

УДК 665.7.038+665.75; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-3.11>

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

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

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

<https://orcid.org/0009-0003-7213-2387>

ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА РИФОРМИНГА



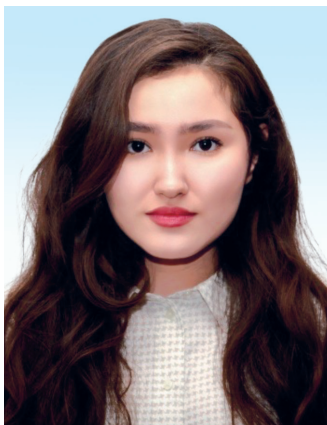
Е.Г. ГИЛАЖОВ,
доктор технических наук,
профессор Института
нефтехимической инженерии
и экологии,
gilazhov@mail.ru



Д.К. КУЛБАТЫРОВ,
докторант Института
нефтехимической инженерии
и экологии,
dkkd@mail.ru



М.Д. УРАЗГАЛИЕВА,
магистр, ведущий научный
сотрудник Института
нефтехимической инженерии
и экологии,
madina-uraz@mail.ru



К.Р. МАКСОТ,
магистрант Института
нефтехимической инженерии
и экологии,
kamilla.maksot@mail.ru

НАО «АТЫРАУСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ С. УТЕБАЕВА»
Республика Казахстан, 060027, г. Атырау, ул. М. Баймуханова, 45а

В настоящее время бензин занимает одно из ведущих мест среди источников энергии первичного производства. Потребность человечества в нем, в его высоком качестве, больше, чем в любой другой фракции углеводородов. Поэтому к эксплуатационным свойствам автомобильного бензина предъявляются очень высокие требования, и проблема повышения качества бензина является одной из актуальных проблем химической промышленности. Для современных транспортных средств необходимо топливо с высоким октановым числом, обладающее свойствами, предотвращающими детонацию, и имеющее октановые числа 92, 95 и 98 для двигателей. Достижение высоких антидетонационных показателей возможно благодаря сложной переработке бензина с применением методов каталитического крекинга, изомеризации и алкилирования или за счет добавления специальных высокооктановых добавок в топливо. Ведущая мировая тенденция в улучшении экологических и эксплуатационных характеристик автомобильного бензина заключается в использовании многофункциональных добавок, в частности оксигенатов – соединений, содержащих кислород (таких как спирты, кетоны, эфиры и другие). Использование кислородсодержащих компонентов (оксигенатов), является одним из перспективных способов получения высокооктанового бензина. В настоящее время в промышленно развитых государствах активно используют оксигенаты в качестве предпочтительной замены металлоорганическим антидетонационным добавкам и компонентам бензина с высоким октановым числом.

В представленной работе исследованы свойства нового оксигената – диметил-этилкарбинола (ДМЭК), как добавка, повышающая октановое число бензина. Исследование влияния оксигенатов, как метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) и ДМЭК на повышение октанового числа бензина риформинга показали, что повышение октанового числа бензина при добавлении ДМЭК и бинарной присадки выше, чем при добавлении МТБЭ. По результатам исследований, третичного ацетиленового спирта – ДМЭК можно предложить, как кислородсодержащую добавку для автомобильных бензинов. Использование ДМЭК позволяет расширить ресурсы высокооктановых компонентов, снизить токсичность бензина и выхлопных газов, увеличить производство высококачественного товарного бензина для автомобильных двигателей.

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

РИФОРМИНГ БЕНЗИНИНІҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРУҒА АРНАЛҒАН ОКСИГЕНАТТАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Е.Г. ГИЛАЗОВ, техника ғылымдарының докторы, Мұнайхимия инженериясы және экология институтының профессоры, gilazhov@mail.ru

Д.К. КУЛБАТЫРОВ, Мұнайхимия инженериясы және экология институтының докторанты, dkkd@mail.ru

М.Д. УРАЗҒАЛИЕВА, магистр, Мұнайхимия инженериясы және экология институтының жетекші ғылыми қызметкері, madina-uraz@mail.ru

К.Р. МАҚСОТ, Мұнайхимия инженериясы және экология институтының магистранты, kamilla.maksot@mail.ru

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

Бензин қазіргі уақытта бастапқы энергия көздері арасында маңызды орын алады және оның жоғары сапасына деген қажеттілік басқа көмірсутектер фракцияларына қарағанда зор. Автомобиль бензинінің пайдалану қасиеттеріне қойылатын жоғары талап-

