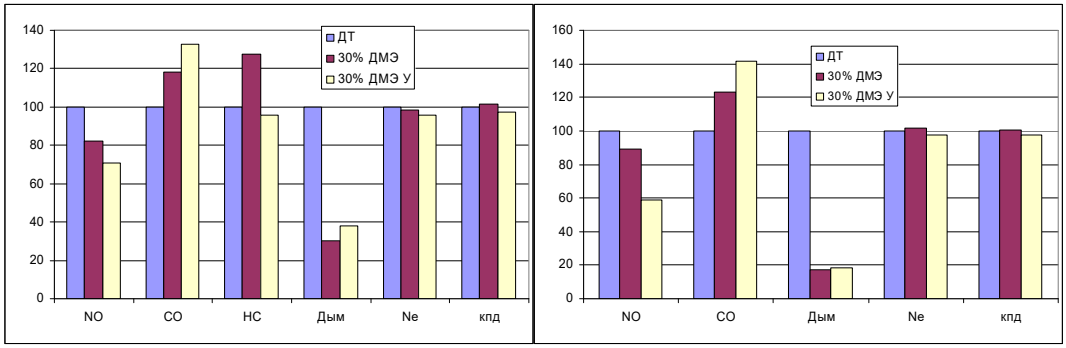
На рисунке 2 представлены относительные сравнительные показатели работы дизеля на ДТ и на топливе с 30% ДМЭ (на оптимальном по номинальной мощности УОВ и уменьшенном УОВ — -3^{0}п.к.в.).



а) б)

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

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=4000мин$^{-1}$; 40% — n=2500мин$^{-1}$ от уровня ДТ) при сохранении относительно низких уровней дымности. При этом концентрация СН в ОГ приближается к уровню, характерному для ДТ. Однако, работа на меньшем УОВ привела к росту *CO* в ОГ. При УОВ — -3^{0}п.к.в. от оптимального по мощности уровень *CO* в ОГ превышал аналогичный показатель дизельного топлива на 30…40%. При наличии средств снижения концентрации *CO* в ОГ (нейтрализатор) можно рекомендовать при использовании смесевых топлив работу на меньших УОВ, в случаях, если необходимо снизить токсичность ОГ дизеля.

РАЗРАБОТКА ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ «КАМАЗ», ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РАБОТУ ДВИГАТЕЛЯ НА ДИМЕТИЛОВОМ ЭФИРЕ

Акимов А. В., Шаров В. А. (ФГУП «НИИД»),
Грачёв А. Ю. (Департамент транспорта и связи Правительства Москвы)

ДМЭ является наиболее перспективным альтернативным топливом для дизелей. С точки зрения использования ДМЭ в качестве альтернативного моторного топлива для дизелей (цетановое число 55…60) он обладает уникальными химмотологическими и экологическими характеристиками. Условия его хранения, заправки, транспортировки и меры безопасности близки к сжиженным газам. ДМЭ можно отнести к разряду возобновляемых альтернативных топлив. Сравнение свойств ДМЭ и дизельного топлива показывает, что в связи с меньшей плотностью и теплотворной способностью (из-за содержания кислорода), а также из-за низких температуры кипения и вязкости ДМЭ традиционная топливная аппаратура дизелей требует определенной модернизации. В частности, низкая величина точки кипения ДМЭ обуславливает необходимость применения закрытой топливной системы и топливных баллонов, апробированных в системах сжиженного газа. Очевидно, что в топливной системе дизеля, работающего на ДМЭ, должно быть обеспечено герметичное уплотнение трубопроводов от баллонов до распылителей фор-

сунок при всех режимах эксплуатации транспортного средства, включая длительную стоянку, в том числе должно быть гарантировано предотвращение потерь при испарении.

В связи с меньшей плотностью и теплотворной способностью ДМЭ требует увеличения емкости баллонов для его хранения. Для преодоления одинакового расстояния емкость баллонов с ДМЭ должна быть в 1,7 раза больше, чем при работе на дизельном топливе.

ДМЭ не создает агрессивной среды, вызывающей коррозию металлов. Отмеченное незначительное влияние на резиновые изделия (увеличение объема) обуславливает необходимость внимательного подхода конструкторов и поиска более стойких к ДМЭ уплотняющих материалов (фторопласты, фторкаучук, полиамид).

Автомобили «КамАЗ» являются большегрузными автомобилями, осуществляющими перевозки на большие расстояния, в районы малонаселённые с достаточно благоприятной экологической обстановкой. Очевидно, что в этих районах не скоро появится сеть заправок ДМЭ. Поэтому для автомобилей «КамАЗ» была разработана двухтопливная система питания, которая позволяет работать как на дизельном топливе (ДТ), так и на ДМЭ.

Это достигается тем, что на дизельном топливе двигатель может работать как в адаптированной к использованию ДМЭ системе (которой дополнительно укомплектован автомобиль), так и со штатными комплектующими топливной системы: с серийными подкачивающим насосом и топливным насосом высокого давления. На автомобиле сохранён штатный бак для ДТ. Комплект топливной аппаратуры, обеспечивающий работу на ДМЭ и ДТ, включает дополнительное оборудование в системе низкого давления (располагается в технологическом отсеке) и доработанную систему высокого давления, установленную на двигателе. Дополнительная топливная аппаратура смонтирована на собственной раме и оснащена устройствами для заправки, подкачки, фильтрации и подачи топлива к двигателю, а также системой управления переключением вида топлива.

Система подачи топлива на автомобиле КамАЗ 65117

На основании проведенных исследований на безмоторном топливном стенде разработана принципиальная схема системы подачи топлива и определены комплектующие узлы и агрегаты, подлежащие проверке в эксплуатации (рис. 1).

Указанная система подачи топлива обеспечивает следующие режимы работы автомобиля:

1. Работа на ДМЭ с переходом без остановки двигателя на ДТ с помощью разработанной системы управления (на базе апробированной на автомобилях «Бычок» системы) посредством электромагнитных клапанов и кнопки на пульте водителя. Этот режим рекомендуется в тех случаях, когда работа на ДТ не предполагается очень длительной.
2. Длительная работа на ДТ (дальние рейсы, отсутствие ДМЭ) осуществляется с использованием полностью штатной системы топливоподачи. Участок системы, осуществляющий адаптации двигателя к работе на ДМЭ, отключается. Для отключение ДМЭ и в целях обеспечения безопасности (исключение попадания ДМЭ в систему подачи ДТ) на автомобиле установлены ручные шаровые краны (поз. 4). Переход на режим длительной работы на ДТ осуществляется при неработающем двигателе.

Основные комплектующие элементы

Электромагнитный клапан. Электромагнитные клапаны предназначены для обеспечения работы двигателя на двух топливах.

Газобаллонная аппаратура. В комплекте аппаратуры для автомобиля «КамАЗ» использованы два баллона объемом 190 л каждый с доработанными мультиклапанами типа «САГА-6», обеспечивающими их заправку. Баллоны укомплектованы нижним отбором топлива, фильтром грубой очистки и скоростным клапаном.

