

УДК 621.43-6/621.43.057

**Повышение теплотворной способности моторных топлив****Increasing the calorific value of motor fuels**Ю. В. ВОРОБЬЕВ<sup>1</sup>, д-р техн. наукА. В. ДУНАЕВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук<sup>1</sup> Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, tmm-dm@mail.nnn.tstu<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка, Москва, Россия, dunaev135@mail.ruYu. V. VOROB'EV<sup>1</sup>, DSc in EngineeringA. V. DUNAIEV<sup>2</sup>, PhD in Engineering<sup>1</sup> Tambov State Technical University, Tambov, Russia, tmm-dm@mail.nnn.tstu<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Technology for Repair and Maintenance of Machine and Tractor Fleet, Moscow, Russia, dunaev135@mail.ru

Обобщены результаты исследований по механохимической активации моторных топлив для повышения их теплотворной способности и уменьшения расхода в автотракторных двигателях внутреннего сгорания. Традиционно улучшение топливной экономичности и экологичности таких двигателей достигается путем высокотехнологичной модернизации топливных систем. Но может достигаться и путем модификации топлив, изменяющей их свойства и повышающей теплотворную способность. Механохимическими методами, при простом процессе и оборудовании с низкой энергоемкостью, смеси и отдельные фракции нефти деструктурируются с образованием низкомолекулярных гомологов, а также водорода и углерода. Деструкция насыщенных углеводородов представляет собой разрыв цепей, а непредельные разрушаются через образование насыщенных продуктов. Возможно гидрирование продуктами деструкции исходного вещества. Исследована механохимия топлив на примере комбинированного статического смесителя-активатора. Активатор в форме цилиндра длиной 150 мм и диаметром 30—50 мм, используемый для модификации моторных топлив, имеет три последовательные камеры, встраивается в любую топливную систему двигателя внутреннего сгорания, не требует привода, не содержит химических веществ, не ухудшает рабочие показатели бензина, дизельного топлива, авиационного керосина, мазута, не уменьшает ресурс двигателя. Испытания проведены на стенде с дизелем ЯМЗ-236 на трех разных дизельных топливах при установке активатора в магистраль подачи топлива в топливный насос высокого давления, а затем в магистраль слива из него. На холостом ходу дизеля при частоте вращения коленчатого вала 900—1300 минут в минус первой степени в одиннадцати испытаниях выявлено уменьшение расхода активированного топлива в среднем на 26,3 %. Дан обзор методов повышения теплотворной способности топлив путем различных воздействий.

**Ключевые слова:** механохимия; активатор; дробление молекул углеводородов; расход топлива.

The results of the studies of mechanochemical activation of motor fuels aimed to increase their calorific value and reduce their consumption in automotive internal combustion engines are summarized. Traditionally, the improvement in fuel efficiency and environmental friendliness of such engines is achieved by high-tech modernization of fuel systems. But it can also be achieved by modification of fuels that changes their properties and increases the calorific value. By means of methods of mechanochemistry, using the equipment with low power consumption and a simple process, the mixtures and separate oil fractions are destroyed with the formation of low molecular homologs, as well as hydrogen and carbon. The degradation of saturated hydrocarbons is the breaking of chains, and unsaturated ones are destroyed through the formation of saturated products. The hydrogenation by degradation products of the starting material is possible. The mechanochemistry of fuels is investigated on the example of a combined static mixer-activator. The activator in the form of cylinder of 150 mm length and 30—50 mm diameter is used for modifying motor fuels; it has three serial camera, embeds in any of the fuel systems of internal combustion engine, does not require the drive, is free of chemical substances, does not affect the performance of gasoline, diesel fuel, aviation kerosene, fuel oil, does not reduce the engine lifetime. The tests were performed on a test bench with YaMZ-236 diesel engine using three different diesel fuels, at first with installation of activator in the fuel supply line of fuel high pressure pump, and then in its main drain line. When idling of diesel engine with engine speed of 900—1300 rpm, the reduction of activated fuel consumption on average by 26.3 % is revealed in eleven tests. The methods for improving the calorific value of fuels by different impacts are reviewed.

**Keywords:** mechanochemistry; activator; hydrocarbon cleavage; fuel consumption.

**Введение**

Улучшение топливной экономичности и экологичности автотракторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) достигается путем высокотехнологичной модернизации топливных систем. Оно может

быть достигнуто и путем модификации топлив, изменяющей их свойства и повышающей теплотворную способность, например известной с 1952 г. магнитной активацией. Однако применение магнитных и электромагнитных полей ограничено зо-

ной их действия, а за их пределами изменения топлив обратимы.