тар, сондай-ақ бензин сапасын жақсарту мәселесі химия өнеркәсібінің негізгі мәселелерінің бірі болып табылады. 92, 95 және 98 октандық сандарымен сипатталатын детонацияға қарсы қасиеттері жоғары октанды отын қазіргі заманғы автомобильдер үшін өте маңызды. Осындай жоғары октандық сандарға қол жеткізу үшін каталитикалық крекинг, изомерлеу және алкилдеу сияқты процестерді қолдана отырып, бензинді терең өңдеу немесе отынға арнайы жоғары октанды қоспаларды енгізу қажет. Автомобиль бензиндерінің экологиялық және пайдалану қасиеттерін жақсартудағы негізгі әлемдік үрдіс – көпфункционалды қоспаларды, атап айтқанда оксигенаттарды (оттегі бар заттарды, мысалы, спирттер, кетондар, эфирлер және т.б.) пайдалану болып табылады. Бұл қоспалар отынның жану тиімділігін арттыруға және зиянды шығарындыларды азайтуға көмектеседі. Құрамында оттегі бар компоненттерді (оксигенаттарды) пайдалану жоғары октанды бензин алудың перспективалы тәсілдерінің бірі. Бүгінгі таңда барлық дамыған елдерде оксигенаттар металлорганикалық антидетонаторлар мен бензиндердің жоғары октанды компоненттеріне негізгі балама ретінде қарастырылады.

Ұсынылған жұмыста бензиннің октан санын арттыратын қосымша ретінде жаңа оксигенат – диметил-этинилкарбинолдың (ДМЭК) қасиеттері зерттелді. Метил-терт-бутил эфирі (МТБЭ) және ДМЭК сияқты оксигенаттардың риформинг бензинінің октан санының жоғарылауына әсерін зерттеу ДМЭК және бинарлы қоспаны қосқанда бензиннің октан санының жоғарылауы МТБЭ қосқанға қарағанда жоғары екенін көрсетті. Зерттеу нәтижелері бойынша үшінші реттік ацетилен спирті - ДМЭК автомобиль бензиндеріне арналған оттегі қоспасы ретінде ұсынуға болады. ДМЭК қолдану жоғары октанды компоненттердің ресурстарын кеңейтуге, бензиндер мен пайдаланылған газдардың ұыттылығын төмендетуге, автомобиль қозғалтқыштары үшін жоғары сапалы тауарлық бензин шығаруды ұлғайтуға мүмкіндік береді.

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

EFFICIENCY OF OXYGENATES ON INCREASE OF OCTANE NUMBER OF REFORMING GASOLINE

Y.G. GILAZHOV, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, gilazhov@mail.ru

D.K. KULBATYROV, Doctoral student at the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, dkkd@mail.ru

M.D. URAZGALIEVA, Master's degree, leading researcher of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, madina-uraz@mail.ru

K.R. MAKSOT, Master's student of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, kamilla.maksot@mail.ru

NON-PROFIT JSC «ATYRAU OL AND GAS UNIVERSITY NAMED AFTER S. UTEBAYEV»
M. Baimukhanov str. 45a, Atyrau, Republic of Kazakhstan, 060027

At present, gasoline occupies one of the leading places among primary energy sources. The need of mankind in it, in its high quality, is greater than in any other fraction of hydrocarbons. Therefore, very high requirements are made to the operational properties of automobile gasoline, and the problem of improving the quality of gasoline is one of the urgent problems of the chemical industry. Modern vehicles require fuel with a high-octane number with properties preventing detonation and having octane numbers of 92, 95 and 98 for engines. High anti-detonation performance can be achieved through complex gasoline processing using catalytic cracking, isomerization and alkylation methods or by adding special high-octane additives to fuel. The world's leading trend in improving the environmental and performance characteristics of motor gasoline is the use of multifunctional

additives, in particular oxygenates – compounds containing oxygen (such as alcohols, ketones, esters and others). The use of oxygen-containing components (oxygenates) is one of the promising ways to produce high-octane gasoline. Currently, in industrialized countries, oxygenates are actively used as a preferred substitute for organometallic anti-detonation additives and components of high-octane gasoline.

In the presented work the properties of a new oxygenate - dimethyl ethynylcarbinol (DMEC), as an additive that increases the octane number of gasoline, are investigated. The study of the effect of oxygenates as methyl tert-butyl ether (MTBE) and DMEK on increasing the octane number of reforming gasoline showed that the increase in the octane number of gasoline when adding DMEK and binary additive is higher than when adding MTBE. According to the results of research, tertiary acetylene alcohol - DMEK can be offered as an oxygen-containing additive for automobile gasoline. The use of DMEK allows to expand the resources of high-octane components, reduce the toxicity of gasoline and exhaust gases, increase the production of high-quality commercial gasoline for automotive engines.

