

# УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДВС МЕТОДАМИ МЕХАНОХИМИИ

Дунаев А.В.<sup>1</sup>, к.т.н., вед. н.с., Миклуш В.П.<sup>2</sup>, к.т.н., профессор,  
Тарасенко В.Е.<sup>2</sup>, 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.** В статье проведен теоретический анализ процессов, происходящих при механическом и электромагнитном воздействии на длинноцепочечные молекулы углеводородов, причин изменения их физико-химических параметров и уменьшения расхода топлива в двигателях внутреннего сгорания.

Рассмотрена возможность использования технического решения в виде комбинированного статического смеситель-активатора. Отмечено, что механоактивация топлив дробит тяжелые углеводороды, увеличивает долю легких, производит новые компоненты, короткие радикалы, разрушает смолы и сернистые соединения, тем самым радикализируя свойства топлив.

**Введение.** Повышение эффективности сельскохозяйственного производства связано с поиском резервов снижения себестоимости продукции, значительную долю которой (до 40%) составляют затраты на топливо и смазочные материалы. Основным видом энергетических ресурсов для сельских товаропроизводителей является дизельное топливо, затраты на которое серьезным образом влияют на стоимость сельскохозяйственной продукции. Снижение этих затрат внесет ощутимый вклад в конкурентоспособность продукции отечественного АПК на мировых рынках [1, 6].

В последнее время активно ведутся работы в области механо-химических воздействий на моторные топлива с высокой эффективностью в повышении теплотворной способности топлив, изменения их структуры, разрушения смолистых веществ и выделения сернистых соединений. При этом отмечена не только пролонгированность активации, но и необычная реактивность механо-химически обработанного топлива. Такая активация апробирована эксплуатационными испытаниями на легковых бензиновых и грузовых дизельных автомобилях, а также хроматографированием активированного бензина, керосина, дизельного топлива, мазута и рапсового масла [2].

Обусловленная механо-активацией необратимость изменения структуры углеводородов топлив и масел позволяет отнести инициируемые ею процессы к «неравновесной» термодинамике, теория которой находится в разви-

**Основная часть.** Проблема улучшения топливной экономичности и экологических показателей дизельных силовых установок решается, например, повышением давлений и объемной скорости впрыска топлива, сокращением продолжительности подачи топлива и процесса сгорания, а также оптимизацией момента впрыскивания топлив в камеры сгорания двигателей. Производится высокотехнологичная модернизация топливных систем двигателей, обеспечивающая улучшение смесеобразования и сгорания дизельных и тяжелых сортов углеводородных топлив.

В то же время эта проблема решается и за счет активации моторных топлив, приводящей к их модификации, изменению физико-химических свойств и повышению теплотворной способности, что повышает мощность, приемистость и экономичность автотракторных двигателей. Следует подчеркнуть, что за открытие магнитной активации углеводородных топлив доктора наук Стендфордского и Гарвардского университетов в 1952 г. получили Нобелевскую премию. Вместе с тем известно, что физические поля изменяют состояние веществ только при нахождении их в зоне полей, а за их пределами изменения обратимы, что ограничивает использование магнитных и электро-магнитных полей.

В работе [3] предсказаны физико-механические процессы, способствующие активации топлив. Показано, что в физической химии с 40-х гг. накапливались данные по влиянию механических воздействий на вещества с цепочечным строением молекул. При этом происходят разрывы длинных молекулярных цепей на участках, где связи требуют высоких затрат энергии. Последствием является возникновение химических реакций, не текущих в обычных условиях. Эти необъясненные явления были названы «механо-химическим эффектом». Предположено, что разрывы цепей возникают не только из-за электромагнитных воздействий, но и из-за чисто механических напряжений, превышающих предел прочности связей между атомами углерода в цепи.

