

Применение молекулярных модификаторов топлива на транспорте



В. Ю. Каминский,
канд. техн. наук, доцент,
зав лабораторией ФГБУН
Институт проблем
транспорта им.
Н. С. Соломенко РАН
(ИПТ РАН)



В. Г. Мурамович,
канд. техн. наук,
доцент, вед. науч.
сотрудник ИПТ РАН



П. Ф. Анисимов,
науч. сотрудник
ИПТ РАН

Инновационная технология молекулярной модификации углеводородного топлива слабыми электрическими полями не имеет мировых аналогов. Ее применение позволяет существенно изменить значения экономических, экологических и ресурсных показателей тепловых энергетических установок для транспорта. В статье представлены физические основы технологии; приведены результаты стендовых и эксплуатационных испытаний двигателей внутреннего сгорания на легком и тяжелом топливе.

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН совместно с ООО «ЭКОСИСТЕМЫ» разработали технологии молекулярной модификации углеводородного топлива, позволяющую повысить его энергоотдачу, улучшить экологические и ресурсные характеристики энергетических установок транспортных средств. Известно, что процесс сгорания топлива представляет собой многостадийную цепную химическую реакцию, в которой молекула последовательно подвергается дезинтеграции на отдельные окисляющиеся атомы. Энергия, необходимая для начала дезинтеграции, либо аккумулируется при повышении температуры после впрыска топлива в нагретый сжатый воздух (дизельный двигатель), либо передается электрическим разрядом (бензиновый двигатель), а энергия, потребная для последовательного отрыва от молекулы очередного атома, вырабатывается при окислении предыдущего. Дезинтеграция молекул с более длинным углеродным скелетом происходит дольше, требует больше энергии.

Ранее в исследованиях [1, 2] для воз-

действия на молекулы углеводородов применялись сильные электрические поля. Это приводило к большим затратам энергии от бортовых источников и создавало сложности при эксплуатации высоковольтного оборудования на транспортных средствах.

В предлагаемой технологии [3–6] учитывается квантово-механический характер взаимодействия электрических полей с молекулами углеводородов, что позволяет применить слабые электрические поля. Известно, что энергия электрического поля поглощается молекулами только в резонансной области. Если поглощенная энергия превышает энергию связи атомов в молекуле, то происходит деструкция последней. В результате образуются дочерние молекулы с более коротким углеродным скелетом – радикалы. Они запускают цепные химические реакции, в которых участвуют молекулы топлива.

После обработки топлива слабыми полями (модификации) в двигатель поступает углеводородная среда с измененным групповым и фракционным составом (повышено содержание легких молекул), что и определяет новые физико-химические свойства топлива.

В соответствии с разработанными основами теории молекулярной модификации топлива и полученными зависимостями [7, 8] сконструированы и изготовлены молекулярные модификаторы топлива (ММТ) для различных энергетических установок наземного и водного транспорта (рис. 1).

Автомобильные двигатели с модификаторами были испытаны на стендах в сертифицированной лаборатории



Рис. 1. Модификаторы для автомобильного двигателя мощностью до 330 кВт (слева) и судовых двигателей (справа)

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, уполномоченной на испытания различных видов топлива, масла, а также жидкостей. Цель стендовых ресурсных испытаний – исследовать влияние устройства ММТ на мощностные, экономические, экологические и ресурсные показатели двигателей. Испытания на экономичность выполняли методом взвешивания расходов топлива на одинаковых режимах нагрузки в соответствии с ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний».

Стендовые испытания модификаторов на дизельном двигателе

Результаты испытаний двигателя ЯМЗ-238 на нагрузочной характеристике 1200 об./мин представлены на рис. 2.

Анализ результатов подтверждает положительное влияние устройства ММТ на процессы смесеобразования

и сгорания в дизельном двигателе, что выражается снижением расхода топлива, дымности и ростом КПД двигателя.

Для оценки эффективности устройства ММТ были введены промежуточные баллы мощности, экономичности, эффективного КПД, токсичности отдельно по компонентам: CO, CH, NO_x. Баллы рассчитывали усредненно как проценты отклонения параметров двигателя при работе на испытуемом дизельном топливе, прошедшем обработку устройством ММТ, относительно эталонного. Усреднение проводили по 20 режимам нагрузочных характеристик. Получены усредненные эффекты относительно базовых значений (%) (см. табл. 1).

Выявлено положительное влияние устройства ММТ на расход топлива, на эффективный КПД двигателя и на содержание в отработавших газах твердых частиц. Однако при этом наблюдается незначительный рост содержания в отработавших газах компоненты NO_x.

