простые, так и сложные эфиры монокарбоновых кислот, высших спиртов, окисленные углеводородные фракции, содержащие смеси кислот, спиртов и эфиров, а также оксиэтилированные соединения. Одним

из наиболее распространенных компонентов является метанол, который благодаря своему высокому октановому числу позволяет повысить степень сжатия двигателя до 16 и активно используется для заправки гоночных автомобилей и мотоциклов. Смеси бензина с метанолом применяются в различных странах, таких как Германия, Италия, Япония, Польша, Франция и Индия. Ключевым преимуществом таких топливных смесей является снижение выбросов оксидов азота, угарного газа и других вредных веществ в выхлопных газах транспортных средств [4].

Продемонстрирована возможность использования в составе бензинов не только чистого бутанола, но и гидрогенизата, представляющего собой смесь спиртов и их эфиров: 52% бутилового спирта, 20% спиртов с углеродными цепями C5-C8 и 16% их простых и сложных эфиров [5]. Было установлено, что использование топливных смесей на основе нефтяного бензина с спиртами C1-C8 значительно улучшает тягово-скоростные характеристики автомобилей [6]. В настоящее время активно исследуют применение различных эфиров в качестве добавок как к бензину, так и к дизельному топливу. Например, исследования моноэфиров гликолей показали, что антидетонационная активность целлозольвов (ЭЦ, БЦ) и карбитолов (ЭК, БК) в качестве 1%-ной добавки к прямогонной бензиновой фракции превосходит таковую у МТБЭ. Это приводит к увеличению октанового числа исходного бензина с 82,1 до 87,7–90,0 и 85,2 единиц соответственно [7]. С учетом экологической безопасности МТБЭ, его гомологи, такие как этиловый и бутиловый эфиры трет-бутанола, рассматриваются как альтернативные добавки. В качестве замены МТБЭ также рассматривают диизопропиловый эфир [8].

Антидетонационные свойства третичных ацетиленовых спиртов пока недостаточно изучены. Однако они представляют интерес, так как, как и другие оксигенаты, содержат в своей молекуле третичные алкильные радикалы, гидроксильные группы и ацетиленовые неопределенные соединения, которые способствуют разрыву фронта детонации. Исследование и разработка новых кислородсодержащих присадок для повышения октанового числа бензина на основе третичных ацетиленовых спиртов является актуальной и инновационной задачей.

Цель работы. Исследование воздействия кислородсодержащих добавок, таких как третичный ацетиленовый спирт - диметилэтинилкарбинол (ДМЭК) и МТБЭ, на повышение октанового числа бензиновых композиций, включающих прямогонный бензин и риформинг.

**Материалы и методы исследований.** Аليفатический ацетиленовый спирт ДМЭК был синтезирован методом конденсации ацетона и ацетилена, в условиях реакции Фаворского (схема 1).

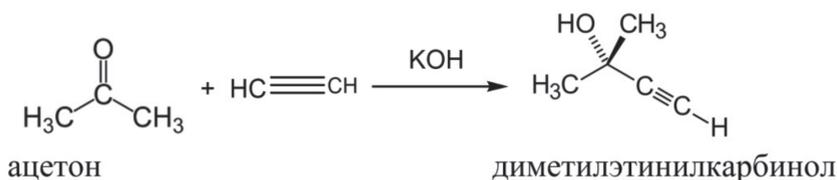


Схема 1 – Схема реакции получения диметилэтинилкарбинола

Реакция проводилась под давлением в реакторе с использованием порошкообразного гидроксида калия в тетрагидрофуране. Для синтеза ДМЭК использовались ацетон ТУ 2633-012-44493179-98 производства АО «ЭКОС-1» и гидроксид калия ГОСТ 9285-78, производимый ООО «Сода-хлорат». Физико-химические характеристики синтезированного ДМЭК соответствуют данным, приведенным в литературе [8]. МТБЭ, использованный в исследовании, был производства компании «Компонент-реактив» с чистотой основного компонента 99,9%. В экспериментах использовались прямогонный бензин (ПБ) и риформинг-бензин (БР), произведенные ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Оценка октанового числа бензиновых смесей с добавлением предложенных компонентов проводилась с помощью экспресс-метода на октанометре SHATOX SX-100K (изготовитель НПО «SHATOX», Институт химических наук Сибирское отделение Российской академии наук). В качестве эталонов для сравнения использовались параметры, соответствующие ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-99) и ТУ 4215-002-60283547-2006. Результаты исследований являются средними значениями трех повторных измерений.