В 1887 г. была выявлена механохимия как особый класс химических и физико-химических изменений веществ, обусловленных приложением механических сил. К 1960-м гг.

обобщены механохимия полимеров [1] и моторных масел [2]. На участках, где связи требуют высоких затрат энергии, показаны разрывы молекулярных цепей не только электромагнитными воздействиями, но и механическими напряжениями выше предела прочности атомных связей. Следствия механохимических воздействий, например, в гептане — нарушение ковалентных связей в его цепях с выходом энергии порядка 419 кДж/моль [1, 2], появление свободных валентностей углерода и свободных радикалов, например R-CH<sub>2</sub>, с высокой реакционной способностью, хотя изменения могут быть обратимыми [2].

Широко используемые в наше время механохимические методы характеризуются простотой процесса и оборудования, низкой энергоемкостью. Если для получения топлив и масел из нефти требуются высокие затраты энергии и громоздкая аппаратура, то применение механохимических воздействий позволяет повысить эффективность и упростить аппаратуру [3].

Механохимические воздействия на смеси и фракции нефти разрушают их с образованием низкомолекулярных гомологов, а также водорода и углерода. Деструкция насыщенных углеводородов представляет собой разрыв цепей, а непредельные разрушаются через образование насыщенных продуктов. Возможно гидрирование продуктами деструкции исходного вещества. В итоге остаются химически устойчивые продукты, из исходных газов — лишь метан, водород и углерод. Отличительная особенность механохимии углеводородов заключается в том, что реакции продолжают идти после окончания воздействия.

Развита механохимическая обработка углеводородов с твердыми веществами (уголь, кварц), генерирующими в размоле свободные радикалы. Это увеличивает глубину и виды превращений компонентов нефти, а инициаторами (свободными радикалами) служат парамагнитные центры раздробленного твердого тела [3].

Степень деструкции тяжелых компонентов нефти увеличивается [3]. Но также полагают, что с ростом числа атомов углерода в цепи деструкция снижается, и газы деструктируются относительно больше, чем жидкие углеводороды.

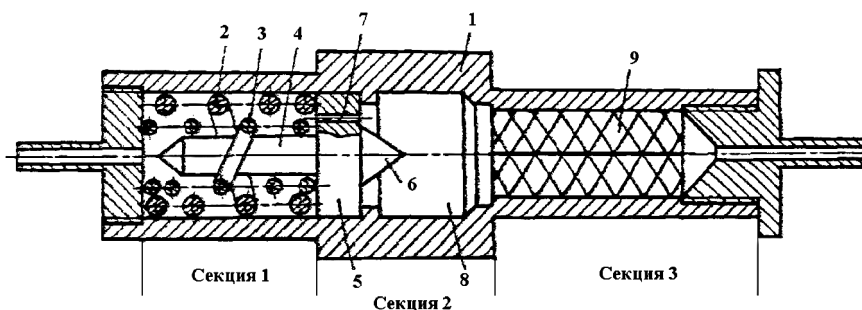


Схема активатора:

1 — корпус; 2, 3 — винтовые элементы; 4 — цилиндрический стержень; 5 — диск; 6 — конус; 7 — каналы; 8 — промежуточная камера; 9 — смесительный элемент из перекрещивающихся решеток

Итак, изучается механохимическая обработка углеводородов для их деструкции, изменения состава, свойств, запуска неясных продолжительных химических реакций. Механоактивация углеводородов дробит тяжелые компоненты, увеличивает долю легких, разрушает смолы и сернистые соединения, создает новые вещества и короткие радикалы, тем самым радикализируя свойства нефтепродуктов, в т.ч. моторных топлив.

#### Цель исследования

Цель исследования — обобщение результатов механохимической активации моторных топлив для повышения их теплотворной способности и уменьшения расхода топлива автотракторными двигателями внутреннего сгорания.

#### Материалы и методы

Для механохимической обработки углеводородов могут использоваться известные апробированные портативные активаторы топлив: четыре активатора, созданные в РФ, широкая их серия на Украине (патенты № 25228, 34142).

Рассмотрим комбинированный статический смеситель-активатор по патенту РФ № 2411074 [4]. Активатор (см. рисунок) в форме цилиндра длиной 150 мм и диаметром 30–50 мм, используемый пока лишь для модификации моторных топлив, имеет три последовательные камеры, встраивается в любую топливную систему ДВС, не требует привода, не содержит химических веществ в отличие от активаторов Научно-исследовательского тракторного института и других, не ухудшает рабочие показатели бензина, дизельного топ-

лива, авиационного керосина, мазута, не уменьшает ресурс ДВС.