Рассчитанные баллы подтверждают интенсификацию сгорания топлива в случае установки устройства модификации. В режимах холостого хода эффект снижения расхода топлива превышает 10 %, а в нагрузочных режимах он снижается до 2–4 %. Кроме того, уменьшение расхода топлива приводит к увеличению коэффициента избытка воздуха, что иллюстрируется графиком на рис. 3.

Стендовые испытания модификаторов на бензиновом двигателе ВАЗ-2111

На рис. 4 приведены кривые изменения удельного расхода топлива двигателя на нагрузочной характеристике 2000 об./мин.

После завершения испытаний проведено точное взвешивание деталей двигателя. Из результатов весового анализа следует, что применение устройства ММТ приводит к уменьшению скорости износа элементов двигателя.

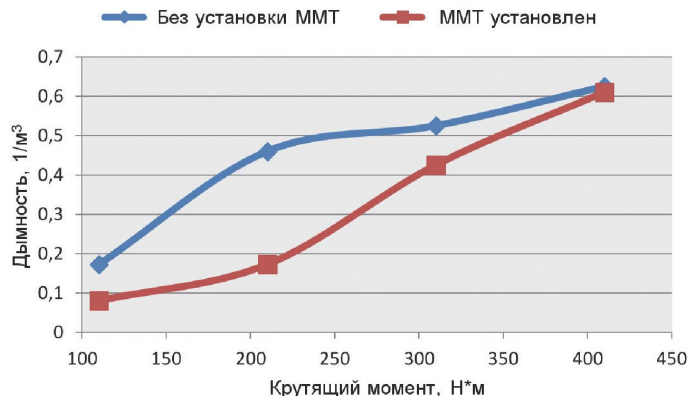
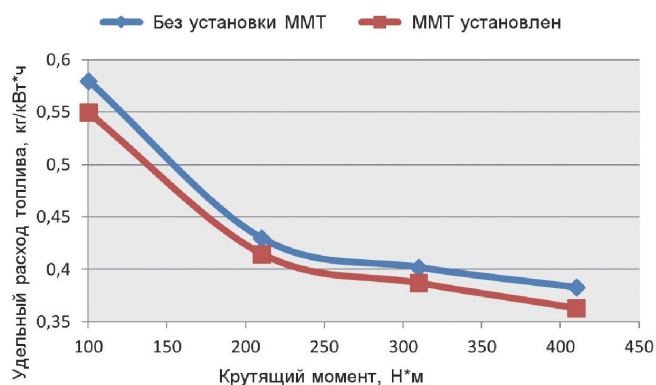


Рис. 2. Результаты стендовых испытаний двигателя ЯМЗ-238 на нагрузочной характеристике 1200 об./мин

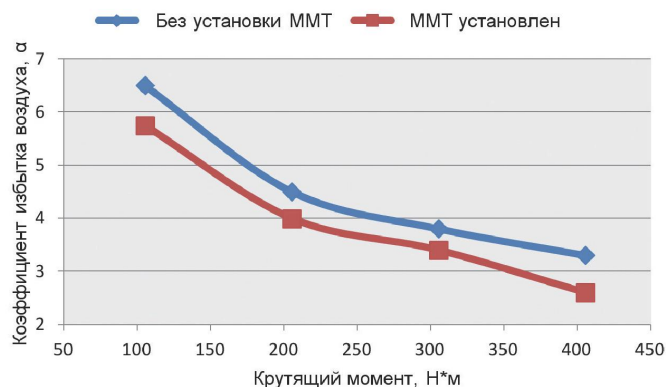


Рис. 3. Увеличение коэффициента избытка воздуха двигателя ЯМЗ-238 с модификатором

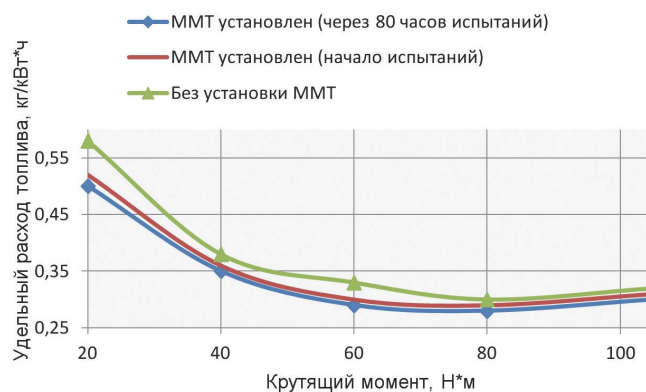


Рис. 4. Изменение удельного расхода топлива двигателя ВАЗ-2111 на нагрузочной характеристике 2000 об./мин

Таблица 1

Показатели	Расход топлива	Эффективный КПД	CO	CH	NO _x	Дым
Баллы	-6,2	+6,2	-5,4	-6,8	+5,3	-24,0

Таблица 2

Испытательный период	Расход топлива	CO	CH	NO _x	Мощность
Начало испытаний	-6,03	-7,97	-10,85	+4,02	+0,4
После 80-часового цикла	-8,11	-11,57	-15,70	+7,61	+2,03



Рис. 5. Свечи зажигания испытуемого (слева) и контрольного (справа) двигателей

Проанализировано изменение склонности топлива к образованию загрязнений двигателя при его работе с устройством ММТ. Осмотр показал снижение загрязнений элементов конструкций двигателей продуктами сгорания. На рис. 5 приведены фотографии свечей зажигания контрольного и испытуемого двигателей после наработки 80 моточасов.

