

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА В КАЧЕСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА

В.А.Вагнер, А.М.Гвоздев (Алтайский государственный технический университет)

Автотранспорт является одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды. Величина ежегодного экологического ущерба от функционирования автотранспортного комплекса Российской Федерации достигает 1,5-2% валового национального продукта России.

Наиболее остро негативные последствия автотранспортной деятельности проявляются на городских территориях, характеризующихся интенсивным движением транспорта. Для населения, проживающего на таких территориях, существует реальная угроза здоровью в связи с загрязнением окружающей среды выбросами и отходами автотранспорта, а также сверхнормативным шумовым воздействием от транспортных потоков.

Одним из основных путей снижения негативного влияния автомобиля на экологию мегаполисов является использование экологически чистых альтернативных видов топлива.

Наиболее перспективным направлением по оценкам отечественных специалистов и ряда зарубежных компаний является разработка коммерческой технологии переработки природного газа в диметиловый эфир (ДМЭ), который по своим физико-химическим показателям близок к СУГ, но обладает высоким цетановым числом и может служить экологически чистой альтернативой дизельному топливу. Диметиловый эфир обладает уникальными в химотологическом отношении физико-химическими свойствами: испаряемость, воспламеняемость, высокое содержание связанного кислорода, отсутствие способствующих сажеобразованию при горении химических углеродо—углеродных связей и др. Как топливо диметиловый эфир интересен не только высокими экологическими характеристиками, но и довольно обширной сырьевой базой. Находящиеся в эксплуатации дизели могут быть приспособлены в качестве переходного варианта к работе на ДМЭ путем замены топливоподающей аппаратуры и регулировки ее применительно к двигателю, что позволит таким простым способом обеспечить бездымную работу и пониженный выброс оксидов азота.

Высокие экологические характеристики данного топлива подтверждены работами российских ученых МГТУ, МАДИ, НИИД, НАМИ и др. В частности, в Алтайском Государственном Техническом Университете и на ОАО «АЛТАЙ-ЛАДА» проводятся исследовательские работы по использованию ДМЭ в качестве добавки к дизельному топливу (ДТ). Были проведены эксперименты по переводу на смешанное топливо дизеля ВАЗ-341.

Испытания дизеля проводились на стенде ОАО «АЛТАЙ-ЛАДА». Непосредственно объект исследований — дизельный двигатель ВАЗ-341 — 4-тактный, 4-цилиндровый, рядный, вихрекамерный, размерностью 76×84 мм (рабочий объем 1,52 литра) с принудительной жидкостной системой охлаждения. Двигатель укомплектован масляным, топливным насосом высокого давления распределительного типа фирмы Bosch модели VE 4/8 F 2400 RTV 14136, форсунками фирмы Bosch KCA 30 S 50 с распылителями DNO4 SD24, давление начала открытия 15 МПа.

Испытания проводились с целью сравнения основных эффективных показателей при работе дизеля на топливах с добавкой ДМЭ и на традиционном ДТ. Также сравнивались показатели по дымности, NO_x , CO и CH .

Моторные испытания проводились методом снятия внешней скоростной и нагрузочных характеристик при оборотах двигателя 2500 и 4000 мин⁻¹. При проведении моторных испытаний на смесевых топливах выявилась необходимость подбора регулировок топливоподающей аппаратуры, вызванная падением мощности. Изменению подлежали угол опережения впрыска и давление начала впрыска форсунок. Критерий — достижение мощностных показателей, характерных для ДТ.

Моторные испытания показали возможность применения в дизеле топлив с долей ДМЭ до 30% без существенной модернизации существующей топливной аппаратуры. Эффективные показатели работы двигателя при этом практически не изменились. Величины приведенных в энергетическом отношении к ДТ удельных расходов смесевых топлив были примерно такими же или несколько лучше, как при работе двигателя на ДТ ($g_e = idem$). Отличия физико-химических свойств смесевых топлив от ДТ для сохранения мощностных показателей могут быть скомпенсированы настройкой параметров топливной системы.

Добавка в топливо ДМЭ резко снизила дымность отработавших газов на всех скоростных и нагрузочных режимах. Максимальное снижение по нагрузочной характеристике $n=4000\text{мин}^{-1}$ для топлив с 10, 20 и 30% ДМЭ в сравнении с ДТ — 15%, 37,5% и 70% соответственно. По нагрузочной $n=2500\text{мин}^{-1}$ соответственно 21%, 58% и 82,5%. Такие высокие относительные показатели снижения на режиме $n=2500\text{мин}^{-1}$ объясняются повышенным дымлением дизеля при работе на ДТ на данном скоростном режиме. Что вероятно связано с неоптимальностью настроек параметров топливной аппаратуры.

