

## ДИЗЕЛЬНАЯ ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Тер-Мкртичян Г.Г.<sup>1,2</sup>, Мазинг М.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт (НАМИ)» (125438, г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2), e-mail: georg@nami.ru;

<sup>2</sup>Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64)

---

Проведен анализ применения топливной аппаратуры нового поколения с микропроцессорным управлением на современных автомобильных дизелях. Показано, что новая аппаратура является преобладающей на 80% среди двигателей средних и тяжелых грузовых автомобилей. Массовое применение топливной аппаратуры нового поколения создаёт проблему унификации аппаратуры разных производителей по габаритным и присоединительным размерам и рабочим характеристикам. Действующие международные стандарты распространяются в основном на аппаратуру традиционного типа, отечественные стандарты на аппаратуру нового поколения отсутствуют. Проведенный анализ стандартов ИСО и ГОСТов по дизельной аппаратуре определил необходимость разработки новых государственных стандартов с учётом серийно выпускаемых изделий нового поколения и новых стандартов ИСО.

Ключевые слова: дизель, топливная аппаратура, аккумуляторная топливная система, стандартизация аппаратуры, стандарты ИСО, государственный стандарт.

## DIESEL FUEL EQUIPMENT OF NEW GENERATION AND PROBLEM OF ITS STANDARDIZATION

Ter-Mkrtichian G.G.<sup>1,2</sup>, Mazing M.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State research Centre of Russian Federation – “Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute (NAMI)” (2, Avtomotornaya st., Moscow, 125438, Russia), e-mail: georg@nami.ru;

<sup>2</sup>Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI) (64, Leningradsky prosp., Moscow, 125319, Russia)

---

The analysis of the application of new generation with microprocessor management on modern automobile diesels is carried out. It is shown that the new equipment is prevailing for 80% of engines of averages and heavy trucks. Mass use of the fuel equipment of new generation creates a problem of unification of the equipment of different software producers to the overall and connecting dimensions and performance data. The existing international standards extends generally on the equipment of traditional type, domestic standards on the equipment of new generation are absent. The carried-out analysis of the ISO standards and state standard specifications determined need of development of new state standards taking into account serially let out products of new generation and the ISO new standards by the diesel equipment.

Keywords: diesel, fuel injection equipment, Common Rail system, standards of ISO and state standards.

С каждым годом законодательные нормативы по ограничению выбросов вредных веществ дизелей становятся более жесткими. Управление процессами впрыска, распыливания топлива и параметрами воздушного заряда в цилиндре, а именно температурой, давлением, скоростью движения в камере сгорания, а в перспективе и степенью сжатия позволяет снижать содержание вредных выбросов в отработавших газах при максимально возможном улучшении экономических и энергетических показателей [3].

По оптимизации и улучшению рабочего процесса в цилиндре дизеля существует ряд основных мероприятий: многофазный впрыск, управление формой характеристики и моментом начала впрыска топлива, обеспечение рециркуляции отработавших газов,

уменьшение интенсивности воздушного вихря в камере сгорания, повышение давления впрыска, качества распыливания топлива и улучшение формы струй [4; 10]. Весомая часть способов совершенствования дизелей в целях улучшения их экологических показателей относится к топливоподаче и топливоподающей аппаратуре [5].

Применение на современных дизельных двигателях топливной аппаратуры нового поколения с микропроцессорным управлением вызывает необходимость унификации аппаратуры разных производителей по габаритным и присоединительным размерам и рабочим характеристикам. Действующие международные стандарты распространяются в основном на аппаратуру традиционного типа, отечественные стандарты на аппаратуру нового поколения отсутствуют. Проведенный анализ стандартов ИСО и ГОСТов по дизельной аппаратуре определил первоочередные мероприятия по разработке новых государственных стандартов с учётом серийно выпускаемых изделий нового поколения и стандартов ИСО.

### **Современное состояние проблемы**

На современных дизельных двигателях топливная аппаратура нового поколения с микропроцессорным управлением активно вытесняет аппаратуру традиционного типа, и её выпуск постоянно растёт. По исследованиям ГНЦ РФ «НАМИ», более 80% двигателей средних и тяжелых грузовых автомобилей комплектуются топливными системами нового поколения [5-7].