**Результаты и обсуждение.** Влияние ДМЭК и МТБЭ на повышение октанового числа бензиновых смесей оценивалось по увеличению октанового числа при различных пропорциях ПБ и БР в соотношениях 30:70 и 20:80. Эффективность кислородсодержащих добавок (оксигенатов) ДМЭК и МТБЭ как высокооктановых компонентов исследовалась путем их введения в бензиновые смеси в концентрациях от 3% до 11% (масс.).

В таблице 1 представлен состав бензиновой композиции, состоящий из ПБ и БР

**Таблица 1 – Состав бензиновых композиций**

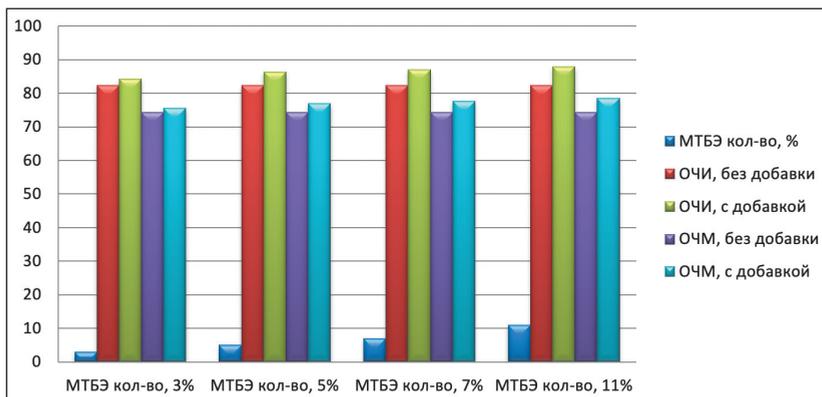
Смеси бензинов	МТБЭ		ДМЭК	
	№1	№2	№3	№4
ПБ, %	30	20	30	20
БР, %	70	80	70	80

В таблицах 2-5 и рисунках 1-4 представлены результаты влияния добавок ДМЭК и МТБЭ на октановое число смеси ПБ и БР в соотношениях 30:70 и 20:80.

При использовании смесей различных видов бензинов существуют ограничения по концентрации добавляемых присадок. Эти ограничения зависят от множества факторов, и максимальная концентрация присадок определяется предельным приростом октанового числа исследовательским (ОЧИ) и моторным методом (ОЧМ). Эффективность антидетонации высокооктановых компонентов также зависит от ряда факторов. Способность базового бензина или углеводородной группы увеличивать детонационную стойкость при добавлении антидетонаторов называется приемистостью.