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

Введение. Проблема загрязнения окружающей среды действительно остается одной из самых насущных проблем современности. Увеличение вредных выбросов от автомобилей – серьезная экологическая угроза, поскольку автомобильный парк мира продолжает расти. Выбросы автотранспорта включают постоянные эмиссии опасных веществ, которые оказывают отрицательное воздействие не только на здоровье населения, но и на экологию городов и биосферу в целом. В развитых странах внимание общей точки зрения уделяется к энергосбережению, использованию моторного топлива, охране окружающей среды, системам мобильности, а также использованию экологически чистых энергетических веществ, а также моторных топлив [1-4]. С каждым годом требования к качеству автомобильного топлива ужесточаются, что влечет за собой необходимость адаптации двигателей внутреннего сгорания. Качественное топливо с высоким октановым числом обеспечивает не только лучшую производительность и экономию топлива, но и способствует долговечности двигателя. Использование низкокачественного топлива может привести к медленной езде и поломке автомобиля, так как оно может вызвать детонацию, которая наносит вред двигателю. Поэтому важно использовать топливо, соответствующее рекомендациям производителя автомобиля и условиям эксплуатации. Для повышения октанового числа топлива используются различные присадки, которые могут быть добавлены непосредственно на заправочных станциях или при производстве топлива [5]. Эти присадки улучшают не только октановое число, но и могут снижать образование отложений в двигателе, улучшать смазку и очищать топливную систему. Важно отметить, что при выборе присадок следует обращать внимание на их совместимость с конкретным типом топлива и двигателя, а также на соответствие нормам и стандартам качества.

Детонационная стойкость действительно является одним из ключевых свойств бензина, влияющим на эффективность и безопасность работы двигателя. Детонация – самовоспламенение топливно-воздушной смеси до момента искрового зажигания, что может привести к повреждению двигателя. Использование кислородсодержащих соединений, или оксигенатов, таких как метанол, этанол, этил-*трет*-бутиловый эфир

(ЭТБЭ), метил-*трет*-бутиловый эфир (МТБЭ), метил-*трет*-амиловый эфир (МТАЭ), и диизопропиловый эфир (ДИПЭ), способствует улучшению качества сгорания топлива и снижению выбросов вредных веществ. Эти добавки увеличивают октановое число бензина, что позволяет двигателю работать более плавно и с меньшим риском детонации. Оксигенаты также помогают снизить содержание вредных веществ, таких как углеводороды и оксиды азота, в выхлопных газах. Использование оксигенатов в качестве добавок к бензину является важной частью стратегии по снижению экологического воздействия автомобильного транспорта и улучшению качества воздуха [6, 7].

Использование оксигенатов в автомобильных бензинах действительно является одним из наиболее эффективных способов повышения их октанового числа и улучшения экологических характеристик. Оксигенаты обогащают топливо кислородом, что способствует более полному сгоранию и, как следствие, снижению выбросов вредных веществ. Спирты (например, метанол и этанол) и эфиры (такие как МТБЭ и ЭТБЭ) являются наиболее распространенными оксигенатами. Они не только улучшают антидетонационные свойства бензина, но и снижают уровень вредных выбросов. Например, добавление этанола в бензин может снизить выбросы оксида углерода на 30% и несгоревших углеводородов на 15%. Это делает оксигенаты привлекательной альтернативой металлоорганическим антидетонаторам, которые были широко использованы ранее, но имеют негативное воздействие на здоровье и окружающую среду. В результате, многие страны постепенно отказываются от их использования в пользу более экологичных добавок. Кроме того, применение оксигенатов соответствует глобальной тенденции к улучшению качества топлива и снижению его воздействия на окружающую среду, что является важным шагом на пути к более чистому и устойчивому будущему.

Исследование антидетонационных свойств третичных ацетиленовых спиртов и разработка на их основе новых присадок к бензинам действительно представляют собой важное направление в области улучшения качества топлива. Эти соединения могут предложить новые возможности для повышения октанового числа и снижения вредных выбросов, что особенно актуально в свете стремления к более чистой и эффективной работе двигателей внутреннего сгорания. Третичные ацетиленовые спирты, как потенциальные оксигенаты, могут обладать уникальными свойствами, которые позволят им эффективно улучшать качество бензина. Однако, для подтверждения их полезности необходимы комплексные исследования, включающие анализ их влияния на процесс сгорания, стабильность топлива, а также экологические аспекты их применения.

