

Научная статья / Research Article
УДК 656.135/656.137

А.К. Байгин¹, М.П. Баранова²

¹АНО «Твое ремесло», Красноярск, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹kraft2488@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Установлена возможность улучшения характеристик дизельного топлива при эксплуатации тепловых двигателей с применением механо-химического воздействия на органическую часть этого топлива. Исследованы режимы обработки дизельного топлива в системе подачи его в камеру сгорания как механической и ультразвуковой кавитацией, так и комбинированной обработкой. Установлено, что кавитационная обработка приводит к повышению кислородонасыщения и, как следствие, к быстрым процессам окисления легких фракций в топливо-воздушной смеси, улучшению показателей кислотности топлива (рН) и возможности повышения его эксплуатационных показателей практически на 24–37 %.

Ключевые слова. дизельное топливо, кавитационная обработка, двигатель внутреннего сгорания, ультразвуковая кавитация

А.К. Baigin¹, М.Р. Baranova²

¹ANO "Your Craft," Krasnoyarsk, Russia

² Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹kraft2488@mail.ru

INCREASE OF ICE OPERATION EFFICIENCY

Abstract. The possibility of improving the characteristics of diesel fuel during the operation of thermal engines by using mechanical and chemical effects on the organic part of this fuel has been established. Modes of treatment of diesel fuel in the system of its supply to the combustion chamber by both mechanical and ultrasonic cavitation and combined treatment were investigated. It has been established that cavitation treatment leads to an increase in oxygen saturation and, as a result, to rapid processes of oxidation of light fractions in a fuel-air mixture, an improvement in fuel acidity (pH) and the possibility of increasing its operational indicators by almost 24–37 %.

Keywords: diesel fuel, cavitation treatment, internal combustion engine, ultrasonic cavitation

Введение. Вопросы ресурсосбережения, снижения углеродного следа на планете напрямую связаны с повышением энергоэффективности как на этапе генерации энергии, так и при ее потреблении энергетическими установками и устройствами.

Промышленное развитие агропромышленного комплекса предполагает увеличение количества машин с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), что, в свою очередь, приводит к увеличению потребления углеводородного топлива. Для улучшения работы ДВС основным было изменение конструкций силовых установок для снижения внутренних потерь энергии. На данный момент эти возможности практически исчерпаны. Перспективным направлением повышения эффективности тепловых двигателей являются малоэнергетические воздействия на топливо. Это магнитные, ультразвуковые, электрические и другие физические воздействия [1–3], что дает возможность повысить степень упорядоченности внутримолекулярных и надмолекулярных структур и приводит к химической активации топлива с выделением дополнительной тепловой энергии, увеличению энтальпии рабочих процессов.

Следует отметить, что неполное сгорание углеводородного топлива приводит к образованию сажи, которая вызывает износ поршневой группы и клапанной системы двигателя. Сажа скапливается в камере сгорания, оседает на торцах поршней, клапанах, в канавках поршневых колец и других элементах топливного цикла. КПД двигателя снижается. Сажа попадает в масляный картер, вызывая его загрязнение. Через запавшие поршневые кольца в картер попадает топливо, что еще больше загрязняет масло. Соли, сера и механические примеси являются основной причиной образования нагара на свечах зажигания, поршневых кольцах, клапанах и других частях. Свечи перестают полноценно работать, поскольку сажа с нагаром является проводником тока, происходит «подкорачивание» на керамическом изоляторе свечи. Напряжение на электродах свечи уменьшается и образование искры происходит с перебоями, проскакивание искры прекращается и свеча становится мокрой. Как следствие, двигатель работает неустойчиво, мощность падает, а расход топлива увеличивается.

Продукты неполного сгорания органического топлива выбрасываются в выхлопную трубу, отравляя окружающее пространство. Вопрос экологической безопасности и ресурсосбережения как никогда важен. Таким образом, при существующих конструкциях ДВС и качестве топлива оно не может сгорать полностью [4, 5].

Цель исследования – определение возможности повышения эффективности эксплуатации ДВС путем обработки топлива в системах его подачи на сжигание в ходе работы двигателя с использованием процессов кавитации.

Объекты, методы и результаты исследования. Все углеводородные виды топлива в той или иной мере содержат тяжелые фракции переработки нефти. Асфальтены, смолы, парафины представлены вязкими

жидкостями, имеющими более высокую температуру испарения, чем бензин и дизтопливо. Поэтому асфальтосмолопарафиновые отложения ухудшают процесс горения и являются причиной образования продуктов неполного сгорания. Использование процесса кавитации позволяет улучшить характеристики горения топлива в ДВС.

