

УДК 621.436.03

## О СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

М. В. Мазинг, к. т. н., ст. науч. сотр. / Г. Г. Тер-Мкртчян, д. т. н., проф. / Е. Е. Старков  
ФГУП «НАМИ»

Расширенное применение с начала девяностых годов топливной аппаратуры нового поколения с микропроцессорным управлением и высоким уровнем давлений впрыскивания, вызванное всё возрастающими требованиями к уровню энергетических, экономических и особенно экологических показателей современных двигателей внутреннего сгорания, является революционным изменением в технологии современного дизелестроения. Такой тип аппаратуры на сегодняшний день преобладает на современных дизельных двигателях, и её выпуск постоянно растёт. Доля аппаратуры нового поколения, выпущенная фирмой Bosch, только за первые пять лет XXI века выросла до 80 % при общем увеличении объёмов её выпуска на 65 %. Результаты проведённых в ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» исследований свидетельствуют о том, что более 80 % двигателей средних и тяжёлых грузовых автомобилей комплектуются топливными системами нового поколения [1].

К аппаратуре нового поколения относятся системы с механическим приводом насосных секций (насосы-форсунки и индивидуальные топливные насосы), аккумуляторные топливные системы непрямого действия с гидроприводными насосами-форсунками типа HEUI и аккумуляторные системы прямого действия типа Common Rail (рис. 1). В этих системах золотниковый способ дозирования топлива и механическая система регулирования заменены дозированием электроприводными клапанами, управляемыми микропроцессорным блоком. Благодаря переходу к клапанному способу дозирования резко расширились возможности управления процессом топливоподачи.

Наиболее перспективными с точки зрения выполнения жёстких требований по выбросам вредных веществ, уровню шума и топливной экономичности являются ак-

кумуляторные системы топливоподачи типа Common Rail, которые активно вытесняют традиционную аппаратуру импульсного впрыскивания. Их главные функциональные преимущества заключаются в максимально возможной по сравнению с другими типами топливной аппаратуры управляемости процессом топливоподачи, то есть в создании оптимальных для каждого режима работы двигателя момента начала, продолжительности, формы характеристики, фаз и давления впрыскивания, включая управляемый многофазный процесс впрыскивания. Эти преимущества обеспечены благодаря разделению во времени процессов создания энергии впрыскивания, дозирования и впрыскивания топлива, вследствие чего они не оказывают неблагоприятного воздействия друг на друга [2].

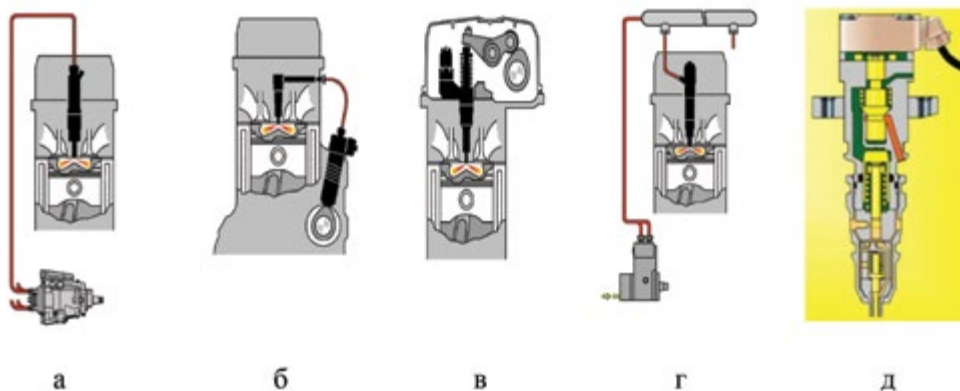


Рисунок 1. Топливная аппаратура современных дизелей:  
а – традиционного типа; б – индивидуальный ТНВД с электромагнитным клапаном (ЭМК); в – насос-форсунка с механическим приводом и ЭМК; г – система типа Common Rail; д – система типа HEUI



Рисунок 2. Порядок разработки и постановки продукции на производство

Сочетание аккумуляторной системы с электрогидравлическими форсунками (или электрогидроприводными насосами-форсунками) и электромагнитными клапанами позволяет регулировать давление впрыскивания в любом режиме работы двигателя и управлять самой характеристикой впрыскивания топлива, числом и фазами отдельных доз топлива за рабочий цикл, что значительно расширяет возможности управления рабочим процессом двигателя.