Целью настоящей работы заключается в исследовании влияния оксигенатов - МТБЭ и диметилэтинилкарбинола (ДМЭК) на повышение октанового числа бензина риформинга.

Материалы и методы исследований. Алифатический ацетиленовый спирт ДМЭК получен методом конденсации ацетона (ГОСТ 2603-79 производства АО «ЭКОС-1», ч.д.а.) и ацетилена (полученный из баллона промышленный по ГОСТ 5457-75) в условиях реакции Фаворского (*рисунок 1*).

Реакция проведена под давлением в реакторе в присутствии порошкообразного гидроксида калия в тетрагидрофуране. Исходные вещества для синтеза ДМЭК при-

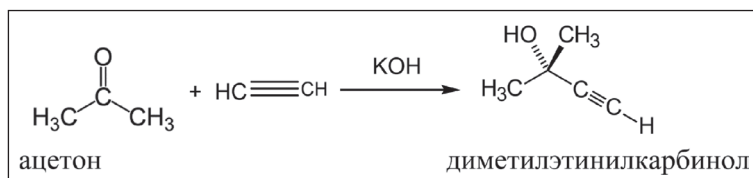


Рисунок 1 – Схема реакции получения диметилэтинилкарбинола

меняли ацетон ТУ 2633-012-44493179-98 производства АО «ЭКОС-1» и гидроксид калия ГОСТ 9285-78 производства ООО «Сода-хлорат». Физико-химическое свойства синтезированного ДМЭК соответствует литературным данным [8, 9]. Оксигенат МТБЭ производства «Компонент-реактив» с содержанием основного вещества 99,9%. Для исследования использовались бензин риформинга (БР), производимого ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Определение октанового числа бензиновых композиций с добавками является ключевым этапом в оценке их пригодности для использования в двигателях внутреннего сгорания. Экспресс-метод, используемый на октанометре SHATOX SX-100K, позволяет быстро и точно определить детонационную стойкость бензина, что важно для поддержания эффективности и безопасности работы двигателя. Использование стандартов, таких как ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-99) и ТУ 4215-002-60283547-2006, обеспечивает сопоставимость результатов и их соответствие международным требованиям. Эти стандарты задают параметры качества бензина, включая октановое число, которое должно быть достаточно высоким для предотвращения детонации в двигателе. Результаты таких испытаний помогут определить, насколько эффективно предлагаемые добавки улучшают антидетонационные свойства бензина и могут ли они быть рекомендованы для широкого использования в топливных композициях. Это также способствует разработке новых стандартов для бензинов, которые будут отвечать современным требованиям к экологичности и эффективности.

Результатами исследований взяты средние значения трех повторностей испытаний.

Результаты и обсуждение. Исследование влияния оксигенатов, таких как МТБЭ и ДМЭК, на октановое число бензина является важным аспектом в разработке высокооктановых топлив. Эти добавки могут значительно улучшить антидетонационные свойства бензина, что делает его более подходящим для современных двигателей. Исследование, проведенное на бензине риформинга (БР) производства ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», показывает, что введение оксигенатов в концентрации от 3% до 15% может привести к значительному приросту октанового числа. Это подтверждает потенциал использования МТБЭ и ДМЭК как эффективных компонентов для улучшения качества бензина. Такие исследования помогут не только подтвердить эффективность МТБЭ и ДМЭК, но и обеспечить безопасность и экологичность бензина для конечных пользователей.

В *таблицах 1, 2* и на *рисунках 2 и 3* представлены результаты добавки к бензину риформинга МТБЭ и ДМЭК по определению октанового числа (ОЧ) исследовательским методом (ОЧИ) и моторным методом (ОЧМ).

Таблица 1 – Изменение октанового числа БР, при добавлении МТБЭ

Содержание присадки, %	Октановое число, ОЧИ			Октановое число, ОЧМ		
	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ
3	92,9	94,4	1,5	83,0	84	1
5		95	2,1		84,8	1,8
7		96,1	3,2		85,9	2,9
11		98,4	5,5		87,8	4,8
15		99,7	6,8		88,9	5,9

Таблица 2– Изменение октанового числа БР при добавлении ДМЭК

Содержание присадки, %	Октановое число, ОЧИ			Октановое число, ОЧМ		
	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ
3	92,9	94,3	1,4	83,0	84,7	1,7
5		95,3	2,4		85,8	2,8
7		96,2	3,3		86,9	3,9
11		98,7	5,8		88,1	5,1
15		100,2	7,3		89,4	6,4

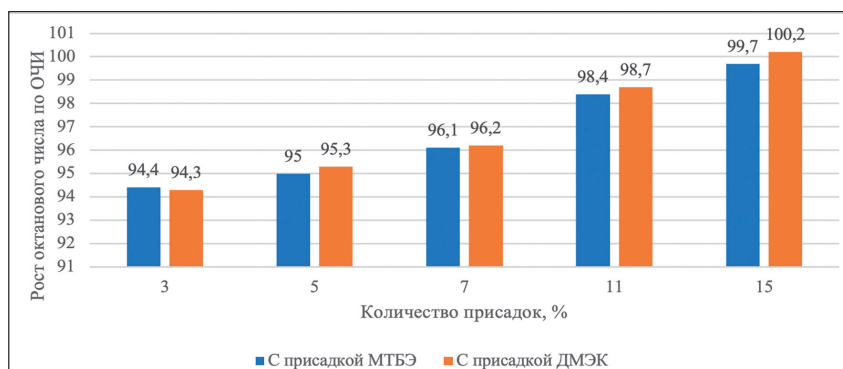


Рисунок 2 – Изменение октанового числа БР при добавлении МТБЭ и ДМЭК по ОЧИ

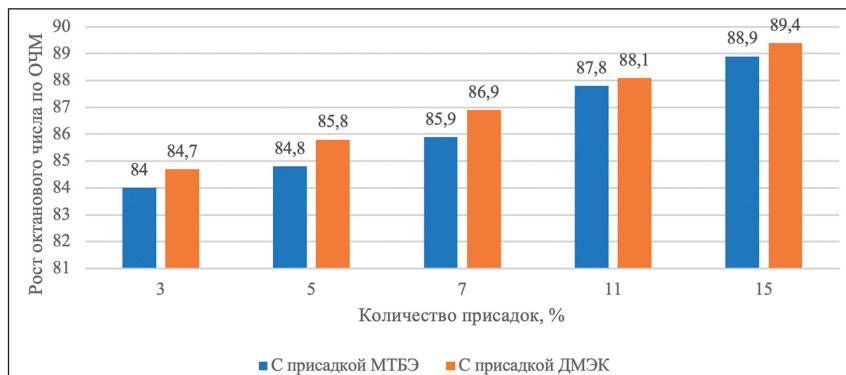


Рисунок 3 – Изменение октанового числа БР при добавлении МТБЭ и ДМЭК по ОЧМ

Октановые числа смешения присадок МТБЭ+ДМЭК = 1:1 в бензин риформинга представлены в *таблице 3* и на *рисунках 4* и *5*.

Таблица 3 – Изменение октанового числа БР, при добавлении МТБЭ+ДМЭК = 1:1

Бензин	МТБЭ + ДМЭК= 1:1 кол-во, %	Октановое число, ОЧИ, ГОСТ 8226-82			Октановое число, ОЧМ, ГОСТ 511-82		
		без добавки	с добавкой	прирост ОЧ	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ
БР	3	92,9	94,35	1,45	83,0	84,35	1,35
	5		95,15	2,25		85,3	2,3
	7		96,15	3,25		86,4	3,4
	11		98,55	5,65		87,95	4,95
	15		99,95	7,05		89,15	6,15

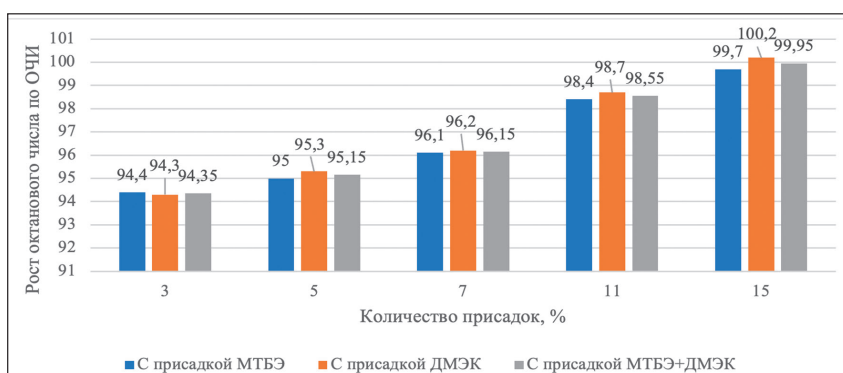


Рисунок 4 – Изменение октанового числа БР при добавлении присадок МТБЭ+ДМЭК = 1:1 по ОЧИ

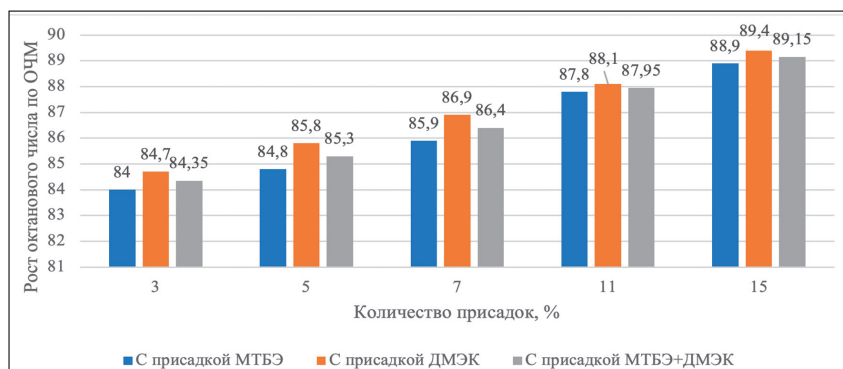


Рисунок 5 – Изменение октанового числа БР при добавлении присадок МТБЭ+ДМЭК = 1:1 по ОЧМ

Использование многофункциональных присадок, особенно оксигенатов, является ключевым направлением в улучшении не только эксплуатационных, но и экологических свойств бензинов. МТБЭ, благодаря своей способности улучшать сгорание топлива и повышать октановое число, является одним из наиболее распространенных оксигенатов. Он не только улучшает антидетонационные свойства бензина, но и способствует снижению выбросов вредных веществ, таких как углеводороды и оксиды азота. МТБЭ может повысить октановое число до 115-135 единиц,

что значительно выше требуемых стандартов для современных автомобилей. Это подчеркивает его важность как высокооктановой добавки. Мировое производство МТБЭ, достигающее 20 миллионов тонн в год, отражает его значимость и широкое применение в автомобильной индустрии.

Производное метанола, МТБЭ, является наиболее распространенной добавкой, обеспечивающей дополнительный кислород, необходимый для изменения состава бензина в соответствии с этими стандартами. Эта присадка в настоящее время содержится примерно в 30% бензина, продаваемого в США [10]. 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 [11]. Исследовано влияние изобутанольной добавки в метанол-бензиновое топливо немодифицированных двигателей с искровым зажиганием. Показано, что изобутанольные присадки являются жизнеспособным вариантом для смешивания с существующим более низким соотношением метанол-бензин для работы двигателя с искровым зажиганием в качестве альтернативного топлива [12]. В Китае в качестве октаноповышающей добавки к бензину широко используется метанол на основе угля [13]. Существует несколько теорий, объясняющих сущность детонационного сгорания, но наиболее общепризнанной из них в настоящее время является так называемая перекисная теория [14, 15].

Принцип действия оксигенатов играют ключевую роль в предотвращении детонации топлива, что является важным аспектом для обеспечения эффективного и безопасного сгорания в двигателях внутреннего сгорания. Механизм действия оксигенатов в контексте предотвращения детонации топлива - сложный химический процесс, который можно разделить на несколько ключевых этапов:

- Предпламенное окисление: при высоких температурах начинаются реакции окисления углеводородов, ведущие к образованию гидропероксидов.
- Радикальные реакции: гидропероксиды распадаются, образуя свободные радикалы, которые затем реагируют с молекулярным кислородом.
- Цепная реакция: образование пероксидных радикалов и последующее отщепление водорода от углеводородов приводит к новым радикалам и гидропероксидам.
- Детонация: неустойчивые гидропероксиды могут взрывообразно разлагаться, что приводит к детонации.

Оксигенаты вмешиваются в этот процесс, предотвращая цепную реакцию, которая ведет к детонации. Их низкая энергия зажигания и высокая скорость распространения пламени помогают разрушить фронт детонации и способствуют более равномерному горению. В результате, оксигенаты:

- Снижают риск детонации: путем разрушения цепных реакций, которые приводят к взрывному разложению гидропероксидов.
- Повышают октановое число: улучшая антидетонационные свойства топлива.
- Улучшают сгорание: способствуя более полному окислению углеводородов и снижению выбросов вредных веществ.

Эти свойства делают оксигенаты важными компонентами для улучшения качества топлива и снижения воздействия на окружающую среду.