Предлагаемый подход и используемые теоретические и экспериментальные методы в силу их комплексности и учета синергетического эффекта при разработке обеспечения решения прикладных задач достаточно эффективны. Механохимическое воздействие, в т. ч. кавитация, позволяет управлять энтропией на молекулярном уровне без сложных внешних воздействий на систему. Используется модель кавитационного диспергирования.

Использование гидродинамических и теплофизических эффектов кавитации (кавитационной нанотехнологии) способствует механотермолизу структуры топлива на молекулярном уровне с появлением свободных водородных связей, диспергации и гомогенизации с образованием устойчивых систем, в конечном итоге имеющих перспективу для усовершенствования и интенсификации процесса улучшения топлива для сжигания в двигателе. Вследствие чрезвычайной сложности физических процессов, происходящих при механохимическом воздействии и кавитации, механизм действия последней трудно поддается теоретическому исследованию. Важную роль здесь играет эксперимент [6].

Для определения эффективности процесса обработки ориентировались на показатели международных стандартов. Содержание серы варьируется в разных подвидах дизельного топлива марки «Евро»: для топлива марки «Евро 1» содержание серы должно быть не более 0,1 %, для «Евро 2» – менее 0,02 %, для «Евро 3» и «Евро 4» серы не должно быть больше 0,003 % от объема. И только дизельное топливо «Евро 5» содержит в составе 0,001 % серы, что наиболее безопасно для окружающей среды. Следует отметить, что практически все виды дизельного топлива стандарта «Евро» имеют высокое цетановое число (порядка 51 %), обеспечивающее эффективный процесс сгорания, что снижает скорость износа двигателя и повышает его КПД.

В ходе проведения экспериментальных исследований использовали методы анализа в соответствии с ГОСТ 32513 (п. 8.2.); ГОСТ 19006; ГОСТ Р 52709-2019; ГОСТ 305-2013; ГОСТ Р 52368-2005 и ГОСТ 19006-73. Оптимальными параметрами для дизельного топлива приняты:

- коэффициент фильтруемости 2 (ЕВРО) – 3;
- рН – 3,5–4,2;
- содержание свободной воды – 0,002 %;
- примеси – менее 0,02 %;
- сера – 0,05–0,1 % (по ГОСТ РФ – 0,2–0,5 %).

В работе был использован способ кавитационной обработки – прямоточно-механической и ультразвуковой на низкочастотных вибрациях. Устройство по обработке топлива было встроено в систему топливоподачи теплового двигателя (рис.).



Система топлива подачи двигателя со встроенным кавитатором

В ходе исследований было использовано топливо дизельное межсезонное (ДТМ). В кодировке указан способ кавитации, поскольку применяли как механический кавитатор (МК)), так и ультразвуковой (УЗК) разной мощности. Определяли характеристики топлива после комбинирования систем обработки: последовательная обработка сначала УЗК, затем МК КБб, либо последовательно УЗК разной мощности, а также через 7 сут хранения, в последнем случае применялись все виды кавитационной обработки и характеристики топлива через 4 сут после обработки.

В таблице представлены характеристики топлива после механохимической активации (в частности кавитации).

Характеристики топлива после механохимической активации

№ п/п	Кодировка пробы топлива	Коэффициент фильтруемости	pH	Содержание воды, %	Содержание механических примесей, %	Содержание серы, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Исходная	6,0560	3,10	0,024-0,03	0,050	0,050
2	МК КБ 6	9,9307	4,38	0,026-0,03	0,080	0,023
3	УЗК 28 кГц	10,3946	4,38	0,026-0,03	0,074	0,023
	УЗК 28 кГц (после хранения в течение 7 сут)	9,8103	4,36	0,026-0,03	0,076	0,021

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
	УЗК 28 кГц + МК КБ 6	13,6540	4,42	0,026–0,03	0,790	0,019
4	УЗК 35 кГц	13,8212	4,31	0,026–0,03	0,800	0,022
	УЗК 35 кГц (после хранения в течение 7 сут)	14,4936	4,02	0,026–0,03	0,076	0,020
	УЗК 35 кГц + МК КБ 6	14,6930	4,50	0,026–0,03	0,082	0,190
5	УЗК 28+ УЗК 35 кГц	14,2076	4,50	0,026–0,03	0,071	0,020
	УЗК 28 + УЗК 35 кГц + МК КБ 6 (по истечении 4 сут по- сле обработки)	14,9583	4,53	0,026–0,03	0,083	0,018

Анализ данных таблицы показал, что:

1. Данный тип кавитации в первой фазе вызывает повышение диспергата и переход в более стабильное состояние – например высвобождение высокоэмульгированной (связанной) воды, коагулирование мелких твердых примесей и их последующее осаждение, повышение кислородонасыщения и, как следствие, быстрые процессы окисления легких фракций в смеси.