**Таблица 2 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ+БР при 30:70) при добавлении МТБЭ**

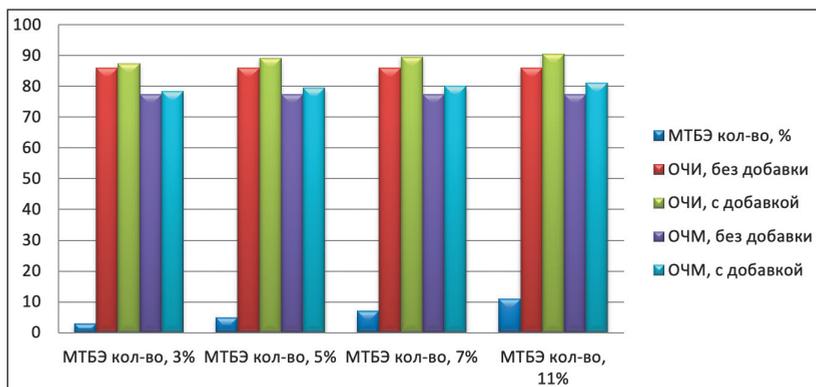
Бензиновая композиция	МТБЭ кол-во, %	Октановое число, ОЧИ			Октановое число, ОЧМ		
		без добавки	с добавкой	Прирост	без добавки	с добавкой	Прирост
		ПБ:БР =30:70	3	82,3	84,3	+2,0	74,4
5	82,3		86,4	+4,1	74,4	76,9	+2,5
7	82,3		87,0	+4,7	74,4	77,6	+3,2
11	82,3		88,0	+5,7	74,4	78,5	+4,1



**Рисунок 1 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ + БР = 30:70), при добавлении МТБЭ**

**Таблица 3 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ + БР 20:80) при добавлении МТБЭ**

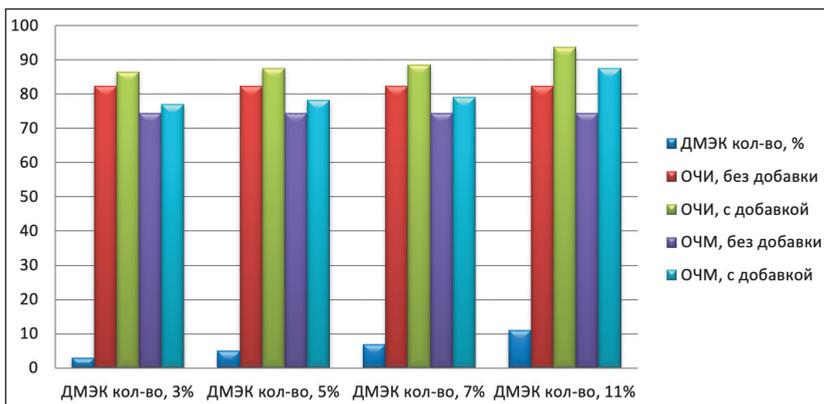
Бензиновая композиция	МТБЭ кол-во, %	Октановое число, ОЧИ			Октановое число, ОЧМ		
		Без добавки	с добавкой	Прирост	без добавки	с добавкой	Прирост
ПБ:БР = 20:80	3	86,0	87,5	+1,5	77,4	78,4	+1,0
	5	86,0	89,1	+3,1	77,4	79,5	+2,1
	7	86,0	89,6	+3,6	77,4	80,1	+2,7
	11	86,0	90,6	+4,6	77,4	81,1	+3,7



**Рисунок 2 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ + БР 20:80), при добавлении МТБЭ**

**Таблица 4 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ+БР при 30:70) при добавлении ДМЭК**

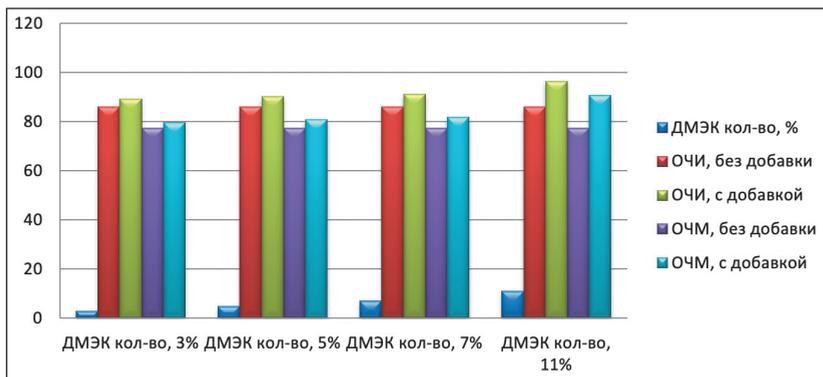
Бензиновая композиция	ДМЭК кол-во, %	Октановое число, ОЧИ			Октановое число, ОЧМ		
		без добавки	с добавкой	Прирост	без добавки	с добавкой	Прирост
ПБ:БР = 30:70	3	82,3	86,6	+4,3	74,4	77,1	+2,7
	5	82,3	87,5	+5,2	74,4	78,2	+3,8
	7	82,3	88,5	+6,2	74,4	79,1	+4,7
	11	82,3	93,7	+11,4	74,4	87,5	+13,1



**Рисунок 3 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ + БР = 30:70), при добавлении ДМЭК**

**Таблица 5 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ + БР 20:80) при добавлении ДМЭК**

Бензиновая композиция	ДМЭК кол-во, %	Октановое число, ОЧИ			Октановое число, ОЧМ		
		Без добавки	с добавкой	Прирост	без добавки	с добавкой	Прирост
ПБ:БР = 20:80	3	86,0	89,3	+3,3	77,4	79,8	+2,4
	5	86,0	90,3	+4,3	77,4	80,9	+3,5
	7	86,0	91,3	+5,3	77,4	81,9	+4,5
	11	86,0	96,6	+10,6	77,4	90,9	+13,5



**Рисунок 4 – Изменение октанового числа бензиновой композиции (смеси ПБ + БР 20:80), при добавлении ДМЭК**

Несмотря на значительное ужесточение требований к качеству современного моторного топлива, вредные выбросы, образующиеся при сгорании бензина, продолжают оставаться основной экологической угрозой. Бензин по-прежнему занимает важное место среди источников энергии первичного производства. Его потребность в высококачественной форме превышает потребность в других углеводородных фракциях. Поэтому к эксплуатационным характеристикам автомобильного бензина предъявляются строгие требования, и повышение качества бензина остается одной из ключевых проблем химической промышленности.

Опасные выбросы от автомобильного транспорта продолжают расти по всему миру, несмотря на усилия автомобильных компаний и государственных структур, направленные на снижение уровня вредных выбросов. Эти выбросы включают токсичные вещества, оказывающие негативное влияние не только на здоровье людей, но и на экологию городов и всей биосферы.

В развитых странах [10-13] акцент делается на энергосбережение, улучшение качества моторного топлива, охрану окружающей среды и использование экологически чистых энергетических источников. Ключевыми факторами, способствующими улучшению ситуации, являются усовершенствование бензиновых двигателей с более высокими тепловыми показателями и снижением выбросов вредных веществ.

Соблюдение международных экологических стандартов в отношении токсичных газов, выбрасываемых транспортными средствами, окажет положительное влияние на экологическую ситуацию [14]. Однако резкий рост спроса на нефтегазовые продукты вызывает серьезные экологические проблемы по всему миру. Основным источником химического загрязнения окружающей среды являются газы от двигателей внутреннего сгорания. В процессе работы двигателей выделяются комплексные соединения, содержащие несколько токсичных компонентов [15-16].

Для снижения уровня вредных выбросов, повышения детонационной стойкости топлива и использования возобновляемых источников энергии в базовый бензин добавляют различные кислородсодержащие присадки [17]. Одним из таких примеров является исследование добавления изобутанола в метанол-бензиновые смеси для использования в немодифицированных двигателях с искровым зажиганием. Результаты показали, что изобутанольные добавки могут быть эффективным вариантом для смешивания с метанолом и бензином, обеспечивая нормальную работу двигателя [18].

На практике для повышения октанового числа базового бензина, представляющего собой смесь различных нефтеперерабатывающих потоков, часто добавляют октаноповышающие присадки, чтобы удовлетворить минимальным требованиям октанового числа, установленным нормативами. Например, в Китае широко используется метанол, получаемый из угля, как октаноповышающая добавка [19]. Также показано [20], что арилбутилацетали обладают высоким октановым числом (до 110 по исследовательским методам) и могут быть перспективными добавками для улучшения детонационной стойкости автомобильных бензинов.