Анализ результатов испытаний подтвердил, что устройство ММТ приводит к интенсификации предпламенных процессов в камере сгорания двигателя. После 80-часового цикла эти эффекты заметно усилились.

В ходе анализа влияния ММТ на работу двигателя оценивались промежуточные баллы мощности, экономичности, эффективного КПД, токсичности отдельно по компонентам CO, CH, NO_x. Усреднение проводилось по 27 режимам нагрузочных и внешней скоростной характеристике. В условиях длительных испытаний получены усредненные эффекты относительно базовых значений (%) (табл. 2)

В ходе испытаний выявлено усиление положительного эффекта работы устройства ММТ, вызванного непрерывной модификацией топлива при замыкании топливной системы через трубопровод обратного слива топлива на расходный бак.

Степень модификации топлива можно оценить, определив октановое число бензина в расходном баке экспериментальной установки. Оказалось, что модифицированный бензин имеет заметно меньшее октановое число, чем базовый образец, что свидетельствует о некоторой потере стабильности топлива. Косвенно этот факт подтверждается появлением детонации на режимах с максимальной нагрузкой после длительной работы двигателя с устройством ММТ.

Измерение октанового числа исследователем методом (ОЧИ) проводили на установке УИТ-65 согласно ГОСТ 8226. Получены следующие результаты: ОЧИ образца бензина АИ-95 – 93,2 единицы; ОЧИ образца модифицированно бензина – 92,3 единицы.

Таким образом, на основании результатов стендовых испытаний установки ММТ на ДВС можно сделать следующее заключение:

- результаты весового анализа контрольных элементов и визуальный анализ загрязненности рабочих поверхностей контрольного и экспериментального двигателей свидетельствуют о заметном снижении темпа загрязнения при применении устройства ММТ;

- во время ресурсных стендовых испытаний двигателя ВАЗ-2111 зафиксирована тенденция к уменьшению износа его деталей и к снижению темпа загрязнения цилиндро-поршневой группы и клапанов, отмечено уменьшение дымности дизельного двигателя; следовательно, применение технологии молекулярной модификации моторного топлива не приводит к уменьшению межремонтного ресурса дизельных и бензиновых двигателей внутреннего сгорания.

Эксплуатационные испытания модификаторов дизельного топлива

Эксплуатационные испытания устройств молекулярной модификации дизельного топлива переменным электрическим полем были проведены на различных автомобилях и подтвердили соответствие результатов стендовых и эксплуатационных испытаний, а также высокую эксплуатационную надежность изготовленных устройств.

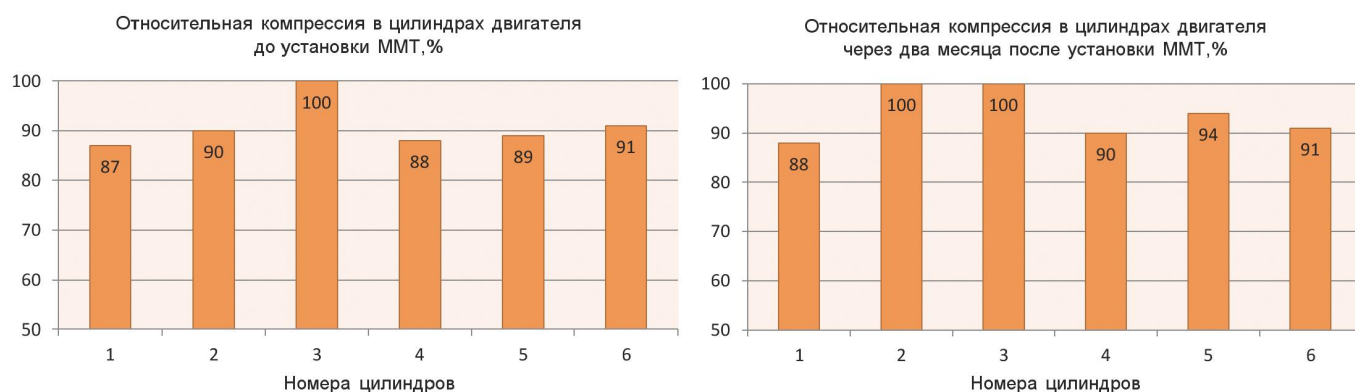



Рис. 6. Компрессия в цилиндрах двигателя автомобиля Volvo FH-12 до включения модификаторов (слева) и после работы с модификаторами (справа)