Это системы с механическим приводом насосных секций и электронным управлением (насос-форсунки и индивидуальные топливные насосы), аккумуляторные топливные системы непрямого действия с гидроприводными насос-форсунками типа HEUI и аккумуляторные системы прямого действия типа Common Rail (рис. 1). Наиболее перспективными с точки зрения выполнения жестких требований по выбросам вредных веществ, уровню шума и топливной экономичности являются аккумуляторные системы топливодачи типа Common Rail [5; 8].

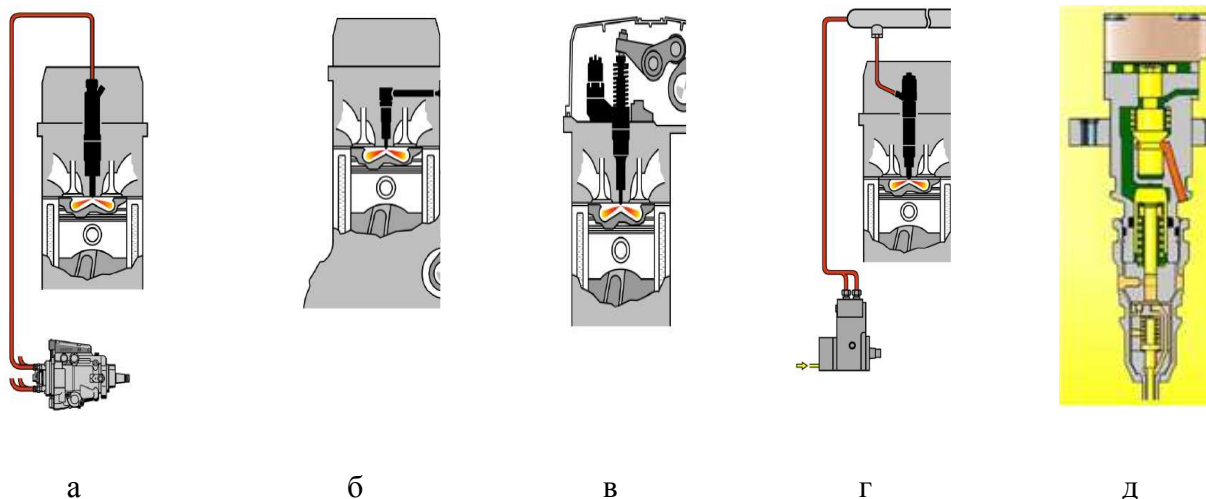


Рис. 1. Топливная аппаратура современных дизелей:

- 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.

Аккумуляторные системы серийно выпускаются немецкими фирмами Robert Bosch и Continental Trading GmbH, которой фирма Siemens передала производство систем CRS (Common Rail Siemens); японскими фирмами ZEXEL и Nippon Denso; фирмой Delphi Diesel Systems, входящей в международный концерн Delphi; швейцарскими фирмами DUAP и Liebherr. В России аппаратура типа Common Rail совместного производства ОАО «ЯЗДА» и ЗАО «АЗПИ» устанавливается на автомобильных дизелях ЯМЗ-656 [2].

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

Несмотря на различия в конструктивном исполнении топливной аппаратуры, для её потребителей важным является возможность взаимозаменяемости аппаратуры разных производителей, т.е. 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, т.е. стандартизации топливной аппаратуры.

#### **Положение со стандартизацией дизельной аппаратуры**

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 40 стандартов ИСО, требования которых полностью или частично включены в национальные стандарты. Действие указанных стандартов распространяется в основном на топливную аппаратуру традиционного типа.

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. 2).