В настоящее время почти не изучены антидетонационные свойства третичных ацетиленовых спиртов. За последнее годы [16] в лаборатории инженерного профиля «Нефтехимия», НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева» проводится исследование на антидетонационные свойства третичного алифатического ацетиленового спирта ДМЭК. Третичный ацетиленовый спирт представляет интерес в контексте разработки новых оксигенатов для бензина. Наличие третичных алкильных радикалов, гидроксильных групп и ацетиленовой неопределенности в молекуле делает его перспективным кандидатом для улучшения антидетонационных свойств топлива. Третичные алкильные радикалы обеспечивают стабильность молекулы, в то время как гидроксильные группы участвуют в реакциях с углеводородами топлива, способствуя более полному их сгоранию. Ацетиленовая группа, благодаря своей способности к быстрому распространению пламени, может эффективно разрывать фронт детонации, что важно для предотвращения детонационных процессов в двигателе. Исследования в этой области направлены на создание присадок, которые не только предотвращают детонацию, но и улучшают экологические характеристики топлива, снижая выбросы вредных веществ. Разработка таких присадок требует глубокого понимания химических процессов и взаимодействий в топливной смеси, а также тщательного тестирования их влияния на работу двигателя и окружающую среду. Третичные ацетиленовые спирты могут стать основой для нового поколения оксигенатов, которые будут способствовать созданию более чистых и эффективных топлив. Это направление исследований открывает возможности для инноваций в автомобильной промышленности и энергетике.

В результате исследования влияния оксигенатов МТБЭ и ДМЭК на повышение октанового числа бензина риформинга нами получены следующие результаты:

Как видно на *рисунках 2, 3 и таблицы 1, 2*, что добавка ДМЭК повышает октановое число бензина риформинга до 7,3 пунктов по ОЧИ и 6,4 пунктов по ОЧМ, а при добавлении МТБЭ повышение октанового числа составляет по ОЧИ 6,8 пунктов, по ОЧМ 5,9 пунктов. Отсюда можно заметить, что эффективность октаноповышающей добавки ДМЭК значительно выше, чем у МТБЭ.

Как известно из литературного поиска [17, 18] синергетический эффект от использования смеси присадок может значительно улучшить характеристики топлива. В случае с бинарными присадками, такими как смесь ДМЭК и МТБЭ, их взаимодействие может привести к улучшению антидетонационных свойств топлива больше, чем при использовании каждого компонента в отдельности. В результате такого взаимодействия, октановое число топлива повышается более эффективно, чем при использовании одной присадки. На *рисунке 4, 5 и таблицы 3* при исследовательском и моторном методах видно, что во всех случаях наблюдается повышение октанового числа за счет усиления синергетического эффекта. При этом можно заметить, что, октановое число прямогонного бензина выше при добавлении ДМЭК и бинарной присадки, чем при добавлении МТБЭ. Таким образом результаты данного исследования показали, что новый оксигенат ДМЭК повышает октановое число прямогонного бензина лучше, чем МТБЭ.

Заключение и выводы. В настоящей работе исследованы свойства нового оксигената – ДМЭК, как добавки, повышающая октановое число бензина. Показана


сравнительная эффективность оксигенатов – МТБЭ и ДМЭК на повышение октанового числа бензина риформинга.

Исследование влияния оксигенатов, как МТБЭ и ДМЭК на повышение октанового числа бензина риформинга показали, что повышение октанового числа бензина при добавлении ДМЭК и бинарной присадки выше, чем при добавлении МТБЭ. По результатам исследований, третичного ацетиленового спирта – ДМЭК можно предложить, как кислородсодержащую добавку для автомобильных бензинов. Применение ДМЭК может оказать значительное положительное влияние на качество бензина и окружающую среду. Ключевые преимущества использования ДМЭК:

- Расширение ресурсов высокооктановых компонентов: ДМЭК помогает увеличить доступность компонентов с высоким октановым числом, что важно для производства качественного топлива.

- Снижение токсичности: использование ДМЭК может уменьшить содержание вредных веществ в бензине и отработанных газах, благодаря чему сокращается воздействие на окружающую среду.

- Увеличение выпуска качественного бензина: добавление ДМЭК способствует производству более чистого и эффективного бензина, который лучше подходит для современных автомобильных двигателей.

Эти преимущества делают ДМЭК ценной присадкой в производстве топлива, способствующей не только улучшению эксплуатационных характеристик автомобилей, но и защите окружающей среды. 

Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан грант AP148044/0222.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 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. – V. 228. – P.107156. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107156>
- 2 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. – V. 284. – P. 118928. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118928>
- 3 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. – V. 307. – P. 121843. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121843>
- 4 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. - 2021. – V. 287. – P. 119670. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119670>
- 5 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. [Poletayeva O.YU., Movsumzade E.M., Kolchina G.YU., Bakhtina A.YU. Vliyaniye stroyeniya molekul vysokooktanovykh komponentov benzinov i antiokislitel'nykh prisadok k toplivam na effektivnost' ikh deystviya

- // Izvestiya vuzov. Khimiya i khimimicheskaya tekhnologiya. – 2016. – Т. 59. – Вып. 12. – Р. 49-56.]
- 6 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'nykh benzinakh. – М.: KolosS, 2011. – 336 s.]
 - 7 Капустин В.М. Технология производства автомобильных бензинов. – М.: Химия, 2015. – 256 с. [Kapustin V.M. Tekhnologiya proizvodstva avtomobil'nykh benzinov. – М.: Khimiya, 2015. – 256 с.]
 - 8 Щелкунов А.В., Васильева Р.Л., Кричевский Л.А. Синтез и взаимные превращения монозамещенных ацетиленов. – Алма-Ата: Наука, 1975. – С. 44-45. [Shchelkunov A.V., Vasil'yeva R.L., Krichevskiy L.A. Sintez i vzaimnyye prevrashcheniya monozameshchennykh atsetilenov. – Alma-Ata: Nauka, 1975. – S. 44-45] <https://libcats.org/book/387683>
 - 9 Academic dictionaries and encyclopedias. <https://de-academic.com/dic.nsf/dewiki/411193>. Дата обращения: 05.04.2024 г.
 - 10 Davis J.M., Farland W.H. The Paradoxes of MTBE // Toxicological Sciences. – 2001. – V. 61. – I. 2. – P. 211-217. <https://doi.org/10.1093/toxsci/61.2.211>
 - 11 Cakmak A., Ozcan H. Oxygenated Fuel Additives to Gasoline // Politeknik dergisi. - 2018. - V. 21. – I. 4. - P. 831-840. <https://doi.org/10.2339/politeknik.457956>
 - 12 Hazim Sharudin, Nik Rosli Abdullah, G. Najafi, Rizalman Mamat, H.H. Masjuki 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>
 - 13 Chongming Wang, Yanfei Li, Cangsu Xu, Tawfik Badawy, Amrit Sahu, Changzhao Jiang. Methanol as an octane booster for gasoline fuels // Fuel. – 2019. - V. 248. - P. 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.128>
 - 14 Мирошников А. М., Цыганков Д. В. О механизме действия оксигенатов // Химия и технология топлив и масел. – 2009. - №3. - С. 28-31 [Miroshnikov A. M., Tsygankov D. V. O mekhanizme deystviya oksigenatov // Khimiya i tekhnologiya topliv i masel. – 2009. - №3. - С. 28-31]
 - 15 Капустин В. М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками. - М.: КолосС, - 2008. - 232 с. [Kapustin V. M. Neftyanyye i al'ternativnyye topliva s prisadkami i dobavkami. - М.: KolosS, - 2008. - 232 s.]
 - 16 Гилажов Е., Аронова А.А., Изгалиев С.А., Гилажов Ф.Е., Сулейменов Е.Б., Ахметов С.М. Международная заявка №РСТ/KZ2020/000027, С10L 10/10 2006.1. Октаноповышающая добавка к бензину. НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С.Утебаева»; опубликовано 02.06.2022. WIPO/PCT №WO 2022/114942 [Gilazhov Ye., Aronova A.A., Izgaliyev S.A., Gilazhov F.Ye., Suleymenov Ye.B., Akhmetov S.M. Mezhdunarodnaya zayavka №RST/KZ2020/000027, C10L 10/10 2006.1. Oktanopovyshayushchaya dobavka k benzinu. NAO «Atyrauskiy universitet nefti i gaza im. S.Utebayeva»; opublikovano 02.06.2022. WIPO/PCT No WO 2022/114942] https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=WO2022114942&_cid=P11-LWEXGU-78009-1
 - 17 Danilov A.M. Research on Fuel Additives During 2011-2015 // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. - 2017. - V 53. - P. 705-721. <https://doi.org/10.1007/s10553-017-0853-z>
 - 18 Nikulin R.M., Kharlampidi Kh.E., Khamidullin R.F., Sitalo A.V. & Sharaf F.A. Synergistic Blend Based on Glycol Ethers as Antiknock Additives to Motor Fuels // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. - 2017. - V. 52. - P. 762-772. <https://doi.org/10.1007/s10553-017-0771-0>