Для выполнения экологических норм «Евро-5» и выше применение для дизелей систем Common Rail благодаря их специфическим характеристикам становится практически обязательным [3].

Аккумуляторные системы серийно выпускаются немецкими фирмами Robert Bosch и Continental Trading GmbH, которой компания Siemens передала производство систем CRS (Common Rail Siemens), японскими фирмами ZEXEL и Nippon Denso, организацией Delphi Diesel Systems, входящей в международный концерн Delphi, швейцарскими фирмами DUAP и Liebherr. Системы Common Rail фирмы Bosch устанавливаются на дизельные двигатели нового поколения практически всех фирм и производителей (в основном европейских и азиатских компаний). Компания Delphi является поставщиком систем DCR (Delphi Common Rail) для дизелей, выпускаемых фирмами Renault/Nissan, PSA, Hyundai/Kia, Ford и др. В России аппаратура типа Common Rail производства ОАО «ЯЗДА» и ЗАО «АЗПИ» устанавливается на автомобильных дизелях ЯМЗ-656 [4].

Серийно выпускаемые ведущими зарубежными фирмами аккумуляторные топливные системы Common Rail при практически одинаковой принципиальной схеме и близком характере управления топливоподачей различаются главным образом конструктивным исполнением и принципами работы топливных насосов высокого давления и электрогидравлических форсунок с электроприводными управляющими клапанами.

Такое различие в конструктивном исполнении основных компонентов систем Common Rail, в частности электрогидравлических форсунок, разработанных и серийно выпускаемых разными фирмами, свидетельству-



Рисунок 3. Группы испытаний топливной аппаратуры

ет о том, что эти системы находятся в стадии развития и их оптимальная конструкция и принцип работы основных компонентов этих систем ещё окончательно не установились. Кроме того, сами конструкции топливных систем одного разработчика постоянно совершенствуются, и принцип их работы иногда существенно меняется. Совершенствование систем Common Rail, вызванное ужесточением экологических норм, является наиболее динамично развивающимся направлением в современном двигателестроении.

Несмотря на различия в конструктивном исполнении топливной аппаратуры, для её потребителей важной является возможность взаимозаменяемости аппаратуры разных производителей, то есть унификация основных компонентов дизельной топливной аппаратуры по габаритным и присоединительным размерам и рабочим характеристикам. Это обеспечивается благодаря признанию всеми производителями требований международных и национальных стандартов, то есть стандартизации топливной аппаратуры.

В соответствии с принятым в Российской Федерации стандартом, регламентирующим порядок разработки продукции производственно-технического назначения и её постановки на производство ГОСТ Р 15.201–2000, процесс разработки и постановки продукции на производство включает в себя три этапа (рис. 2): 1 — разработку технического задания; 2 — проведение опытно-конструкторской работы; 3 — постановку на производство.

На втором этапе разработки продукции производственно-технического назначения и её постановки на производство предусмотрены испытания опытных образцов. Испытания проводятся с целью оценки соответствия компонентов топливной системы и топливной системы в целом требованиям технического задания, стандартов и технической документации, а также для уточнения степени их проработки и оптимизации.

Глобально испытания делятся на четыре группы [5] (рис. 3). К первой относятся обкаточные, регулировочные и контрольно-сдаточные испытания, которым подвергается ТПА в заключительной стадии технологического процесса на заводе-изготовителе. Вторая груп-

па включает испытания ТПА на ремонтно-технических станциях, в сервисных центрах и других организациях, занимающихся ремонтом и техническим обслуживанием ТПА в процессе её эксплуатации. К третьей группе относятся испытания по подготовке и проведению специальных исследований ТПА в лабораторных условиях. Четвёртая группа охватывает испытания ТПА, проводимые на заводах-изготовителях с целью периодической проверки качества её изготовления и сертификации, а также приёмочные испытания ТПА новых и модернизированных конструкций.

В связи с организацией собственного производства топливной аппаратуры нового поколения и массовым использованием такой аппаратуры зарубежного производства на эксплуатируемых в России автомобильных дизелях остро встаёт вопрос о её сертификации.

В области международной стандартизации ведущей является образованная в 1946 году Международная организация стандартизации — ИСО (International Organization for Standardization — ISO), в работе которой участвуют более 150 стран. По дизельной топливной аппаратуре разработано и введено в действие более сорока стандартов ИСО, требования которых полностью или частично включены в национальные стандарты. Действие указанных стандартов распространяется в основном на топливную аппаратуру традиционного типа [6].

С появлением аппаратуры нового поколения в европейском сообществе разработаны и уже несколько лет действуют стандарты ИСО по терминологии и габаритным и присоединительным размерам насосов высокого давления и форсунок системы Common Rail (рис. 4).

Часть стандартов ИСО по испытательному оборудованию и методам испытаний (по калибровочной жидкости, требованиям к чистоте оборудования и стендам для топливных насосов и стендовым топливопроводам) распространяется и на испытания компонентов этой системы. Однако нет данных о международной стандартизации оборудования и методов испытаний топливных насосов и электрогидравлических форсунок системы Common Rail. В то же время многими фирмами, специализирующимися в области испытательного оборудования (Bosch, Hartridge, Delphi, Rabotti Unitec

и др.), для испытаний и регулировок системы Common Rail в целом и составляющих её компонентов разработано множество однотипных стендов и установок, а также приставок к обычным стендам. Основным отличием этого испытательного оборудования является обеспечение тестового микропроцессорного управления.

Содержащиеся в действующем в настоящее время техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), разработанном на основе аналогичного документа РФ, требования к дизельной топливной аппаратуре представлены в форме требований к определяющим работу аппаратуры топливным насосам высокого давления, топливоподкачивающим насосам, плунжерным парам, форсункам и распылителям форсунок. Согласно приложению № 10, п. 82, «рабочие характеристики» указанных компонентов топливной аппаратуры и «их отклонения от заданных значений должны соответствовать установленным требованиям и обеспечивать безотказную работу и выполнение экологических требований к двигателям, для которых они предназначены».

Эти требования, по которым должна производиться сертификация, носят качественный и в основном эксплуатационный характер и не устанавливают конкретных требований к конструкции и техническим параметрам топливной аппаратуры.

Для проведения сертификации утверждён перечень действующих государственных стандартов по дизельной топливной аппаратуре, устанавливающих основные требования к техническим параметрам и габаритным и присоединительным размерам топливных насосов высокого давления, форсунок и распылителей форсунок, топливоподкачивающих насосов. В дополнение к государственным стандартам сертификация дизельной топливной аппаратуры может проводиться на соответствие требованиям утверждённых технических условий на данную продукцию, согласованных с потребителем и соответствующих отечественным и международным стандартам.

Действующие в РФ и странах Таможенного союза государственные стандарты распространяются на топливную аппаратуру старого поколения, постепенно снимаемую с производства в качестве не соответствующей перспективным требованиям, и лишь частично применимы к топливной аппаратуре типа Common Rail, производство которой осваивается в нашей стране.

Несмотря на отсутствие в настоящее время отечественных стандартов на аккумуляторную топливную аппаратуру, её сертификационные испытания возможно проводить на соответствие отдельным положениям действующих ГОСТов и техническим условиям на компоненты такой аппаратуры.

Принцип работы аккумуляторной аппаратуры значительно отличается от принципа работы традиционной дизельной аппаратуры с механическим управлением,



Рисунок 4. Стандарты ИСО по топливной системе Common Rail

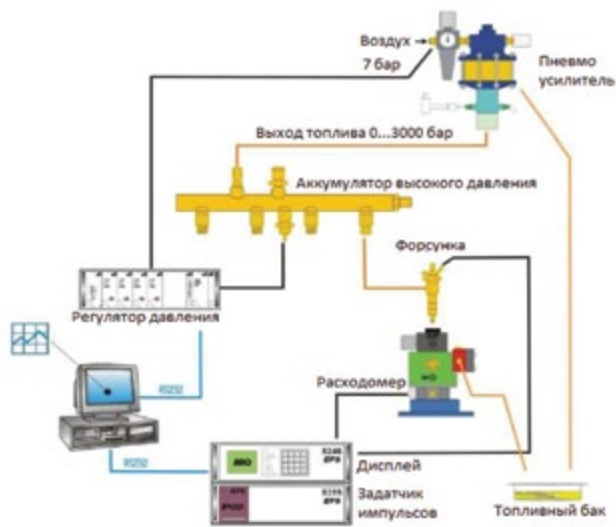


Рисунок 5. Схема безмензурочной системы измерения цикловой подачи стэнда для испытаний систем Common Rail

вследствие чего для её испытаний необходимы специальное оборудование и приборы.

Основу этого оборудования составляет стэнд для испытаний и регулировок топливной аппаратуры, отвечающий ГОСТ 10578–95 и стандартам ИСО группы 4008. Для управления электроприводными клапанами топливного насоса и электрогидравлических форсунок стэнд оборудован генератором управляющих электрических сигналов с необходимым программным обеспечением системами безмензурочного измерения расхода топлива за один цикл (рис. 5), взаимосвязанными с системой управления подачей топлива.

Для безмоторных исследований и испытаний аккумуляторной топливоподающей системы базовыми являются стэнды моделей EFS 8178, EFS 8241, AC 600, EPS 807 и МАК-TEST 1026, имеющие возможность испытывать все типы топливных систем аккумуляторного типа [7].

Основными оценочными характеристиками аккумуляторной топливной аппаратуры при сертификационных испытаниях являются:

- габаритные и присоединительные размеры компонентов аппаратуры;
- производительность топливного насоса при заданных значениях частоты вращения приводного вала и давления в топливном аккумуляторе;
- энергетические затраты на привод ТНВД и управляющих клапанов;
- производительность форсунок при заданных значениях продолжительности управляющего импульса и давления в топливном аккумуляторе и идентичность работы форсунок одного комплекта;
- расход топлива на управление форсунками;
- минимально возможная величина стабильной цикловой подачи;

- качество распыливания топлива форсунками;
- герметичность компонентов аппаратуры.

Сложившееся положение требует ускоренной разработки новых отечественных стандартов и пересмотра действующих государственных стандартов на дизельную топливную аппаратуру с учётом серийно выпускаемых изделий нового поколения путём включения в эти документы (полностью или частично) положений стандартов ИСО.

В первую очередь представляются необходимыми:

- разработка стандартов на габаритные и присоединительные размеры топливных насосов высокого давления, форсунок и других компонентов системы Common Rail с учётом имеющихся стандартов ИСО или путём их прямого введения;
- разработка стандартов на методы испытаний, контроля и регулировки системы Common Rail и её компонентов с учётом стандартов ИСО, существующей зарубежной и отечественной практики и на основе проведения собственных НИОКР по созданию оборудования и методов контроля;
- разработка на основе ГОСТ 10578 и ГОСТ 10579 стандартов по общим техническим условиям на топливные насосы высокого давления, форсунки и другие компоненты систем Common Rail или дополнение указанных стандартов требованиями к насосам и форсункам Common Rail.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тер-Мкртчян Г. Г., Мазинг М. В. Современное состояние и перспективы развития топливной аппаратуры автотракторных дизелей // Двигателестроение. — 2014. — № 1. — С. 30–35.
2. Тер-Мкртчян Г. Г., Мазинг М. В. Развитие дизельной топливной аппаратуры на современном этапе // Грузовик. — 2014. — № 12. — С. 2–6.
3. Тер-Мкртчян Г. Г., Демидов А. А., Старков Е. Е. Комбинированные аккумуляторные системы с мультипликаторами давления — новый этап развития топливной аппаратуры дизелей грузовых автомобилей // Труды НАМИ: сб. науч. ст. — М., 2013. — Вып. № 255. — С. 86–110.
4. Мазинг М. В., Курманов В. В. Топливная аппаратура для автомобильных дизелей экологического класса IV // Труды НАМИ: сб. науч. ст. — М., 2013. — Вып. № 252. — С. 32–41.
5. Тер-Мкртчян Г. Г., Грехов А. В., Денисов А. А., Старков Е. Е. Анализ методик определения характеристики впрыскивания при испытаниях дизельной топливной аппаратуры // Труды НАМИ: сб. науч. ст. — М., 2014. — Вып. № 259. — С. 162–173.
6. 43.060.40 Топливные системы: каталог стандартов ИСО [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iso.org/iso/ru/home/store> (дата обращения: 02.06.2015).
7. Грехов А. В., Тер-Мкртчян Г. Г., Денисов А. А., Старков Е. Е. Методика определения характеристики впрыскивания измерителем НАМИ-МГТУ при испытаниях дизельной топливной аппаратуры // Труды НАМИ: сб. науч. ст. — М., 2014. — Вып. № 258. — С. 115–135.