Однако антидетонационные свойства третичных ацетиленовых спиртов остаются малоизученными. В последние годы в лаборатории инженерного профиля «Нефтехимия» при НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева» активно исследуются антидетонационные свойства третичных ацетиленовых спиртов [21]. Интересно, что третичный ацетиленовый спирт, как и другие антидетонаторы, содержит в своей молекуле третичные алкильные радикалы, гидроксильные группы и ацетиленовую непредельную часть, способную разрывать фронт детонации.

Исследование и разработка новых кислородсодержащих добавок для бензинов на основе третичных ацетиленовых спиртов является важной и актуальной задачей.

На основе проведенных исследований по влиянию оксигенатов МТБЭ и ДМЭК на повышение октанового числа бензиновых смесей, состоящих из прямогонного бензина и риформинга, нами были получены следующие результаты:

- На *рисунке 1* и *таблице 2* приведена зависимость изменения октанового числа бензиновой композиции №1 от содержания присадок. Здесь рассматривается бензиновая композиция, состоящая из бензинов прямой перегонки и риформинга в соотношении 30:70. К композициям добавлены МТБЭ в количестве 3, 5, 7, 11% масс. Как видно из диаграммы (*рисунок 1*) с увеличением концентрации МТБЭ идет постепенное увеличение октанового числа. Максимальный прирост по ОЧИ составляет 5,7% и 4,1% по ОЧМ.

- При добавлении МТБЭ к бензиновой композиции №2 (АВТ:риформинг = 20:80) с увеличением концентрации МТБЭ прирост октанового числа составил по ОЧИ до 4,6, а по ОЧМ от до 3,7. Данные исследований приведены в *таблице 3* и на *рисунке 2*.

- На *рисунке 3* и в *таблице 4* приведена зависимость изменения октанового числа бензиновой композиций №3 от содержания присадки ДМЭК. Здесь рассматривается бензиновая композиция, состоящая из бензинов прямой перегонки и риформинга в соотношении 30:70. К композициям добавлены ДМЭК в количестве 3, 5, 7, 11% масс. Как видно из диаграммы (*рисунок 3*) с увеличением концентрации ДМЭК идет повышенное увеличение октанового числа по ОЧИ от до 6,3 и по ОЧМ до 9,94.

- При добавлении ДМЭК к бензиновой композиции №4 (АВТ:риформинг = 20:80) с увеличением концентрации ДМЭК прирост октанового числа 9,0 по ОЧИ, 13,5 по ОЧМ. Данные исследований приведены в *таблице 5* и на *рисунке 4*.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что ДМЭК является эффективным кислородсодержащим присадком (оксигенатом), способствующим увеличению октанового числа бензиновых смесей, в отличие от МТБЭ.

**Заключение и выводы.** Оценка воздействия ДМЭК и МТБЭ на повышение октанового числа бензиновых смесей показала, что прирост октанового числа смеси прямогонного бензина и бензина риформинга в соотношениях 30:70 и 20:80 заметно выше при добавлении ДМЭК, чем при использовании МТБЭ. Исследования показали, что ДМЭК является более эффективным оксигенатом для улучшения октанового числа, по сравнению с МТБЭ, при различных пропорциях прямогонного и риформингового бензинов. На основе полученных результатов, третичный ацетиленовый спирт – ДМЭК может быть предложен в качестве добавки к автомобильным бензинам. Применение ДМЭК поможет расширить использование высокооктановых компонентов, снизить токсичность бензинов и выхлопных газов, а также повысить выпуск высококачественного товарного бензина, что существенно улучшит эксплуатационные характеристики автомобильных двигателей. 

*Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан грант АР148044/0222.*

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Капустин В.М., Карпов С.А., Царев А.В. Оксигенаты в автомобильных бензинах. – М.: КолосС, 2011. – 336 с. [Kapustin V.M., Karpov S.A., Tsarev A.V. Oksigenaty v avtomobil'nykhbenzinakh. – М.: KolosS, 2011. - 336 s.]