2. Коэффициент корреляции фактических значений 0,84 (высокий) означает, что при поступательном изменении лимитирующего показателя (в данном случае частоты ультразвуковых колебаний) ответная величина имеет практически прогнозируемое отклонение.

3. При ультразвуковой кавитации pH меняется от выраженной кислотности (повышенное содержание водорастворимых кислот) до слабокислой среды с наращением OH-ионов (возможно из-за высвобожденной воды).

4. Увеличивающийся коэффициент фильтрации свидетельствует, с одной стороны, об ухудшении степени чистоты дизельного топлива, с другой – выраженные осаждаемые (выпавшие в осадок) твердые механические примеси позволяют сделать вывод, что при применении фильтрации после кавитационной обработки топлива есть возможность повысить его эксплуатационные свойства практически на 24–37 % и соответственно уменьшить износ двигателя.

5. Цетановое число остается без изменения на уровне 45.

Следует отметить, что для определения механизма интенсификации свойств дизельного топлива и подтверждения полученных результатов необходимо либо провести испытания повторно, либо на другом типе кавитационной установки (гидродинамической).

Заключение. Таким образом, в ходе исследования установлена возможность улучшения характеристик дизельного топлива при эксплуатации тепловых двигателей с применением механохимического воздействия на органическую часть этого топлива. Исследованы режимы обработки дизельного топлива в системе подачи его в камеру сгорания как механической и ультразвуковой кавитацией, так и комбинированной обработкой. Установлено, что кавитационная обработка приводит к повышению кислородонасыщения и, как следствие, к быстрым процессам окисления легких фракций в топливо-воздушной смеси, улучшению показателей кислотности топлива (рН) и возможности повышения его эксплуатационных показателей практически на 24–37 %.

Список источников

1. Манаков Н.А., Щурин К.В., Цветкова Е.В. Улучшение эксплуатационных показателей автомобильных двигателей в результате магнитной активации топлива // Естественные и технические науки. 2012. № 2. С. 484–486.
2. Щурин К.В., Панин И.Г. Изменение свойств немагнитных жидкостей в переменном магнитном поле // Информационно-технологический вестник. 2017. № 1. С. 103–114.
3. Помазкин В.А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы. Оренбург: ОГУ, 2001. 340 с.
4. Карнаухов В.Н., Карнаухов О.В. Определение эффективного удельного расхода топлива для разных типов двигателей с учетом плотности, давления и температуры воздуха // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 4 (20). С. 73–75.
5. Verification of the results of numerical modeling of the developed cavitation in a cramped flow by experimental data / A.Y. Radzyuk [и др.]// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 734 (2020) 012192. DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012192.
6. Баранова М.П. Переработка органической массы тонкодисперсных отходов углеобогащения // Наноструктуры в конденсированных средах: сб. науч. ст. / Беларус. республиканский фонд фундаментальных исследований. Минск, 2022 . С. 19–25.

References

1. Manakov N.A., Shchurin K.V., Tsvetkova E.V. Uluchshenie ehkspluatatsi-onnykh pokazatelei avtomobil'nykh dvigatelei v rezul'tate magnitnoi aktivatsii topliva // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2012. № 2. S. 484–486.
2. Shchurin K.V., Panin I.G. Izmenenie svoystv nemagnitnykh zhidkosti v peremennom magnitnom pole // Informatsionno-tekhnologicheskii vestnik. 2017. № 1. S. 103–114.
3. Pomazkin V.A. Nespetsificheskie vozddeystviya fizicheskikh faktorov na ob"ekty biotekhnosfery. Orenburg: OGU, 2001. 340 s.
4. Karnaukhov V.N., Karnaukhov O.V. Opredelenie ehffektivnogo udel'nogo raskhoda topliva dlya raznykh tipov dvigatelei s uchetom plotnosti, davleniya i temperatury vozdukha // Vestnik Kurganskoi GSKHA. 2016. № 4 (20). S. 73–75.
5. Verification of the results of numerical modeling of the developed cavitation in a cramped flow by experimental data / A.Y. Radzyuk [i dr.]// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 734 (2020) 012192. DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012192.
6. Baranova M.P. Pererabotka organicheskoi massy tonkodispersnykh otkhodov ugleobogashcheniya // Nanostruktury v kondensirovannykh sredakh: sb. nauch. st. / Belarus. respublikanskii fond fundamental'nykh issledovaniy. Minsk, 2022 . S. 19–25.

Сведения об авторах:

Александр Константинович Байгин – директор АНО «Твое ремесло»

Марина Петровна Баранова – заведующая кафедрой, профессор кафедры системозенергетики

Information about the authors:

Alexander Konstantinovich Baigin – Director of ANO "Your Craft"

Marina Petrovna Baranova – Head of the Department, Professor of the Department of System Power Engineering