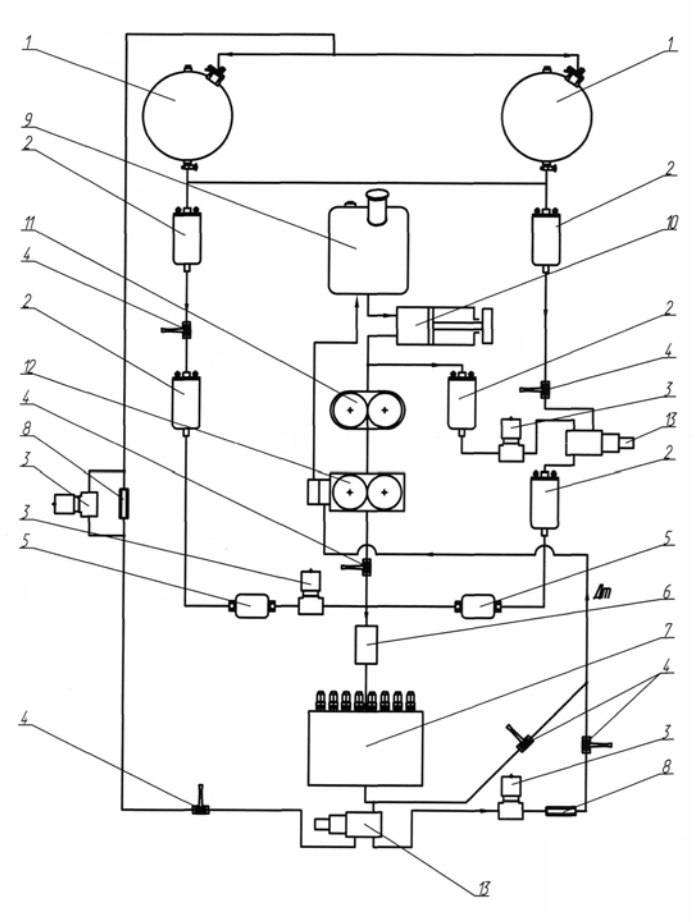


Рис. 1. Принципиальная схема топливной системы автомобиля «КамАЗ»: 1 – баллон с ДМЭ; 2 – подкачивающий насос с электроприводом; 3 – клапан электромагнитный дополнительный; 4 – кран ручной; 5 – фильтр; 6 – демпфер; 7 – топливный насос высокого давления; 8 – клапан нагнетательный; 9 – бак с дизельным топливом; 10 – штатный ручной топливоподкачивающий насос; 11 – штатный топливоподкачивающий насос; 12 – штатный фильтр тонкой очистки; 13 – клапан электромагнитный трёхходовой.

Ультразвуковой измеритель уровня топлива. Наиболее распространенным устройством, применяемым для измерения уровня топлива, является поплавковый механизм. Поплавок находится на поверхности жидкости, перемещается по мере расходования или поступления жидкости и после преобразования сигнала перемещения во вторичном приборе обеспечивает показания указателя уровня. При замене поплавкового механизма (в случае выхода его из строя) необходимо частично демонтировать топливный бак.

При работе двигателя на сжиженном газе (пропан – бутан) баллон с топливом находится под давлением и при сообщении с атмосферой (при ремонте поплавкового механизма) топливо переходит в газообразное состояние и уходит в атмосферу, усугубляя экологическую и пожарную опасность эксплуатации транспортных средств на сжиженных топливах.

Аналогичная проблема возникает и при работе на диметиловом эфире. Кроме того, ряд серийно выпускаемых поплавков взаимодействует с диметиловым эфиром и частично растворяется или теряет плавучесть (тонет). Проблема решается при применении измерителя уровня на основе ультразвуковых технологий, когда датчик крепится снаружи к днищу баллона (топливного бака), а детали прибора не имеют контакта с жидкостью, уровень которой в баллоне он отслеживает.

Ультразвуковой излучатель (датчик) располагается внизу баллона на наружной его поверхности. Электронный блок управления осуществляет управление процес-

сами измерения уровня и заправки баллона топливом, прекращая ее при достижении регламентированного уровня посредством электромагнитного клапана.

Аналог описанного прибора для измерения уровня жидкости на основе ультразвуковых технологий был разработан ранее группой энтузиастов в г. Саратове и назван «АТЭЛ-1».

При адаптации автомобилей к работе на ДМЭ прибор «АТЭЛ-1» был доработан и установлен на находящиеся в эксплуатации автомобили – рефрижераторы ЗИЛ 5301 «Бычок» и «КамАЗ». По результатам эксплуатации в автохозяйстве ГУП «Мосавтохолод» схема прибора была модернизирована с заменой комплектующих и адаптацией к скорости распространения звуковых колебаний в среде жидкого ДМЭ, а также к напряжению бортовой сети автомобиля «КамАЗ» (24 В).