Концентрация NO_x снизилась на всех режимах, при которых проводились испытания. Максимальное снижение выбросов для топлив с 10, 20 и 30% ДМЭ по нагрузочной характеристике $n=4000\text{мин}^{-1}$ было 5,1%, 10,5%, 17,6% соответственно и для режима $n=2500\text{мин}^{-1}$ — 4,7%, 9,3%, 11%.

При переходе на смесевое топливо содержание $СН$ в отработавших газах заметно увеличивается. При работе на топливе с содержанием 10% ДМЭ по массе, рост выбросов углеводородов был незначительным. Увеличение доли ДМЭ в топливе вызвало увеличение в составе отработавших газов углеводородов. Причем наибольшие концентрации были на малых нагрузках. Далее с ростом нагрузки происходило некоторое снижение концентрации $СН$. По нагрузочной характеристике при $n=4000\text{мин}^{-1}$ концентрация $СН$ в отработавших газах сильно возросла. При содержании в смеси 30% ДМЭ концентрация $СН$ при максимальной нагрузке выросла на 27,4% по сравнению с ДТ. На малых же нагрузках показатели $СН$ по сравнению с ДТ были выше на 40%.

Использование топлива с 10% ДМЭ не привело к существенному изменению $СО$. Отмечен рост в среднем на 5...8%. Топливо с 30% ДМЭ вызвало повышение выбросов $СО$ на всех режимах. На малых нагрузках уровень $СО$ превышал эталонные выбросы на ДТ на 25...30%. Далее, с увеличением нагрузки, разница в содержании $СО$ в отработавших газах у смеси и ДТ сокращается, а при высоких нагрузках наблюдается резкий рост содержания $СО$ в отработавших газах. Разница с выбросами $СО$ на дизельном топливе при полной топливоподаче составляет для 2500мин^{-1} — 23%, при 4000мин^{-1} — 18,5%. На средних и больших нагрузках причиной образования $СО$ в основном является неполнота сгорания в переобогащенных топливом зонах топливовоздушной смеси. То есть, причины образования $СО$ на этих нагрузках те же, что и у сажи. Соответственно, из-за уменьшения образования сажи при использовании топлива с добавкой ДМЭ при недостатке внешнего окислителя в переобогащенных зонах начинает усиливаться процесс образования

оксида углерода, который не может быть окислен внутренним связанным кислородом молекул ДМЭ. На это указывает и то, что на режиме $n=2500\text{мин}^{-1}$ (максимального крутящего момента) уровень возрастания CO несколько выше, чем на $n=4000\text{мин}^{-1}$. При этом уровень снижения дымности ОГ имел противоположный характер. Рост содержания CO при малых нагрузках в основном можно объяснить относительно низкой температурой в камере сгорания.

На рисунке 1 представлены относительные показатели работы дизеля на традиционном дизельном топливе и на смесевых топливах (100% — показатели ДТ).

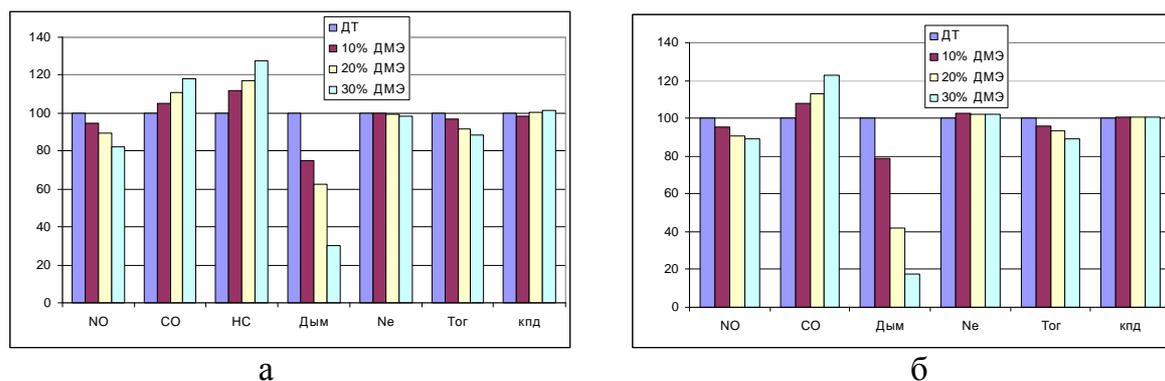


Рис. 1. Сравнительные показатели дизельного двигателя при работе на дизельном топливе и смесевых топливах: а - $n=4000\text{мин}^{-1}$, б - $n=2500\text{мин}^{-1}$

Изменение УОВ является простейшим средством воздействия на уровень токсичности вредных составляющих в ОГ. С уменьшением УОВ дымность ОГ и содержание CO в ОГ увеличивается, но при этом происходит снижение NO_x и CH в ОГ. Относительно низкие показатели дымности при добавке ДМЭ в ДТ позволяют организовать работу на меньших УОВ при некотором уменьшении мощностных и экономических показателей дизеля (по сравнению с оптимальным по мощности УОВ).