Таблица 3. Испытания ММТ на различных судах

Предприятие	Судно	Тип энергоустановки	Измеряемые параметры	Изменение (+/-)
ОАО «Вожское пароходство»	Теплоход «ОТ-5015»	Дизель-генератор 6ЧСПН-18/22 ДГР-100/750	Расход дизельного топлива	-10,9 %
			Температура отработавших газов	-10 °С по всем цилиндрам
ОАО «Московское речное пароходство»	Теплоход «Речной-63»	Дизель-генератор 6ЧСПН-18/22	Расход дизельного топлива	-10,8 %
ОАО «Мурманское морское пароходство»	Танкер-суэцмакс «Натали»	Дизель-генератор MAN B&W 7L23/30	Расход топлива IFO-380	-5 %
			Температура отработавших газов	-10 °С по всем цилиндрам
Судоходная компания MKTM Ltd.	Танкер-суэцмакс «Pride»	Котел Aalborg тип AQ-9,	Расход топлива IFO-380	-6,5 %
		Дизель-генератор Daihatsu 6DL-24 мощностью 820 кВт	Расход топлива IFO-380	-4,5 %
Судоходная компания Ost-West-Handel und Schiffahrt GmbH	Теплоход «Baltic Moon»	Вспомогательный паровой котел Mitsubishi производительностью 27500 кг/ч при P = 16 кг/см ²	Расход топлива IFO-380	-7 %
		Главный двигатель: Mitsui MAN B & W 6L 60 MCE, Ne = 7850 кВт, топливо IFO-380	Мощность	+3,3 %
			Скорость	+0,1 узла
			Частота вращения турбины	+100 об./мин

Выполнена оценка изменения компрессии в процессе эксплуатации двигателей с ММТ. Полученные результаты иллюстрируются диаграммами на рис. 6. Первоначально компрессия двигателя автомобиля Volvo FH-12 составляла 90,5%, после двух месяцев эксплуатации с ММТ она достигла 97 %.

Эксплуатационные испытания модификаторов топлива проводились не только на автомобильной технике, но и на тепловозах ТЭМ-2, судовых главных и вспомогательных двигателях, а также на котельных агрегатах. В табл. 3 приведены результаты испытаний модификаторов топлива на различных судах.

В заключение отметим, что срок окупаемости устройств ММТ зависит от интенсивности эксплуатации транспортного средства и конструкции модификатора [9]. Для простейших модификаторов, используемых на автомобильном транспорте (см. рис. 1), он составляет около шести месяцев. 

Литература

- Белый О. В., Искандеров Ю. М., Мурамович В. Г. и др. Увеличение энергоотдачи углеводородных топлив воздействием на них переменных электрических полей // Морские интеллектуальные технологии. 2009. № 3. С. 61–68.
- Мурамович В. Г., Анисимов П. Ф., Туев С. В. Улучшение физико-химических характеристик котельного мазута электрическими полями // Надежность и безопасность энергетики. 2011. № 15. С. 63–66.
- Мурамович В. Г., Анисимов П. Ф., Туев С. В. Повышение экономических и экологических характеристик энергетических установок морских судов // Эксплуатация мор. транспорта. 2012. № 2. С. 51–54.
- Мурамович В. Г., Анисимов П. Ф., Петухов В. В. и др. Повышение экономических и экологических характеристик судовых двигателей внутреннего сгорания // Судостроение. 2012. № 1. С. 38–39.
- Мурамович В. Г., Анисимов П. Ф., Туев С. В. Молекулярный модификатор

топлива как инструмент улучшения экономических и экологических показателей ДВС // Автомобильная промышленность. 2012. № 4. С. 26–28.

- Мурамович В. Г., Анисимов П. Ф., Туев С. В. Энергоэффективная технология молекулярной модификации углеводородного топлива электрическими полями // Энергобезопасность и энергосбережение. 2013. № 2. С. 25–29.
- Мурамович В. Г., Анисимов П. Ф., Туев С. В. Молекулярная модификация моторного топлива и ее влияние на характеристики и ресурс ДВС // Инженерный журнал с приложением: справочник. 2013. № 4 (193). С. 15–19.
- Каминский В. Ю., Мурамович В. Г. Молекулярная модификация жидкого ракетного топлива // Изв. Рос. акад. ракетных и артиллерийских наук. 2016. № 1 (91). С. 56–59.
- Анисимов П. Ф. Уменьшение себестоимости перевозок морским и речным транспортом за счет снижения топливной составляющей // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Морская техника и технология. 2016. № 3. С. 7–12.