Принцип работы прибора заключается в следующем. Ультразвуковой датчик, прикрепленный к днищу баллона, периодически излучает зондирующий импульс, направленный вертикально вверх, после чего ждет приема отраженного от поверхности топлива (поверхности раздела жидкой и паровой фазы сжиженного газа) эхо-сигнала. Измерительный блок фиксирует эхо-период, т.е. период времени между моментом излучения зондирующего импульса и приемом отраженного. В зависимости от величины эхо-периода измерительный блок БИ-1 выдает на указатель уровня топлива электрический сигнал, соответствующий текущему уровню топлива в баке. Электронный блок содержит микроконтроллер, производящий обработку сигнала. Программные средства позволяют учесть форму и размеры баллона или бака, а также обеспечить сопряжение со шкалой любого автомобильного показывающего прибора. На электронном блоке установлены светодиодные сигнализаторы включения и индикатор остатка топлива 15 и 5%.

Измеритель уровня топлива «АТЭЛ-1» (рис. 2) работает от автомобильной бортовой сети. Прибор обеспечивает также отключение заправочного электромагнитного клапана при достижении регламентированного предельного уровня топлива (ДМЭ или сжиженного газа). «АТЭЛ-1» может быть применен для всех видов жидкого топлива при соответствующей градуировке, учитывающей скорость распространения звука в конкретном виде топлива.

Рис. 2. Измеритель уровня топлива «АТЭЛ-1».

По нашему мнению, в будущем этот прибор для измерения уровня топлива и управления заправкой (в силу его очевидных преимуществ перед поплавковыми механизмами) найдет широкое применение в автомобильной промышленности и смежных отраслях техники.

Компоновка комплекта топливной аппаратуры на автомобиле. Компоновка изотермического кузова с отсеком для установки комплекта топливной аппаратуры, обеспечивающей работу на двух топливах для автомобиля- рефрижератора КамАЗ 65117, прошла предварительные согласования с разработчиком кузова – ООО «Автоцентр фургон» и пользователем – ГУП «Мосавтохолод». Комплект включает дополнительное оборудование в системе низкого давления (располагается в технологическом отсеке) и доработанную систему высокого давления, установленную на двигателе.

Рис. 3. Рама с установленными баллонами, элементами линии низкого давления и системой управления.

Дополнительная топливная аппаратура (рис. 3, 4) смонтирована на собственной раме и оснащена устройствами для заправки, подкачки, фильтрации и подачи топлива к двигателю, а также системой управления переключением вида топлива. Рама с аппаратурой вставляется в отведенный для нее отсек на салазках и закрепляется болтами без применения сварочных или других механических подгоночных работ, затрагивающих кузов. Для облегчения обслуживания и ремонта установка может на своих салазках выкатываться из отсека на величину 800…1200 мм. Автомобиль (рис. 5) проходит в ГУП «Мосавтохолод» эксплуатационные испытания, по результатам которых будет производиться дальнейшее совершенствование системы.

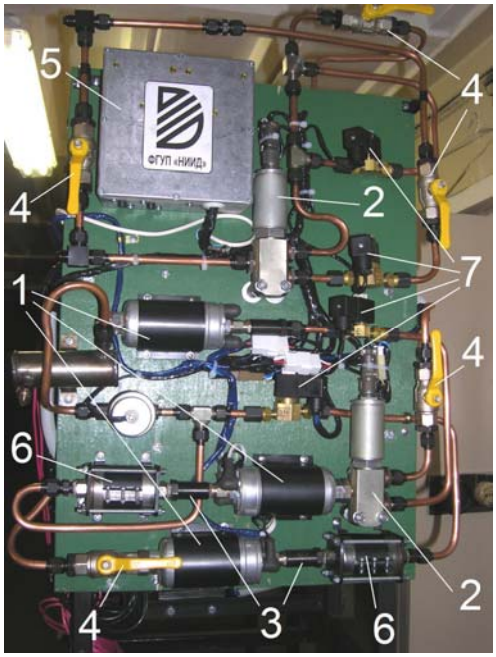


Рис. 4. Оборудование линии низкого давления и блока управления: 1 – подкачивающие электронасосы «BOSCH»; 2 – трехходовые электромагнитные клапаны; 3 – клапаны нагнетательные; 4 – шаровые ручные краны; 5 – блок управления; 6 – фильтр тонкой очистки топлива; 7 – дополнительные клапаны.

Рис. 5. Автомобиль КамАЗ 65117.