

УДК: 629.113.52

МОДИФИКАЦИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ – ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВС

Дунаев А.В.¹, д.т.н., ст.н.с., Миклуш В.П.², к.т.н., профессор,
Тарасенко В.Е.², к.т.н., доцент

1. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва (Российская Федерация);

2. УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

Dunaev A., Miklush V., Tarasenko V.

Аннотация. Представлены особенности модификации моторных топлив оригинальным смеситель-активатором проф. Воробьева Ю.В., способствующим облегчению фракционного состава и продолжению модификации топлив после их выхода из активатора. Необратимость их модификации обеспечивает существенное изменение состава и свойств топлив и тем самым сокращение их расхода без уменьшения мощности ДВС, уменьшение дымности отработавших газов дизелей и токсичности бензиновых ДВС, уменьшение температуры замерзания дизельного топлива, его очищение от смол и соединений серы.

Сделана попытка изложить физические причины существенного повышения рассматриваемым активатором теплоты сгорания углеводородных моторных топлив.

Abstract. The peculiarities of modification of motor fuels original mixer-activator to facilitate the fractional composition and continuing modifications of fuels after they are released from the activator. The irreversibility of the modification provides a significant reduction in fuel consumption without reducing engine power, reducing the opacity of exhaust gases of diesel engines and the toxicity of gasoline engine, reducing the freezing point of diesel fuel it must be purified from tar and sulfur compounds. An attempt is made to explain the physical causes a significant increase considered the activator of the heat of combustion of hydrocarbon fuels.

Введение. Постоянное совершенствование автотракторных ДВС проводится для повышения их надежности, ресурса, коэффициента полезного действия, уменьшения расхода топлива, токсичности и дымности отработавших газов (ОГ). К этому во многих странах длительное время испытывают разнообразные способы воздействия на топливо с целью получения максимально возможной его теплотворности. Используют

такие приемы обработки, как магнитная, кавитационная, электрическая, триботехническая, гомогенизация, [1, 2], ввод присадок. В последнее время апробирована и механохимическая активация [3-7].

Так известен статический смеситель-активатор проф. Воробьева Ю.В., имеющий три последовательные камеры [3]. В первой из них происходит встречное винтообразное перемешивание и растирание струй, предполагается дробление кластеров. Из первой камеры во вторую струи продавливаются через капилляры и идет кавитационное дробление молекул. В третьей - происходит продавливание фрагментов молекул через микрощели, что продолжает их разрыв. Такое трехкратное воздействие обуславливает необратимость механоактивации, что является исключительным достоинством активатора.

Активатор встраивается в любую топливную систему ДВС, не требует привода, не содержит химических веществ, не уменьшает ресурс ДВС. Он многократно проверен хроматографией различных топлив, контролем их расхода и выброса вредных веществ с отработанными газами ДВС [4]. Хроматограммы многих активированных проф. Воробьевым Ю.В. дизельных топлив и бензинов разных поставщиков показали уменьшение доли тяжелых углеводородов и образование легких: гексана, гептана, 3метил-пентана до 37 %, а также снижение содержания серы с 0,032 до 0,015 %, а смол с 7,4 до 0,8 мг/100 мл. В бензине содержание октаноопределяющего толуола повышалось до 16 %, а в авиакеросине – нонана и декана – до 21 %. Активатор апробирован также и на рапсовом масле.

Испытание активатора в Rochester Institute of Technology (США) показало уменьшение в моторных топливах содержания серы до 50 %, смол в 7-9 раз, выбросов в ОГ ДВС: NO – до 17 %, NO₂ – до 14 %, а CO – до 49 %.

Десятками хроматограмм показано, что активатор заметно изменяет фракционный состав многих мотор-