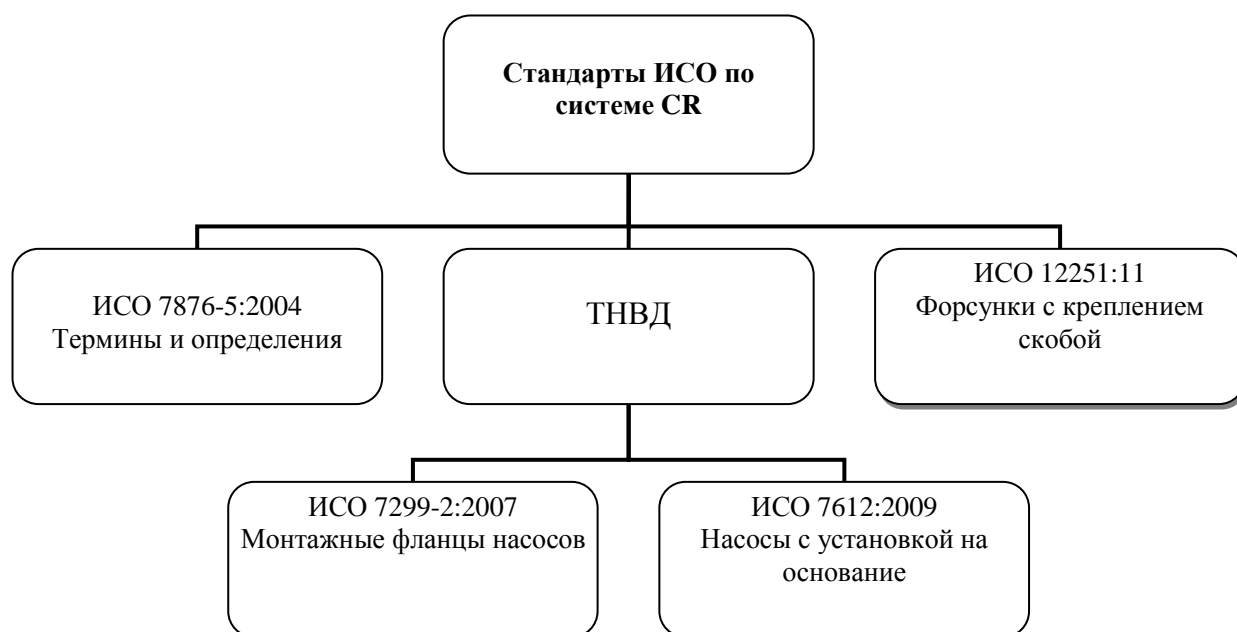


Рис. 2. Стандарты ИСО по топливной системе Common Rail.

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 методах испытаний топливных насосов и электрогидравлических форсунок системы Common Rail. В то же время многими фирмами, специализирующимися в области испытательного оборудования (Bosch, Hartridge, Delphi, Rabotti Unites 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.

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 сертификационных испытаниях.

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, обеспечивать безотказную работу и выполнение экологических требований к двигателям, для которых они предназначены».

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

Для проведения добровольной (фактически обязательной) 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 как не соответствующую 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, вследствие чего для её испытаний необходимы специальное оборудование и приборы.

Основу этого оборудования составляет стенд для испытаний и регулировок топливной аппаратуры, отвечающий ГОСТ 10578-95 и стандартам ИСО группы 4008. Для управления электроприводными клапанами топливного насоса и электрогидравлических форсунок стенд оборудован генератором управляющих электрических сигналов с необходимым программным обеспечением системами безмензурочного измерения расхода топлива за один цикл (рис. 3), взаимосвязанными с системой управления подачей топлива.