- 2 Капустин В.М. Технология производства автомобильных бензинов. – М.: Химия, 2015. – 256 с. [Kapustin V.M. Tekhnologiyaproizvodstvaavtomobil'nykhbenzinov. – М.: Khimiya, 2015. – 256 с.]
- 3 Полетаева О.Ю., Мовсумзаде Э.М., Колчина Г.Ю., Бахтина А.Ю. Влияние строения молекул высокооктановых компонентов бензинов и антиокислительных присадок к топливам на эффективность их действия // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2016. – Т. 59, вып. 12. – С. 49-56. [Poletaeva O.YU., Movsumzade E.M., Kolchina G.YU., Bahtina A.YU. Vliyaniye stroeniya molekul vysokooktanovykh komponentov benzinov i antiokislitel'nykh prisadok k toplivam na effektivnost' ih dejstviya // Izvestiya vuzov. Himiya i himicheskaya tekhnologiya. – 2016. – Т. 59, вып. 12. – С. 49-56.]
- 4 Царев А.В., Карпов С.А. Повышение экологических и эксплуатационных характеристик автомобильных бензинов введением оксигенатов // Химическая технология. – 2007. – Т. 8, N 7. – С. 324-328. [4. Carev A.V., Karpov S.A. Povysheniye ekologicheskikh i ekspluatatsionnykh harakteristik avtomobil'nykh benzinov vvedeniem oksigenatov // Himicheskaya tekhnologiya. – 2007. – Т. 8, N 7. – С. 324-328.]
- 5 Амирханов М.К., Амирханов К.Ш., Ахметов А.Ф., Белоусова О.Ю., Япаев Р.Ш. Гидрогенизат производства бутиловых спиртов как компонент автомобильных бензинов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18, N 3. – С. 34-36. [5. Amirhanov M.K., Amirhanov K.SH., Ahmetov A.F., Belousova O.YU., Yapaev R.SH. Hidrogenizat proizvodstva butilovykh spirtov kak komponent avtomobil'nykh benzinov // Bashkirskij himicheskij zhurnal. – 2011. – Т. 18, N 3. – С. 34-36.]
- 6 Цыганков Д.В., Мирошников А.М., Тишков Н.С., Питенев Е.В. Оксигенатные присадки к топливу на основе регионального сырья // Вестник КузГТУ. – 2004. – N 3. – С. 93-94. [6. Sygankov D.V., Miroshnikov A.M., Tishkov N.S., Pitenev E.V. Oksigenatnye prisadki k toplivu na osnove regional'nogo syr'ya // Vestnik KuzGTU. – 2004. – N 3. – С. 93-94.]
- 7 Хамидуллин Р.Ф., Харлампида Х.Э., Пучкова Т.Л., Мельник А.Ю., Батрутдинова А.Р., Галиуллина М.М. Оксигенатные добавки к бензиновым фракциям, повышающие октановые числа моторных топлив // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 17. – С. 295–300. [7. Hamidullin R.F., Harlampidi H.E., Puchkova T.L., Mel'nik A.YU., Batrutdinova A.R., Galiullina M.M. Oksigenatnye dobavki k benzinovym frakciyam, povyshayushchie oktanovye chisla motornykh topliv // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – № 17. – С. 295–300.]
- 8 Ибрагимов Э.А., Абадзаде Х.И., Казимова А.Н., Ибрагимов Р.Г., Рустамов М.И. Ди-изопропиловый эфир как перспективная оксигенатная добавка для производства высокооктановых бензинов. Мир нефтепродуктов // Вестник нефтяных компаний. – 2014. – N 4. – С. 13–15. [8. Ibragimov E.A., Abadzade H.I., Kazimova A.N., Ibragimov R.G., Rustamov M.I. Di-izopropiloviy efir kak perspektivnaya oksigenatnaya dobavka dlya proizvodstva vysokooktanovykh benzinov. Mir nefteproduktov // Vestnik neftyanykh kompanij. – 2014. – N 4. – С. 13–15.]
- 9 Щелкунов А.В., Васильева Р.Л., Кричевский Л.А. Синтез и взаимные превращения монозамещенных ацетиленов. – 1975. Алма-Ата: Наука. – С. 44-45. [9. SHCHelkunov A.V., Vasil'eva R.L., Krichevskij L.A. Sintez i vzaimnye prevrashcheniya monozameshchennykh acetilenov. – 1975. Alma-Ata: Nauka. – С. 44-45.]
- 10 Lan T., Wang Y., Ali R., Liu H., Liu X., He M. Prediction and measurement of critical properties of gasoline surrogate fuels and biofuels // Fuel Process Technol. – 2022. – 228:107156. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107156>
- 11 Ershov M.A., Klimov N.A., Burov N.O., Abdellatif T.M.M., Kapustin V.M. Creation a novel promising technique for producing an unleaded aviation gasoline 100UL // Fuel. – 2021. – 284:118928. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118928>