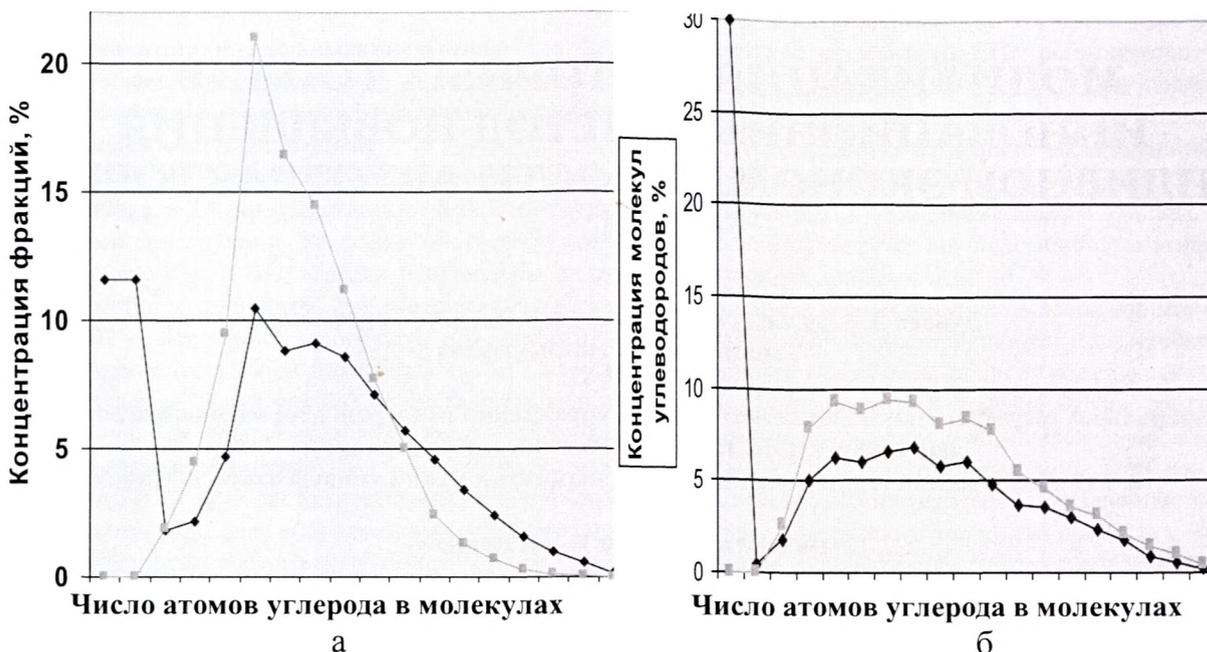


Рисунок 1 - Изменение активацией состава дизельного топлива по данным с хроматографа «Кристаллюкс-4000М (детектор ПИД-ПДФ) в Тамбовской сертифицированной лаборатории судебной экспертизы: а – топливо компании «Лукойл», где резко уменьшилось содержание фракций $C_{11}H_{24}-C_{14}H_{30}$, но образовалось 23 % фракций C_6H_{14}, C_7H_{16} ; б – топливо из ФГБНУ ВНИИТиН: 1– исходное топливо, 2 – разрушены тяжелые и образованы легкие фракции.

ных топлив. Так в дизельном топливе может образоваться подавляющее (до 30 %) содержание октана, отсутствующего в исходном топливе. На рисунке 1 показан результат неординарной модификации двух разных дизельных топлив с резким уменьшением необычно большого исходного количества некоторых компонентов в дизельном топливе компании Лукойл.

Так как активация бензина уменьшает содержание тяжелых фракций и увеличивает – легких, то октановые числа активированных бензинов подлежат исследованию.

Ранее в кавитации и гомогенизации ставили цель лишь разрушения кластеров топлив. Отсутствовали достоверные представления о ходе их модификации, считалось причиной уменьшения их расхода в ДВС –

Таблица 1 - Преобразования молекул углеводородов бензина под влиянием электромагнитного и трибохимического воздействия [11]

Исходная фракция, теплота сгорания, Q, кДж/моль	Состав фракций		Конечные фракции	Суммарная теплота сгорания преобразованного топлива, Q, кДж/моль	Положительный эффект, %
	1-я фаза	2-я фаза			
C_8H_{18} Q = 5470 кДж/моль	C_4H_8	$2C_2H_4$	$2C_2H_4$	Q = 5607 кДж/моль	2,5
	C_4H_{10}	—————>	C_4H_{10}		
C_8H_{18} Q = 5470 кДж/моль	C_2H_2	—————>	C_2H_2	Q = 5900 кДж/моль	7,86
	$2C_2H_4$	—————>	$2C_2H_4$		
	$2CH_4$	—————>	$2CH_4$		

только облегчение фракционного состава (таблица 1).

Каковы же причины существенного (таблица 1) повышения активатором по патенту № 2411974 теплоты сгорания углеводородов моторных топлив? Здесь примем во внимание, что для сжигания топлива должно быть подогрето, избавлено от негорючих примесей и диспергировано (испарено) до молекул. Эти процессы, по-видимому, значительно облегчены в активаторе.

При прогреве топлива должно пройти дробление углеродной цепи молекул, отделение атомов водорода, полное разделение между атомами углерода. Параллельно должна идти диссоциация молекул кислорода. Лишь после этого происходит соединение атомов топлива с атомами кислорода.