#### Результаты и их обсуждение

Активатор проверен хроматографией топлив, контролем их расхода и выбросов вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) автотракторных ДВС. Так, хроматограммы активированного дизельного топлива показали уменьшение доли тяжелых углеводородов и увеличение легких — гексана, гептана, 3-метилпентана до 37 %. В бензине содержание октаноопределяющего толуола повышалось до 16 %, а в авиационном керосине — нонана и декана до 21 %. Активатор апробирован на дизельных топливах разных поставщиков, авиационном керосине, мазуте, рапсовом масле. Анализ активированных дизельных топлив показал снижение содержания серы с 0,032 до 0,015 %, смол с 7,4 до 0,8 мг/100 мл.

Испытания активатора в Рочестерском технологическом институте (Rochester Institute of Technology, США) показали уменьшение расхода любых моторных топлив на 15–27 %, содержания серы в них до 50 %, смол в 7–9 раз, выбросов с ОГ: NO — до 17 %, NO<sub>2</sub> — до 14 %, CO — до 49 %. Непонятным осталось увеличение на 2,49 % массы дизельного топлива после активации.

Подтверждено, что после активации преобразования топлив продолжают, а доля активированного топлива, введенная в неактивированное, повышает долю первого в 1,3 раза [4]. В мазуте, вышедшем из активатора, процессы преобразования также продолжают, а также идут в неактивированном мазуте при добавлении небольшой доли активированного.

Достоинство механоактивации — ее необратимость, что может использоваться и в нефтепереработке, и в производстве топлив, соответствующих нормам Евро-4 и Евро-5, когда разные по качеству исходные нефтепродукты доводятся до одинаковых физико-химических показателей.

В дополнение к стендовым и дорожным испытаниям, при которых уменьшение расхода активированного бензина достигало 31,9 %, в июле 2014 г. в лаборатории Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина" (г. Воронеж) на стенде КИ-568-ГОСНИТИ с дизелем ЯМЗ-236 испытан усовершенствованный активатор [4]. Испытания проведены на трех разных дизельных топливах при установке активатора в магистраль подачи топлива в топливный насос высокого давления, а затем в магистраль слива из него. На холостом ходу дизеля при частоте вращения коленчатого вала 900—1300 мин<sup>-1</sup> в одиннадцати испытаниях выявлено уменьшение расхода активированного топлива в среднем на 26,3 % (табл. 1).

Моторное топливо, вышедшее из активатора-смесителя, по свойствам приближается к требованиям Евро-4 и может повышать ресурс ДВС за счет меньшей жесткости работы и более легкого пуска при низких температурах. Активатор прошел апробацию на многих предприятиях и может быть установлен на любые ДВС, в т.ч. автотракторные.

#### Обзор методов повышения теплотворной способности топлив

Другие приемы обработки топлива: магнитная обработка, использовавшаяся во время войны в Германии, а в США — в освоении кос-

моса (фирма McDonnell Douglas). С 1970-х гг. она применяется и в других областях. Например, прибор Master Burner венгерской фирмы Bionet для ДВС и газовых котлов; немецкие магнетизеры топлива MagnoFuel, FuelFree и другие, вышедшие на рынок РФ; аналогичные приборы в Японии. Магнитную обработку топлив ведут на Украине фирмы НПФ "Эковод", ЦНИЛ АО "Укрнефть", в РФ — фирмы "ДС технология", НПО "ММТ", ООО "Фирма Флеттер", "Экомаг" и др. Срок окупаемости устройств от 1—2 месяцев.

Стендовые испытания активатора "Экомаг-7Г" в Центральном научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте (НАМИ) показали: ДВС автомобиля "Волга" стал мощнее на 10—15 %, на 10—40 % уменьшался расход бензина, содержание СО и СН снижались на 70—80 %, NO<sub>x</sub> — на 15—20 %, осмоление — на 14 %, а сопротивление топливного тракта повышалось не более чем на 10 %. Весьма высокая эффективность прибора подтверждена протоколами испытаний НАМИ № 37/7/2243-45 от 19.11.1992, № 605/7/3820-22, № 3827-29 от 25.07.1995, а также испытаниями Московского нефтеперерабатывающего завода. Специалисты НАМИ, рекомендуя "Экомаг" для массового использования, тем не менее, заявили о возможных побочных явлениях. Но практика выявила только пользу, в т.ч. уменьшение закоксованности ДВС и повышение срока службы нейтрализаторов ОГ, свечей зажигания.