На рисунке 2 представлены относительные сравнительные показатели работы дизеля на ДТ и на топливе с 30% ДМЭ (на оптимальном по номинальной мощности УОВ и уменьшенном УОВ — -3^0 п.к.в.).

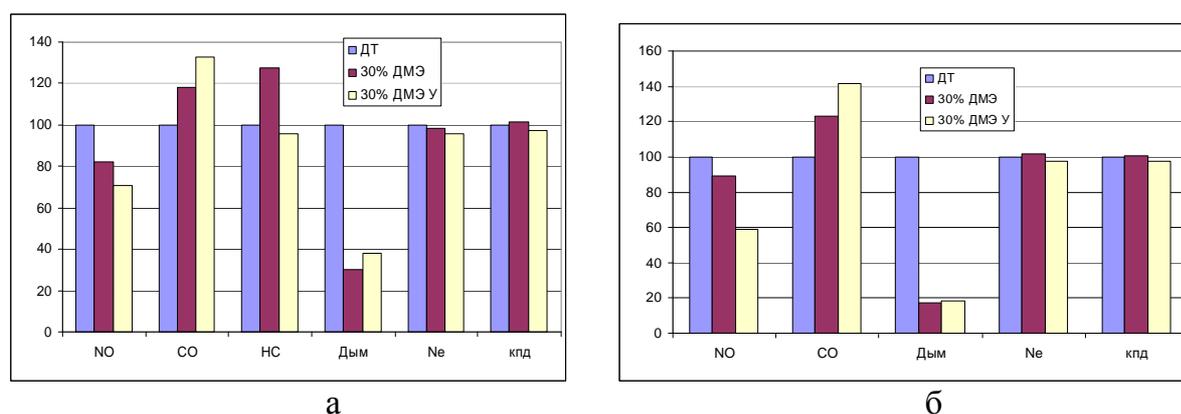


Рис. 2. Сравнительные показатели дизельного двигателя при работе на дизельном топливе с 30% ДМЭ: а - $n=4000\text{мин}^{-1}$, б - $n=2500\text{мин}^{-1}$

Анализируя графики, можно сказать, что работа двигателя при использовании топлива с 30% ДМЭ на УОВ — -3^0 п.к.в. от оптимального по мощности, позволяет при потере номинальной мощности и топливной экономичности в пределах 3-4% (от уровня ДТ) существенно снизить выбросы NO_x (30% — $n=4000\text{мин}^{-1}$; 40% — $n=2500\text{мин}^{-1}$ от уровня ДТ) при сохранении относительно низких уровней дымно-

сти. При этом концентрация $СН$ в ОГ приближается к уровню, характерному для ДТ. Однако, работа на меньшем УОВ привела к росту $СО$ в ОГ. При УОВ — 3^0 п.к.в. от оптимального по мощности уровень $СО$ в ОГ превышал аналогичный показатель дизельного топлива на 30...40%. При наличии средств снижения концентрации $СО$ в ОГ (нейтрализатор) можно рекомендовать при использовании смесевых топлив работу на меньших УОВ, в случаях, если необходимо снизить токсичность ОГ дизеля.

Таким образом моторные испытания показали:

– Возможность использования смесей с содержанием ДМЭ до 30% (включительно) с сохранением основных эффективных показателей без значительной переделки двигателя. Изменение свойств смесевого топлива можно скомпенсировать подбором регулировок топливной аппаратуры.

– Улучшаются экологические показатели дизеля с введением ДМЭ в топливо. Снижается дымность отработавших газов во всем диапазоне нагрузочных и скоростных режимов в 1,2...3 раза (соответственно 10 и 30% ДМЭ в смеси), снижается концентрация оксидов азота на 5...18% (при регулировках по оптимальной эффективной мощности).

Наши данные по экологическим показателям дизеля (дымность и содержание NO_x в ОГ) при применении ДМЭ согласуются с результатами исследований проведенных в МГТУ, МАДИ, НИИД, НАМИ и др. (картина по $СО$ и $СН$ выглядит не так однозначно). Но в целом, с точки зрения экологических аспектов безопасности, топлива на основе ДМЭ являются весьма привлекательными.