C_8H_{18} $Q = 5470$ кДж/моль	C_5H_6	$0,5 C_2H_4$	$0,5 C_2H_4$	$Q = 5975$ кДж/моль	9,23
		$2C_2H_4$	$2C_2H_4$		
	$3CH_4$	\longrightarrow	$3CH_4$		
C_8H_{18} $Q = 5470$ кДж/моль	$2C_2H_2$	$2C_2H_2$	$2C_2H_2$	$Q = 7001$ кДж/моль	28
	$0,5C_2H_4$	$0,5C_2H_3$	$0,5C_2H_3$		
		$0,5H$	$0,5H$		
	$3CH_4$	$3CH_3$	$3CH_3$		

В итоге, если диссоциацию молекул топлива и кислорода проводить заранее, то теплота горения не будет затрачиваться на подготовку топлива и его теплотворность будет больше, чем определяемая в калориметрической бомбе. Это может быть одной из причин повышения активатором теплоты сгорания топлив, что частично подтверждается, например, повышенной, в сравнении с жидкими нефтепродуктами, теплотворностью нефтяных газов (как бы диспергированных углеводородов), где нет необходимости дробления кластеров.

Основанием к объяснению механического разрушения углеводородов является механохимия, выявленная еще в 1887 г. [8]. Там, где связи требуют высоких затрат энергии, возможны разрывы молекулярных цепей магнитными полями и механическими напряжениями свыше предела прочности атомных связей [8]. По классическому механизму термического разложения углеводородов на начальных его стадиях рвутся связи с наименьшей энергией разрыва 295-431 кДж/моль, а прочные связи требуют до 502,4 кДж/моль. При этом на разложение углеводородов влияют катализаторы, например, медь, цинк.

Механохимия деструктурирует как отдельные фракции нефти, так и смеси с образованием низкомолекулярных гомологов, а также, водорода и углерода с осаждением серы. Деструкция насыщенных углеводородов происходит через разрыв цепей, а непредельные разрушаются через образование насыщенных продуктов, возможно гидрирование их продуктами деструкции исходного вещества [7, 8]. Следствием механохимии является радикализация моторных топлив, неясные продолжительные химические реакции, не текущие в обычных условиях, дробление тяжелых компонентов, создание новых легких веществ, разрушение смол и сернистых соединений, что проявляется с выделением тепла. Так в гептане разрушение ковалентных связей в его цепях высвобождает около 419 кДж/моль [8].

Ахматовым А.С. показано, что при разрыве цепей углеводородов кроме свободных валентностей атомов углерода, образуются и свободные радикалы, например, $R-CH_2\cdot$ с высокой реакционной способностью [8].

Если механохимией подвергают смеси, то могут возникать новые химические соединения, гетерогенные цепи, построенные из продуктов разрыва. Напри-

мер, образующиеся на метиленовой группе свободные радикалы могут присоединять кислород (из жидкости) и создавать взрывные перекиси [8].

Короткоживущие (до 0,1 с) алкильные ($CH_3\cdot$) и арильные ($CH_3CH_2\cdot$) радикалы и перекиси действуют на среду с высокими скоростями рекомбинаций, присоединения и диспропорционирования. Но в механохимии углеводородов образуется и значительное количество долгоживущих (от нескольких минут до нескольких месяцев и даже лет) свободных радикалов. При механохимии топлив возможно образование в качестве би-радикалов молекул кислорода, которые всегда в малом количестве имеются в моторных топливах. Возможно образование и полирадикалов с более двумя не спаренными электронами.

Особенности механохимии топлив в активаторе подтверждены проф. Воробьевым Ю.В и тем, что под влиянием долгоживущих радикалов модификация топлив продолжается и за активатором. И ввод небольшой доли топлива из активатора в не активированное заметно повышает в смеси долю активированного. Так, например:

- в товарное топливо вводили 20 % активированного с 23 % легких фракций (т.е. 4,6 %), но через 15 мин в смеси образовывалось 12 % легких фракций;

- аналогично после ввода 30 % активированного (т.е. 6,9 % легких фракций) через 15 мин в смеси создавалось 39 % легких фракций;

- но после ввода 40 % активированного (т.е. 9,2% легких фракций), через 15 мин выявлено лишь 27 % легких фракций;

- а после ввода 50 % активированного топлива через 15 мин в смеси выявлено легких фракций еще меньше.

Таким образом, разрыв высокоэнергетических связей в молекулах углеводородов с образованием коротко- и долгоживущих радикалов уменьшает затраты тепла сгорания на расщепление молекул на атомы. И чем длиннее углеводородная цепь, тем ощутимее может быть диспергирование [8] с высвобождением энергии связей в цепях (таблица 2). Канаревым Ф.М. подчеркнута, что чем больше актов воздействия механохимии на вещество, тем глубже его модификация [9]. Это утверждение послужило основанием для разработки активатора с четырьмя камерами [10].

Как видно из таблицы 2 с удлинением цепи углеводородов на образование связей между атомами углеро-

да затраты энергии растут значительно, а механохимической энергия связей может быть высвобождена и преобразована в другой вид.

Физические механизмы существенного повышения теплоты сгорания активированных топлив вытекают из современной, глубоко обоснованной физхимии проф. Канарева Ф.М. [9]. Им показано, что для разрушения связей между валентными электронами атомов в химических соединениях достаточно затратить 2,56 eV механической энергии, а для термического разрыва энергии требуется в два раза больше – 5,13 eV, т.к. каждый, из ранее связанных, обособившийся электрон для сво-

ей стабильности должен получить по тепловому фотону с энергией 2,56 eV. Поэтому после механического разделения валентные электроны вместо тепловых поглощают по эфирному фотону из физического вакуума общей энергией в 5,13 eV. Поглотив по эфирному фотону, валентные электроны становятся полноценными, активными, могут восстановить свою разорванную связь и соединить части разорванных молекул. Но, соединяясь, электроны излучают поглощенные из эфира фотоны и энергонасыщают вещество той же, поглощенной из эфира, энергией 5,13 eV [9].

Таблица 2 - Показатели энергии связей между атомами углерода в молекулах углеводородов (получены обработкой данных по Ахматову А.С. [8])

№	Вещество	Теплота сгорания		Энергия связи между атомами углерода, кДж/моль
		кДж/моль	кДж/г	
1	Графит	393,680	394,1	-
2	Водород	286,020	123,01	-
3	Метан	890,930	55,73	-
4	Этан	1560,88	51,92	220,98
5	Пропан	2220,30	50,37	441,96
6	Бутан	2880,26	49,61	662,94
7	Пентан	3511,50	48,73	883,72
8	Гексан	4165,82	48,40	1104,9
9	Гептан	4820,39	48,19	1325,88
10	Октан	5474,41	47,97	1546,86
11	Декан	6783,16	47,72	1988,82

Таким образом, затратив в механохимии 2,56 eV механической энергии, при восстановлении электронами их связей они насыщают окружающее вещество энергией двух тепловых фотонов 5,13 eV или 248 кДж/моль. При разрыве же электронных связей между несколькими атомами углеводородной цепи дополнительной энергии в вещество может выделяться больше.

Для частиц – носителей эфирной энергии определена их характеристика [9]:

– эфир имеет линейную структуру, управляемой константой:

$$k_0 = m\gamma = 2,210254 \cdot 10^{42} \text{ кгм} = \text{const.}$$

Исходя из изложенного можно полагать, что дробление механохимией углеводородов на обрывки молекул с обратимым действием валентных электронов и может быть главной причиной повышения теплотворной способности (таблица 1) и уменьшения расхода топлива в ДВС.

Возможно, что описанные процессы могут происходить и при разрыве кластеров молекул, связей между

атомами водорода и углерода. А если связи разрушать резонансным магнитоэлектрическим способом, то будет возможно углубить модификацию топлив, еще более повысив их теплотворную способность. Подтверждением этому может служить достигнутый в водно-электролитических ячейках коэффициент теплоотдачи величиной 29000 % [9].

Можно также предположить, что повышение теплотворной способности топлив обусловлено и тем, что активные радикалы в топливе, находясь в возбужденном состоянии, также могут поглощать фотоны эфира и становиться более энергонасыщенными. Отсюда эффективность активатора может зависеть от материала его корпуса, который должен быть прозрачен инфракрасным фотонам, могущим резонансно поглощаться компонентами углеводородов.

Стандартно теплоту сгорания определяют в калориметрической бомбе, где отсутствуют какие-либо воздействия на топливо, а активаторы обуславливают воздействие на топливо окружающей среды. Отсюда становится ясным, как механо-химические процессы в воде, газах позволяют получать дополнительную

энергию из окружающего пространства. Так на основе трубки Ранке-Хильша только в России выпускается более 30 аппаратов водяного отопления, в которых тепловая энергия в 1,1-27 раз превышает энергию на привод водяного насоса этих отопителей.

Но по сжиганию топлив проф. Канарев Ф.М. утверждает: «Все эффекты, связанные с повышением давления сгорания топлив в закрытых полостях формируются не газами, а фотонами. При этом объёмы световых фотонов, излучаемых электронами в реакциях предварительно диссоциированных молекул, в 100 000 раз больше объёмов их источников – электронов, а попутно излучаемые невидимые инфракрасные фотоны в 10, 20-100 раз больше объема световых фотонов» [9]. Отсюда можно предположить, что уменьшение расхода моторных топлив обусловлено как их преобразованиями в активаторе, так и процессами в камерах сгорания ДВС.

В целом, активатор, осуществляя механохимическое воздействие на углеводороды топлив, уменьшает их расход в ДВС и как показано испытаниями – без уменьшения их эффективной мощности. Такое стабильное и высокоэффективное воздействие впервые реализовано в активаторе [3].

Активированное дизельное топливо уменьшает и дымность дизелей. Так на автобусе НефАЗ-5299-30-33 с дизелем КамАЗ-740.65-240 дымность ОГ в режиме свободного ускорения по прибору МЕТА-01 МП 0.1 в порядке, рекомендованном инструкцией по его применению, составила $3,5 \text{ м}^{-1}$ (77,8 % по вспомогательной шкале), а с установленным активатором – $2,7 \text{ м}^{-1}$ (68,7 %).

Проверка улучшения низкотемпературных свойств активированных топлив проведена Воробьевым Ю.В. с дизельным топливом Л-0,05-62 ГОСТ 305-82 компании Роснефть в климатической камере КХТВ-0,08. Выявлено, что товарное, не активированное топливо при температуре минус 30 °С полностью потеряло текучесть, а активированное сохранило текучесть при минус 45 °С без признаков образования кластеров.

Активация топлив снижает температуру и период задержки воспламенения топлив, повышает полноту сгорания. Это подтверждается более мягкой работой ДВС, обеспечением их работы с увеличенным углом опережения зажигания/впрыска, т.к. новые компоненты топлива воспламеняются при меньшей температуре и рассредоточенно во времени.

Заключение. Применение активатора по патенту № 2411074 позволяет существенно уменьшить расход топлива автотракторных, транспортных, авиационных и жидкостно-реактивных двигателей, может найти применение в производстве моторных топлив по нормам ЕВРО-4 и ЕВРО-5 малозатратными приемами механохимии. При этом разные по качеству исходные нефте-

продукты доводятся до близких физико-химических показателей с выделением из дизельного топлива и осаждением в самом активаторе серы, а также с разрушением смолистых соединений.

Список использованных источников

1. Микипорис, Ю.А. Улучшение экологических показателей автомобильных двигателей электромагнитной обработкой топлива. – Ковров: КГТА. – 2008. – 168 с.
2. Грумондз, В.Т. Нанотехнологии обработки углеводородных жидкостей, основанные на использовании физико-химических явлений, происходящих на границах фаз и при фазовых переходах в условиях пузырьковой кавитации // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2011. – № 4 (5). – С. 2120-2122.
3. Патент РФ № 2411074, МПК В01F 13/10. – Ю.В. Воробьев, В.Б. Тетерюков / Комбинированный статический смеситель-активатор / Заявка № 2009124923/05; заявл 01.07.2009; опубл. 10.02.2011. – 3 с.
4. Воробьев, Ю.В. Устройство для механохимической обработки и снижения расхода углеводородного топлива / Ю.В. Воробьев, А.Е. Ломовских, М.В. Басарев и др. – Тракторы и сельхозмашины, 2015. – № 1. – С. 21-22.
1. Воробьев, Ю.В. Анализ содержания основных компонентов в дизельном топливе после механоактивации / Ю.В. Воробьев, И.В. Фарахшина, Д.А. Свиридов // Вестник ТГТУ. – 2016. – № 2. – С. 280–285.
2. Воробьев, Ю.В. Основы теории механоактивации жидких сред // Вестник ТГТУ. – Тамбов, 2013. – Т. 19. – № 3. – С. 608-613.
3. Днепровский, К.С. Механохимические превращения углеводородов нефти.: Автореферат дис. к.х.н: 02.00.13. Томск.: ИХН СО РАН, 2003. – 24 с.
4. Ахматов, А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М., Физматгиз, 1963. – 472 с.
5. Канарев, Ф.М. Начала физхимии микромира. Восьмое издание. – Краснодар, КубГАУ, 2007. – 753 с.
6. Патент № 2550203 Российской Федерации, МПК В01F13/10. – Ю.В. Воробьев, Ю.Ю. Воробьев / Комбинированный универсальный статический смеситель-активатор.
7. Разработка научных основ технологии получения альтернативных видов топлив для технических средств железнодорожного транспорта: отчет РФФИ 12-08-13106-офи_м_РЖД рег. № 01201276764. М.: НЦ НВМТ РАН. - 2012-2013 гг.