В настоящее время известны различные механические воздействия на твердое и растворенное состояние веществ: прессование, вальцевание, прокатывание, растирание, диспергирование, действие ультразвуком и кавитацией, про-

давливание через капилляры и щели, турбулизация с большими градиентами скоростей в потоках. Установлено, что при больших локальных силовых воздействиях на углеводороды в них могут нарушаться ковалентные связи с выходом энергии порядка 419 кДж/моль. При таких разрывах появляются не только освобожденные валентности углерода, но и свободные радикалы, например, R-CH<sub>2</sub> с высокой реакционной способностью, хотя в некоторых случаях реакции могут быть обратимыми [3].[3].

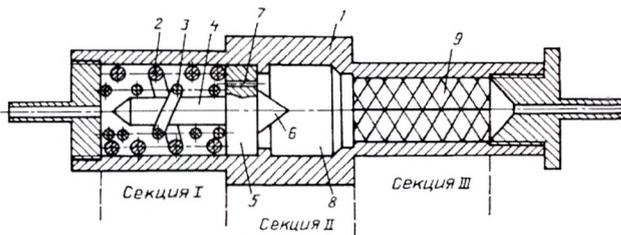
В ряде случаев деструкция длинноцепочечных углеводородов вредна. Так относительно быстрая (через 50-100 ч) деструкция молекул загущающих присадок в моторных маслах приводит к потере их вязкости на 22-50 % [4]. Вследствие этого явления введен стандарт DIN на контроль стабильности вязкости масел.

В последнее же время исследуется «механо-активация» углеводородов топлив, приводящая к необратимому изменению их состава и свойств, а также к запуску в них неизученных продолжительных химических реакций.

Исходные условия для разработки активаторов топлива созданы в ИМАШ РАН. Однако воздействие механохимией на топливо было неожиданным в эпоху работ по нелинейной волновой механике в ИМАШ РАН и в МЭИ.

В центре нелинейной волновой механики академик РАН Ганиева Р.Ф. апробирована широкая серия волновых генераторов для получения различных гомогенных тонкодисперсных устойчивых эмульсий (водомасляных, водомазутных и др.) с размерами капель дисперсной фазы 1-3 мкм, а эмульсий – до 200 нм при давлениях в генераторах 40-70 бар (в генераторах фирмы «Альфа — Лаваль» – 500-600 бар).

Генераторы содержат детали, создающие вихри, кавитацию. В зависимости от геометрии генератора и его активных деталей, от вязкости, плотности, состава жидкости, количества фаз среды и давлений (10-300 бар) в нем создают различные явления: смешивание и гомогенизацию; коагуляцию; сепарацию смесей жидкости и газов; усиление фильтрации; диспергирование и активацию. Последние режимы и использованы для активизации моторных топлив в комбинированном статическом смесителе-активаторе (рисунок 1).



**Рисунок 1. Схема комбинированного статического смесителя-активатора профессора Воробьева Ю.В. [5]:**

- 1 – корпус; 2 и 3 – винтовые элементы; 4 – цилиндрический стержень; 5 – цилиндрическая вставка; 6 – конус;
- 7 – каналы; 8 – промежуточная камера;
- 9 – смесительный элемент

Активатор содержит три последовательно установленных смесителя различного принципа действия. Первый смеситель осуществляет кинематическое действие, второй - кавитационное, третий - разделяет общий поток жидкости на малые пересекающиеся струи. В совокупности указанные смесители выполняют как функцию активного смешения, так и структурирующую функцию за счет нарушения исходного межмолекулярного взаимодействия. Технический результат состоит в повышении степени гомогенности жидкофазной системы [5].

Активатор прямооточного типа в цилиндрическом корпусе длиной до 150 мм, диаметром 30-50 мм легко встраивается в любую топливную систему, не требует привода, не содержит химических веществ и не изменяет показатели топлив, регламентируемые требованиями ГОСТ.