До 1996 г. Всероссийским научно-исследовательским технологическим институтом ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ) производился аналогичный "Экомагу" очиститель-катализатор топлива. Особенность

этого катализатора, разработанного канд. техн. наук Н. А. Каракозовым: до и после кольцевого магнита установлены улитки со спиралью Архимеда, создающие двойное обтекание магнита топливом. Катализатор испытан в 1998—2001 гг. в АТП СП "Эрдэнэт" на автомобиле УАЗ-452. За неделю работы автомобиля экономия бензина составила 10 л.

Известны и другие магнитные, электромагнитные серийные средства обработки топлив: прибор "ММТ-БД" от ООО "НПО ММТ" (Санкт-Петербург) по ТУ 3116-001-64233488-2010, сертифицированный в РФ и ЕС; топливный физический катализатор "Тонус" по ТУ У 343-14115698-003-2001; электронный каталитический преобразователь топлива (ЭКТ) для резонансной обработки бензина, дизельного топлива, разработанный инж. И. В. Евграфовым во Всероссийском научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства. Принцип работы ЭКТ: резонансное воздействие электромагнитных полей на углеводороды, разрыв их молекул, образование свободных радикалов, осаждение серы в ЭКТ.

В сложном устройстве по патенту РФ № 2296238 [5] имеется электромагнитная обмотка, а внутри — металлические шарики, шарики и камера выполнены из материалов с одинаковой поляризационной ориентацией и большей диэлектрической проницаемостью, чем у углеводородов. Здесь совмещены электромагнитное поле и трибоэлектризация.

В углеводородах, обработанных электрическими, магнитными и электромагнитными воздействиями, изменяются физико-химические свойства и межмолекулярные взаимодействия: поверхностное натяжение, вязкость, плотность, температура вспышки, но главное — повышается теплотворная способность (табл. 2).

Рассмотрим причины существенного повышения теплоты сгорания в отличие, например, от расчетов низкой теплотворной способности топлива  $Q_H$ , ккал/кг, по эмпирической формуле Д. И. Менделеева (1897 г.):

$$Q_H = 81C + 246H - 26(O - S) - 6W,$$

где С, Н, О, S — доли элементного содержания в топливе углерода, во-

Таблица 1

Результаты испытаний усовершенствованного активатора

Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	Наличие активатора	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	Экономия, мл/%
1100	+	267	71/21
1100	+	253	85/25,2
1100	—	338	—
1100	+	267	71/21
1280—1300	+	244; 209,7 при 1100 мин <sup>-1</sup>	128,3/38
Среднее		249,18	88,83/26,3

Пример преобразования углеводородов под влиянием электромагнитного и трибохимического воздействий

Теплота сгорания исходной фракции $C_8H_{18}$ , кДж/моль	Состав фракций по этапам преобразования		Конечные фракции	Теплота сгорания преобразованного топлива, кДж/моль	Положительный эффект, %
	1-я фаза	2-я фаза			
5470	$2C_2H_2$ $0,5C_2H_4$  $3CH_4$	$2C_2H_2$ $0,5C_2H_3$ $0,5H$ $3CH_3$	$2C_2H_2$ $0,5C_2H_3$ $0,5H$ $3CH_3$	8367	28

дорода, кислорода и серы, %;  $W$  — содержание влаги в топливе, %.

Широкая практика расчетов по приведенной формуле Д. И. Менделеева показала ее приемлемую достоверность. Однако такую теплоту сгорания определяют в калориметрической бомбе, где отсутствуют механические, гидравлические, электромагнитные воздействия на топливо и ослаблено влияние окружающей среды. А активаторы, осуществляя различные действия на топливо, могут обуславливать влияние на его компоненты окружающей среды. Таким влиянием можно объяснить то, что результат дробления нормального гептана, как показано выше, экзотермичен.

Увеличение объема топлив после активации на 2,5 %, полученное в Рочестерском технологическом институте (США), сомнительно, но также может быть принято во внимание. Третий фактор — объяснения проф. Ф. М. Канарева [6]: "Эффекты, связанные с повышением давления сгорания топлив в закрытых полостях, формируются фотонами, но не газами. Объемы фотонов, излучаемых электронами при повторном синтезе *предварительно диссоциированных молекул*, в 100 000 раз больше объемов электронов, излучающих фотоны. А невидимые инфракрасные фотоны могут иметь объем в 10, 20, ..., 100 раз больше объема световых фотонов".