С точки зрения расширения сырьевой базы автомобильных топлив, ДМЭ несомненно повышает энергетическую безопасность страны. Его сырьевая база весьма обширна (во всяком случае, шире, чем у традиционных нефтяных топлив). Технические вопросы непосредственного применения на автомобиле ДМЭ могут быть успешно решены. О чем говорит опыт эксплуатации автомобилей, работающих на ДМЭ в г. Москве и за рубежом. Заправка, эксплуатация и техническое обслуживание, на первый взгляд, тоже не должны вызывать опасений. ДМЭ по своим физическим параметрам близок к пропан-бутановой смеси, при этом у нас в стране накоплен огромный опыт по безопасной эксплуатации и обслуживанию автотранспорта на подобном топливе. Но именно здесь могут возникнуть некоторые проблемы по широкому внедрению ДМЭ. И эти проблемы связаны с несовершенством нормативной базы с точки зрения безопасности обслуживающего персонала.

В настоящее время действуют (до 01.11.2010) «Санитарные правила для автотранспортного предприятия с топливозаправочным пунктом, осуществляющего заправку и эксплуатацию автомобилей на диметиловом эфире» (СП 2.2.1.2263-07) пункт 1.3. которых ограничивает их применение только г. Москва. Что уже само по себе сдерживает внедрение ДМЭ в стране. Сами же эти правила, по мнению авторов, практически не учитывают специфику ДМЭ. Об особенностях ДМЭ упоминается только «...не допускается, в связи с особенностями его физико-химических свойств (он тяжелее воздуха), устройство подземных сооружений...». Там же содержится требование «...при аварийной ситуации, связанной с его утечкой (ДМЭ), должны предусматриваться следующие мероприятия: устройство системы автоматического контроля газовой среды...». Однако согласно Гигиеническим нормативам ГН 2.2.5.1313-03 «Химические факторы производственной среды Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» ДМЭ относится к четвертому классу опасностей, что разрешает проводить замеры содержания ДМЭ в воздухе рабочей зоны периодически. А учитывая то, что димети-

ловый эфир это газ со слабовыраженным эфирным запахом (что затрудняет его определение в воздухе персоналом) является слабым наркотиком, угнетающе действующим на нервную систему, периодический контроль является неэффективным. Особо опасен прорыв паров ДМЭ в кабину водителя, что может привести к трагическим последствиям. Отсутствуют так же типовые инструкции и примерные программы инструктажей, учитывающие особенности ДМЭ для водителей и персонала. Можно привести и другие примеры, как несовершенства, так и отсутствия нормативной базы по безопасному применению диметилового эфира в качестве топлива.

Таким образом, диметиловый эфир являясь весьма перспективным топливом с точки зрения экологической безопасности, что подтверждается многочисленными исследованиями, может не получить преимуществ по сравнению с традиционными нефтяными топливами если не будет создана нормативная база по безопасному применению ДМЭ в качестве автомобильного топлива.

ВЛИЯНИЕ ОБВОДНЕНИЯ БИОЭТАНОЛА НА ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ТОКСИЧНОСТЬ ДВС С УНИФИЦИРОВАННЫМ РАБОЧИМ ПРОЦЕССОМ

Гарипов М.Д., Зиннатуллин Р.Ф., Сакулин Р.Ю. (Уфимский государственный авиационный технический университет);

В работах [1, 3] описан унифицированный рабочий процесс, который позволяет объединить лучшие качества двух существующих типов двигателей: топливную экономичность дизеля и удельную мощность бензинового ДВС. Потенциал снижения и закономерности эмиссии вредных веществ в условиях унифицированного рабочего процесса изучены на данный момент недостаточно.

Работы [2, 4, 6] доказывают, что наиболее оптимальным методом понижения уровня токсичности поршневого двигателя является обводнение топливо-воздушной смеси. Кроме того, в работах [5, 8, 9, 10] обосновывается возможность использования обводнённого этанола в качестве топлива для поршневого ДВС.

В работе [1] показано, что подход к смесеобразованию и воспламенению, заложенный в унифицированном рабочем процессе, позволяет воспламенять водные растворы этанола с большим содержанием воды единичным искровым разрядом, формируемым стандартной автомобильной системой зажигания [7].

Таким образом, целью работы является исследование возможности снижения токсичности в унифицированном рабочем процессе при увеличении содержания воды в водном растворе этанола без существенного снижения мощностных и экономических показателей двигателя.

Экспериментальный двигатель.

Унифицированный рабочий процесс реализован на базе четырехтактного дизельного двигателя Д-65Н. Геометрическая степень сжатия в серийном варианте равна 17,3, в экспериментальном варианте снижена до 12,5. На двигателе имеется возможность регулирования углов опережения зажигания и впрыска.

На рис. 1 представлена схема конструктивной реализации предлагаемого рабочего процесса. Топливо с небольшим количеством воздуха поступает в полость компрессор-форсунки, где происходит предварительная стадия смесеобразования - подогрев, дробление, перемешивание и частичное испаре-