Данный активатор топлив (бензина, дизтоплива, авиационного керосина), несколько изменяя их состав и эксплуатационные свойства, является высокоэффективным механическим устройством, в котором действуют явления феноменологической термодинамики и молекулярной физики. [5]. Активатор имеет три последовательно расположенные активные камеры, обуславливающие разные воздействия на углеводороды.

Механоактивация топлив дробит тяжелые углеводороды, увеличивает долю легких, производит новые компоненты, короткие радикалы, разрушает смолы и сернистые соединения, тем самым радикализирует свойства топлив. Например, при взаимодействии нормального гептана с атомарным кислородом может образоваться 3метил-пентан с последующей изомеризацией до гексана [2].

Атомарный кислород может появляться при распаде пероксида водорода из-за кавитационного воздействия на гептан C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> в турбулентном потоке топлива.

Действие активатора на углеводороды топлив проверены хроматографией, контролем расхода топлива и выброса вредных веществ в отработавших газах (ОГ) автотракторных ДВС [2]. Например, хроматограммы активированного дизельного топлива показали уменьшение доли тяжелых углеводородов и увеличение легких: гексана, гептана, 3метил-пентана до 37 %. В бензине содержание октаноопределяющего толуола повышалось до 16 % [2].

Анализ активированных топлив показал снижение содержания серы с 0,032 до 0,015 %, фактических смол с 7,4 до 0,8 мг/100 мл [2]. Выделение серы из дизельного топлива выявлено Евграфовым И.В. в созданном им электронном катализаторе топлива, где на проток топлива воздействует электромагнитное поле частоты 10-12 кГц [7].

Дробление активированного дизельного топлива и бензина подтверждены многими хроматограммами [2]. Активатор апробирован также на мазуте и на рапсовом масле. Есть предпосылки к снижению у активированного топлива предельной температуры фильтруемости на 5 °С и ниже, а также к снижению дымности отработавших газов дизелей с активированным топливом.

Активатор испытан и в центре промышленных исследований США (Ro-chester Institute of Technology), где показано уменьшение расхода любых моторных топлив на 15-27 %, содержания серы в них до 50 %, смол в 7-9 раз, выбросов в ОГ: NO - до 17 %, NO<sub>2</sub> - до 14 %, а CO - до 49 % [2]. При этом было выявлено увеличение на 2,49 % общей массы активированного дизтоплива.

Неожиданным оказалось и то, что в вышедшем из активатора топливе продолжают преобразование, поэтому небольшая доля активированного топлива, введенная в не активированное, повышает долю активированного в 1,3 раза. Поэтому одним из важных достоинств механоактивации является необратимость изменения структуры топлив, что позволяет отнести инициируемые ею процессы к «нерав-

новесной» термодинамике. Её явления можно использовать в производстве топлив, соответствующих нормам ЕВРО-4 и ЕВРО-5.

В дополнение ко многим ранее проведенным дорожным и стендовым испытаниям, в которых уменьшение расхода бензина достигало 31,9 %, в лаборатории ВУНЦ ВВС ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина в июле 2014 г. на стенде КИ-568-ГОСНИТИ с дизелем ЯМЗ-236 проведены испытания усовершенствованного активатора [2, 5].

Таблица 1. Результаты определения расхода активированного топлива

№ исп.	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Активатор	Контроль расхода топлива	
			Расход за испытание, мл	Экономия, мл/%
6	1100	есть	267	71/21,0
8	1100	есть	253	85/25,2
9	1100	нет	<b>338</b>	-
10	1100	есть	267	71/21,0
11	1280-1300	есть	244; 209,7 при 1100 мин <sup>-1</sup>	128,3/38,0
<b>Среднее</b>			<b>249,18</b>	<b>88,83/26,3</b>

Следует отметить, что дизельное топливо, в отличие бензина, содержит больше тяжелых и меньше легких углеводородов, поэтому снижение расхода дизельного топлива (26,3 %) ожидалось большим, чем с бензином (31,9 %). Несоответствие результата ожидаемому требует дальнейшего изучения.

Установлено, что реакция дробления нормально-гептана экзотермична. Это является одной из предпосылок повышения теплотворной способности активированных топлив. Увеличение объема топлив после активации – другая предпосылка. А третья основана на явлениях физхимии, представленных д.т.н. профессором Канаревым Ф.М. (КубГАУ), который показал, что «все эффекты, связанные с повышением давления (сгорания топлив) в закрытых полостях формируются фотонами, но не газами. При этом объемы фотонов, излучаемых электронами при повторном синтезе предварительно диссоциированных молекул, в 100000 раз больше объёмов электронов, излучающих фотоны, а невидимые инфракрасные фотоны могут иметь объём в 10, 20.... 100 раз больше объема световых фотонов» [8].

Показатели свойств активированного топлива независимо от его исходного состава приближаются к требованиям ЕВРО-4, оно не оказывает негативного действия на надежность ДВС и может повышать его ресурс за счет меньшей жесткости работы и более легкого пуска при низких температурах.

Активатор прошел апробацию на многих предприятиях [2] и может устанавливаться на любые ДВС, в т.ч. на автотракторные, используемые в сельском хозяйстве Республики Беларусь. В разрезе выполняемой научной работы, связанной с повышением топливной экономичности дизельных двигателей, используемых в АПК Республики Беларусь, одним из этапов исследований является изучение показателей свойств активированного топлива.

**Выводы**

**Механо-химическое и электромагнитные воздействия на моторные топлива достаточно известные, но до настоящего времени малораспространенные, являются инновационными и подлежат широкому применению в агропромышленном комплексе..**

**Механоактивация топлив с применением активатора-смесителя дробит тяжелые углеводороды, увеличивает долю легких, производит новые компоненты, короткие радикалы, разрушает смолы и сернистые соединения, тем самым радикализируя свойства топлив**

Испытания проведены на трех разных дизельных топливах при установке активатора как в магистрали подачи топлива в ТНВД, так и в магистрали слива из него. На холостом ходу прогретого дизеля при частоте вращения коленчатого вала 900-1300 мин-1 проведено одиннадцать испытаний по 5-10 мин (таблица 1), показавших уменьшение расхода активированного топлива в среднем на 26,3 %.

**Испытания, проведенные на трех марках дизельного топлива при установке активатора как в магистрали подачи топлива в ТНВД, так и в магистрали слива из него, показали уменьшение расхода активированного топлива в среднем на 26,3 %.**

**Вместе с тем это требует дальнейшего изучения и проведения исследований. Ставится задача провести испытание активатора в соответствии с ГОСТ 18509 и ГОСТ 20306.**

**Список использованных источников**

1. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренко, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.
2. Воробьев, Ю.В. Воздействие на моторные топлива приемами механохимии для улучшения их эксплуатационных показателей / Ю.В. Воробьев, А.В. Дунаев. – Труды ГОСНИТИ : Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка Россельхозакадемии, Москва. – т. 123. – 2016. – С. 45-49.
3. Ахматов, А.С. Молекулярная физика граничного трения [Текст]/А.С. Ахматов//М.: Физматгиз.–1963.– 472 с.
4. Дунаев, А.В. Развитие диагностирования машин. Тракторы и автомобили [Текст]/ Lambert Academic Publishing.– 2013.–308 с.
5. Патент № 2411074 Российская Федерация, 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.
6. Якубович, А.И. Направление экономики топлива при эксплуатации трактора / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2008. – № 1(2). – С. 38–41.
7. Патент № 2377434 Российская Федерация, МПК F02M27/02 . –И.В. Евграфов. Устройство для электрокаталитической обработки топлива//Заявка № 2008106555/06; заявл.22.02.2008; опубл. 27.08.2009. – 3с.
8. Канарев, Ф.М. Теоретические основы физхимии нанотехнологий [Текст]/ Ф.М. Канарев// Краснодар: 2008. - 2-е издание. – 675 с.