- 12 Sun X., Liu H., Duan X., Guo H., Li Y., Qiao J. et al. Effect of hydrogen enrichment on the flame propagation, emissions formation and energy balance of the natural gas sparkignition engine // *Fuel*. –2022. – 307:121843. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121843>
- 13 Beig B., Riaz M., Raza Naqvi S., Hassan M., Zheng Z., Karimi K. et al. Current challenges and innovative developments in pretreatment of lignocellulosic residues for biofuel production:A review // *Fuel*. – 2022. – 287:119670.<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119670>
- 14 Maxmudov M.J., Svaikosov S.O. Comparison of the efficiency of additives in increasing the octane number of gasoline // *Universum: Engineering Sciences*. – 2022. – N 6-5(99). – P. 29-32.
- 15 Kapustin V.M., Ershov M.A., Khakimov R.V. Automobile gasolines with high-octane additives. – Moscow: Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin, 2021.
- 16 Махмудов М.Ж., Свайкосов С.О. Сравнение эффективности присадок в повышении октанового числа бензина // *Universum: технические науки*. – 2022. – № 6. – С. 99. [16.Mahmudov M.ZH., Svajkosov S.O. Sravnenie effektivnosti prisadok v povyshenii oktanovogo chisla benzina // *Universum: tekhnicheskie nauki*. – 2022. – № 6. – S. 99.] <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14001>
- 17 Cakmak A., Ozcan H. Oxygenated Fuel Additives to Gasoline // *Politeknikdergisi*. – 2018. – V. 21, – I. 4. – P. 831-840.<https://doi.org/10.2339/politeknik.457956>
- 18 Hazim Sh., Nik R. Abdullah G. Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends // *Applied thermal engineering*. – 2017. – V. 114. – P. 594–603. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.12.017>
- 19 Wang Ch., Li Ya., Xu C. Methanol as an octane booster for gasoline fuels // *Fuel*. – 2019. – Vol. 15. – P. 76-84 <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.128>
- 20 Опарина Л.А., Колыванов Н.А., Ганина А.А., Дьячкова С.Г. Алкиларилацетали – новый тип оксигенатных добавок к моторным топливам // *Нефтехимия*. – 2020. – Т. 60. – N 1. – С. 148 – 153. [Опарина Л.А., Kolyvanov N.A., Ganina A.A., D'yachkova S.G. Alkilarilacetali – novyj tip oksigenatnyh dobavok k motornym toplivam // *Neftekhimiya*. – 2020. – Т. 60. – N 1. – S. 148 – 153.] <https://doi.org/10.31857/S0028242120010104>
- 21 Патент №28915 РК. Октаноповышающая добавка к бензину / Гиладжов Е.Г., Сериков Т.П., Козырев Д.В., Сулейменов Е. Б., Гиладжов Ф.Е., Муфтахова Д.А. Бюл. №9, 15.09.2014.<https://gosreestr.kazpatent.kz/Invention/Details?docNumber=228234>