Иными словами, активные радикалы в обработанных топливах поглощают фотоны окружающего пространства, насыщаются дополнительной энергией, участвуют в реакциях образования новых соединений, а поглощенная ими энергия из пространства проявляется при сгорании через повышение теплотворной способности топлив.

Подтверждением использования энергии окружающего пространства

служит, например, то, что в Грузии (проф. Тариэл Капанадзе) и РФ работают искровые приемы получения энергии из эфира, а также серия самовращающихся генераторов тока [6] и некоторые другие энергетические явления.

В энергетике ждут широкого использования и такие возможности, как:

— электромагнитная резонансная обработка влажного воздуха (Ю. А. Бережнев в Симферополе, Вальтер Вагнер в ФРГ, Поль Пантоне во Франции), а также водяного пара (Тамбовский государственный технический университет), подаваемого во впускной тракт ДВС;

— бестопливная автотермия в ДВС с использованием энергии межатомных и межмолекулярных связей в воде, азоте и кислороде воздуха (подтверждение — взрывы кислородных баллонов от следов масла), реализованная Е. И. Андреевым в Санкт-Петербурге [7] и В. Г. Рыжовым в Ногинске;

— пять исполнений самовращающегося генератора тока Ф. М. Канарева [6];

— горючие смеси 15—50 % воды с различными топливами [8];

— мощные самовращающиеся гидравлические двигатели [8].

## Выводы

Механохимические и электромагнитные воздействия на моторные топлива, известные, но мало распространенные, подлежат широкому применению в автотракторной технике. Для этого желательно провести их испытания в соответствии с ГОСТ 18509—88 "Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний", а также ГОСТ 20306—90 "Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний".

## Литература и источники

1. Механохимия полимеров // В кн.: Большая советская энциклопедия. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 16. С. 195—196.
2. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения. М.: Физматгиз, 1963. 472 с.
3. Днепровский К. С. Механохимические превращения углеводородов нефти: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Томск, 2003. 24 с.
4. Воробьев Ю. В., Ломовских А. Е., Басарев М. В. и др. Устройство для механохимической обработки и снижения расхода углеводородного топлива // Тракторы и сельхозмашины. 2015, № 1. С. 21—23.
5. Микипорис Ю. А. Улучшение экологических показателей автомобильных двигателей электромагнитной обработкой топлива. Ковров: КГТА, 2008. 168 с.
6. Канарев Ф. М. Теоретические основы физхимии нанотехнологий. 2-е изд. Краснодар: КубГАУ, 2008. 675 с.
7. Андреев Е. И. Основы естественной энергетики. СПб.: Невская жемчужина, 2004. 584 с.
8. Рассадкин Ю. П. Вода обыкновенная и необыкновенная. М.: Галерея СТО, 2008. 840 с.

## References

1. Mechanochemistry of polymers. *Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya* [In: Great Soviet encyclopedia]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1974, vol. 16, pp. 195—196.
2. Akhmatov A. S. *Molekulyarnaya fizika granichnogo treniya* [Molecular physics of boundary friction]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1963, 472 p.
3. Dneprovskiy K. S. *Mekhanokhimicheskie prevrashcheniya uglevodorodov nefiti* [Mechanochemical transformations of petroleum hydrocarbons]. PhD in Chemistry thesis abstract. Tomsk, 2003, 24 p.
4. Vorob'ev Yu. V., Lomovskikh A. E., Basarev M. V., Dunaev A. V. Device for mechanochemical treatment of hydrocarbon fuel and decrease in fuel consumption. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2015, no. 1, pp. 21—23 (in Russ.).
5. Mikiaporis Yu. A. *Uluchshenie ekologicheskikh pokazateley avtomobil'nykh dvigateley elektromagnitnoy obrabotkoy topliva* [Improving the environmental performance of car engines by electromagnetic fuel treatment]. Kovrov, Kovrov State Technological Academy Publ., 2008, 168 p.
6. Kanarev F. M. *Teoreticheskie osnovy fizkhemii nanotekhnologii* [Theoretical foundations of physical chemistry of nanotechnologies]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University Publ., 2008, 675 p.
7. Andreev E. I. *Osnovy estestvennoy energetiki* [Fundamentals of natural energy]. Saint Petersburg, Nevskaya zhemchuzhina Publ., 2004, 584 p.
8. Rassadkin Yu. P. *Voda obyknovennaya i neobyknovennaya* [Ordinary and extraordinary water]. Moscow, Galereya STO Publ., 2008, 840 p.