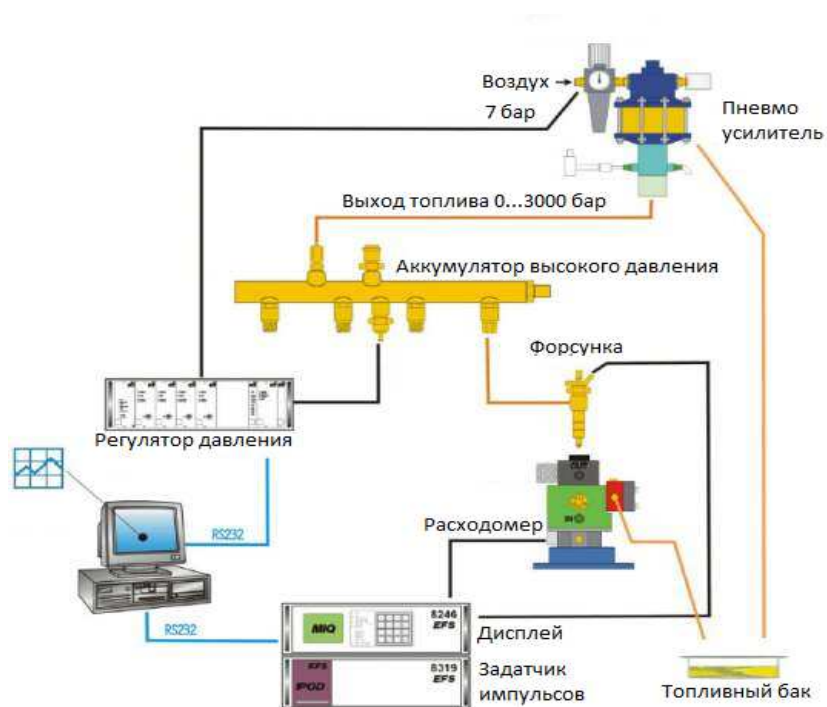


Рис. 3. Схема безмензурочной системы измерения цикловой подачи топлива для испытаний систем Common Rail.

Измерительный комплекс должен позволять проводить одновременные замеры следующих параметров электрогидравлических форсунок аккумуляторной системы типа Common Rail: величины тока, напряжения и продолжительности сигнала, подаваемого на электроприводный управляющий клапан, сопротивления обмотки катушки управляющего клапана, задержки срабатывания клапана, производительности форсунок и перепуска топлива (расход топлива на управление), температуры перепускаемого топлива.

Для безмоторных исследований и испытаний аккумуляторной топливоподающей системы базовыми являются стенды моделей EFS 8178, EFS 8241, AC600, EPS 807 и МАК-TEST 1026, имеющие возможность испытывать все типы топливных систем аккумуляторного типа [1; 9].

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.

## **Заключение**

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

В первую очередь представляется необходимым:

- 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 систем Common Rail.

## **Список литературы**

1. Грехов Л.В. Методика определения характеристики впрыскивания измерителем НАМИ-МГТУ при испытаниях дизельной топливной аппаратуры / Л.В. Грехов, Г.Г. Тер-Мкртичян, А.А. Денисов, Е.Е. Старков // Труды НАМИ : сб. науч. ст. – 2014. – Вып. № 258. – С. 115–135.
2. Мазинг М.В., Курманов В.В. Топливная аппаратура для автомобильных дизелей экологического класса IV // Труды НАМИ : сб. науч. ст. – 2013. - Вып. № 252. - С. 32-41.
3. Тер-Мкртичян Г.Г. Научные основы создания двигателей с управляемой степенью сжатия : дис. ... докт. техн. наук. - М., 2004. – 323 с.
4. Тер-Мкртичян Г.Г., Мазинг М.В. Развитие дизельной топливной аппаратуры на современном этапе // Грузовик: Транспортный комплекс, спецтехника. – 2014. - № 12. — С. 2–6.
5. Тер-Мкртичян Г.Г., Мазинг М.В. Современное состояние и перспективы развития топливной аппаратуры автотракторных дизелей // Двигателестроение. — 2014. — № 1. — С. 30–35.
6. Тер-Мкртичян Г.Г., Мазинг М.В. Особенности аккумуляторных топливных систем дизелей большой цилиндровой мощности // Двигателестроение. — 2014. — № 2. — С. 11–15.
7. Тер-Мкртичян Г.Г. Тенденции развития аккумуляторных топливных систем крупных дизелей / Г.Г. Тер-Мкртичян, Е.Е. Старков // Труды НАМИ : сб. науч. ст. – 2013. – Вып. № 255. – С. 22–47.
8. Тер-Мкртичян 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. – 2013. – Вып. № 255. – С. 86–110.
9. Тер-Мкртичян Г.Г. Анализ методик определения характеристики впрыскивания при испытаниях дизельной топливной аппаратуры / Г.Г. Тер-Мкртичян, Л.В. Грехов, А.А. Денисов, Е.Е. Старков // Труды НАМИ : сб. науч. ст. – 2014. – Вып. № 259. – С. 162–173.
10. Яманин А.И., Кутенев В.Ф., Тер-Мкртичян Г.Г. Расчет быстропеременных процессов в среде ANSYS/LS-DYNA : учебное пособие. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2011. – 92 с.

**Рецензенты:**

Корнилов Г.С., д.т.н., директор центра «Проектная команда», ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва;

Каменев В.Ф., д.т.н., профессор, ведущий эксперт, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва.