

## Методика экспресс - диагностирования дизелей автомобильной техники, оборудованных топливной системой с электронным управлением

*Е.В. Волков*

*Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулёва, Санкт-Петербург*

**Аннотация:** статья посвящена повышению роли новых оперативных методик экспресс - диагностирования дизелей, оборудованных современной топливной аппаратурой с электронным управлением, которые позволяют осуществлять неразрушающий контроль технического состояния.

**Ключевые слова:** экспресс - диагностирование, средства технического диагностирования, неисправность, дизель, электронный блок управления, топливная аппаратура, топливный насос высокого давления, электрогидравлическая форсунка.

В статье рассматривается методика диагностирования топливной аппаратуры (далее ТА) дизелей на основе комплексного оперативного воздействия, при котором не требуется демонтаж и использование стационарного стендового оборудования.

Предлагаемые методики и диагностическое оборудование [1,2] для их реализации определяются типом используемой на дизеле ТА. При использовании ТА: топливный насос высокого давления (далее ТНВД)-топливопровод - форсунка, принцип диагностирования основывается на преобразовании микродеформаций топливопровода, возникающих при создании импульса высокого давления (далее ИВД), в электрический сигнал с помощью пьезоэлектрического датчика (прямой пьезоэффект). Получаемая на мониторе персональной электронно-вычислительной машины (далее ПЭВМ) осциллограмма однозначно отражает динамику изменения давления в процессе топливоподдачи и дает возможность оценить [3] состояние топливной. Однако на современных дизелях почти повсеместно применяется ТА типа «Common Rail» аппаратуры (иглы и распылителя форсунки, топливной секции и нагнетательного клапана ТНВД).

(Common Rail System – CRS), [4] которая позиционируется как перспективная. В данной топливной аппаратуре используются альтернативные способы создания давления и управления впрыскиванием.

Особенности системы «Common Rail» требуют принципиально другого подхода к ее диагностированию. Так, как CRS это – электронно-управляемая система, то при ее диагностировании используются комплексные методы, сочетающие системное и моторное диагностирование.

Разработанные методики диагностирования имеют общую методологию [5], основывающуюся на том, что их выполнение не требует, в большинстве случаев, демонтажа приборов топливной аппаратуры и использования дорогостоящего стендового оборудования, а реализуется путем измерения и анализа соответствующих параметров.

На рис.1 показана схема топливной системы «Common Rail» дизеля состоящая из контура низкого давления, контура высокого давления топлива и системы управления.

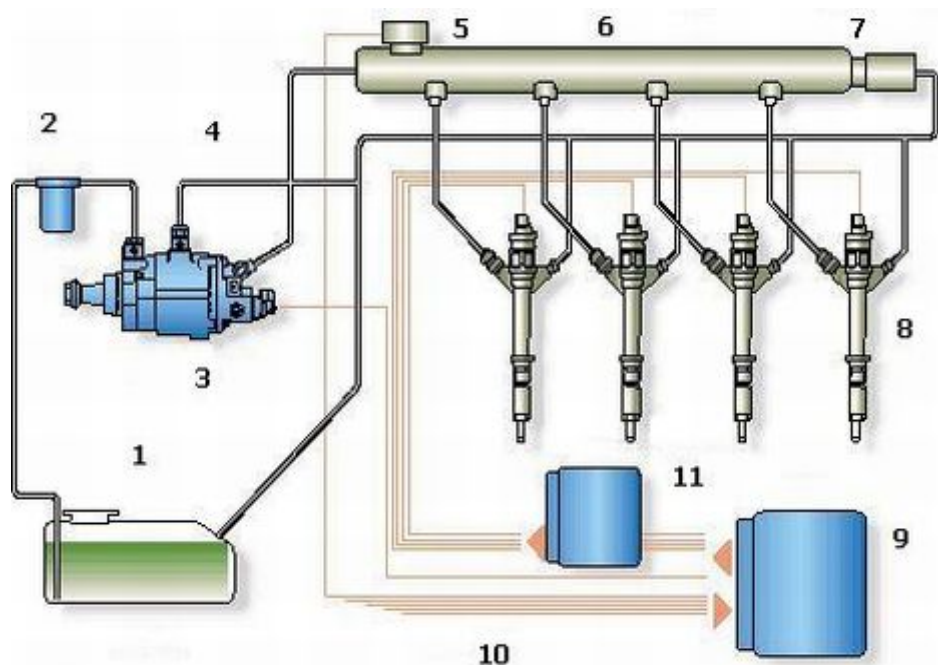


Рис. 1. - Схема топливной системы «Common Rail»:

1-топливный бак; 2-топливный фильтр; 3-ТНВД; 4-топливопроводы; 5- датчик давления топлива; 6-топливный аккумулятор; 7-клапан ограничения давления; 8-электрогидравлические форсунки; 9-электронный блок управления; 10-сигналы от датчиков; 11-усилительный блок (на некоторых моделях автомобилей)

Система управления работой топливной аппаратуры представляет собой электронно-управляемую структуру и включает в себя:

- электронный блок управления (ЭБУ);
- комплект датчиков, обеспечивающих ЭБУ информацией об объекте управления - дизеле;
- комплект исполнительных устройств, посредством которых реализуется управляющее воздействие на дизель в соответствии с различными режимами его работы.

Одним из существенных факторов, определяющих архитектуру системы управления, алгоритм ее работы [6] и методику диагностирования является способ регулирования давления топлива в топливном аккумуляторе.

Можно выделить следующие способы управления давлением в системах «Common Rail»:

- управление давлением на стороне низкого давления с помощью дозирующего клапана;
  - управление давлением на стороне высокого давления с помощью регулятора давления;
  - управление давлением с помощью дозирующего клапана в цепи низкого давления и с помощью регулятора давления на аккумуляторе (комбинированная система - Dual Control). В зависимости от стратегии впрыска и режима работы двигателя ЭБУ управляет и объемом топлива, которое
-

подаётся для сжатия, и объёмом топлива, поступающего в линию обратного слива с аккумулятора.

Выбор нужного типа управления определяется размером двигателя, мощностью и его задачами, а также целесообразной стоимостью автомобиля.

Управляющий сигнал на клапаны может быть пропорционален давлению, когда при увеличении скважности давление также растёт, а может быть обратно пропорционален, когда с увеличением скважности давление падает. Это зависит от выбранной конструкции клапана и может отличаться на разных версиях [7] одного и того же двигателя. Поэтому всегда следует точно знать алгоритм работы клапана на конкретном двигателе, чтобы правильно выстроить процесс диагностирования.

Одной из важнейших составных частей топливной системы «Common Rail» являются форсунки, которые определяют возможность реализации потенциала системы по энергетическим, экономическим и экологическим факторам.

В зависимости от физического принципа реализации и используемого исполнительного элемента различают:

- форсунки с электромагнитным клапаном – электрогидравлические форсунки (далее ЭГФ);
- форсунки с управляющим пьезоэлементом – «пьезофорсунки».

В последнее время некоторые производители возвращаются к технологии управления впрыскиванием с использованием электромагнитных клапанов (далее ЭМК). Это стало возможным благодаря существенному снижению инерционности электромагнитных клапанов. Кроме того, форсунки с ЭМК имеют более стабильные характеристики, меньшую стоимость производства [8] и лучшую ремонтпригодность.

В дизелях семейства КамАЗ применяется система BOSCH, в частности на рис.2 изображен дизель КамАЗ-740.354-450 (Евро 4), который устанавливается

---

на защищенный автомобиль КамАЗ-63968 «Тайфун».

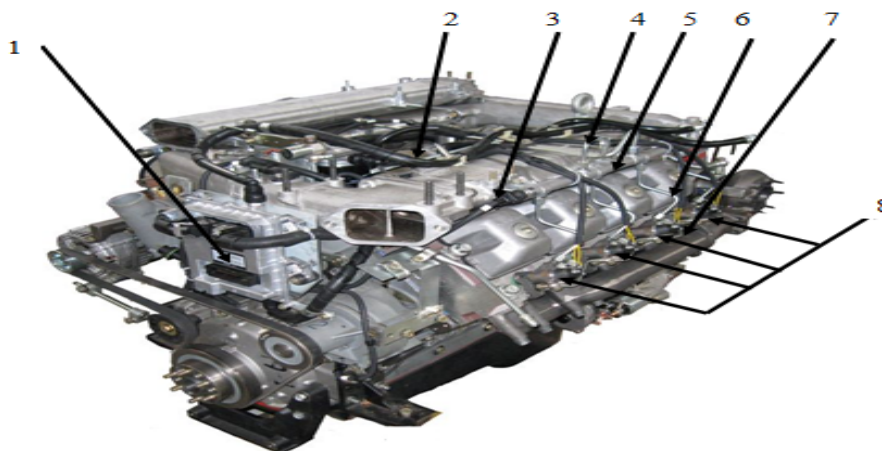


Рис. 2 - Дизель КамАЗ-740.354-450 (Евро 4) с системой питания «Common Rail»:

1-ЭБУ; 2-ТНВД; 3-клапан ограничения давления; 4- электрический кабель управления; 5- топливный аккумулятор; 6-трубопровод высокого давления от аккумулятора к форсунке 7-го цилиндра; 7- обратный топливопровод от форсунки; 8- форсунки 5,6,7,8 цилиндров

Диагностирование системы «Common Rail» на существующем этапе научных исследований невозможно с использованием накладного датчика на трубопровод высокого давления и ранее разработанной методики. Это связано с отсутствием традиционного для ТА классического типа ИВД в трубопроводах высокого давления топлива.

В результате проведенных исследований по поиску новых способов диагностирования системы «Common Rail» [9] разработана новая методика диагностирования элементов данной системы. Для реализации этой методики диагностирования используется:

- мультимарочный автосканер;
- диагностический комплект «Тестер CR».

Непосредственно диагностированию дизеля с системой «Common rail» предшествует идентификация топливной аппаратуры и системы управления. Целью идентификации является обеспечение правильности алгоритма и операционного наполнения технического воздействия по определению состояния дизеля.

Идентификация топливной аппаратуры и системы управления реализуется по нескольким шагам и включает:

1. Определение номенклатуры, типа датчиков и исполнительных устройств.

1.1 Датчики:

- датчик массового расхода воздуха (аналоговый или импульсный; с функцией измерения температуры воздуха или без неё);
- датчик частоты вращения коленчатого вала («шкивовой» или «маховичный»; индукционного типа или типа Холла);
- датчик температуры охлаждающей жидкости (NTC- или PTC-типа);
- положения педали управления подачей топлива (с полной или частичной автономностью);
- давления топлива (место расположения);
- температуры топлива (место расположения);
- кислородный датчик (наличие, тип).

1.2 Исполнительные устройства:

- форсунки с электронным управлением (с электромагнитным клапаном или с управляющим пьезоэлементом);
- клапан дозирования топлива;
- клапан рециркуляции отработавших газов;
- клапан впускного коллектора;
- свечи накаливания.

2. Определение конфигурации контура низкого давления и его элементов:

---

- способ подачи топлива к ТНВД (путем создания разряжения ТПН на ТНВД; путем создания давления ТПН с электроприводом в топливном баке или комбинированный);

- наличие ручного топливоподкачивающего насоса;

- конфигурация обратной топливной магистрали.

3. Определение конфигурации контура высокого давления и его элементов:

- способ регулирования давления топлива в топливном аккумуляторе (на стороне низкого давления; на стороне высокого давления; комбинированный);

- способ управления клапаном ограничения давления («прямой» или «обратный»).

Методика экспресс - диагностирования дизелей автомобильной техники, оборудованных топливной системой с электронным управлением реализуется [10] в следующей последовательности:

1. Подключить мультимарочный автосканер к диагностическому разъему автомобиля.

Если система самодиагностики не зафиксировала ошибок - «Коды ошибок не обнаружены».

2. Прокрутить коленчатый вал двигателя стартером ( $n_{ст} \geq 230 \text{ мин}^{-1}$ ), если давление топлива в аккумуляторе менее 180 бар - делаем вывод: «Давление топлива в аккумуляторе недостаточно. Пуск дизеля затруднен или невозможен».

Причиной низкого давления может быть:

- избыточный слив топлива в линию обратного слива от ЭГФ;

- недостаточная производительность ТНВД;

- некорректная работа датчика давления.

3. Для установления причины низкого давления используется диагностический комплект «Тестер CR». Основные диагностические

---



процедуры, проводимые с помощью устройств и приспособлений из состава комплекта, не требует снятия приборов топливной аппаратуры, что позволяет протестировать такие элементы, как ТНВД и ЭГФ без дорогостоящего демонтажа.

3.1 Оценка слива топлива в линию обратного слива из ЭГФ проводится с помощью устройства для диагностирования ЭГФ дизеля, которое подключаются гибкими трубками к ЭГФ. Двигатель пускается или прокручивается коленчатый вал путем стартерной прокрутки в течение 10-15 секунд. В измерительные мензурки устройства через соединительные штуцеры со встроенными клапанами поступает топливо, по количеству которого осуществляется дефектовка ЭГФ. Если количество топлива в мензурках окажется разным, то мензурка со значительно большим количеством топлива свидетельствует о неисправности, соединенной с ней ЭГФ, что и является причиной низкого давления в аккумуляторе.

Неисправная ЭГФ отключается путем снятия трубопровода высокого давления и установки заглушки на место снятого трубопровода в аккумуляторе.

3.2 Повторно проверяется давление в аккумуляторе мультимарочным автосканером, путем стартерной прокрутки.

Если давление выросло, но недостаточно, например  $p_T = 45$  бар, необходимо диагностировать ТНВД.

3.3 Для диагностирования ТНВД используется имитатор сигналов из диагностического комплекта «Тестер CR». Необходимо измерить давление топлива развиваемого ТНВД в «тупик».

Для этого необходимо:

- заглушить все топливопроводы высокого давления к ЭГФ путем установки заглушек из комплекта;

- регулятор давления на ТНВД поставить в режим максимальной подачи топлива путем отсоединения электрического разъема регулятора и

---



подключения внешнего источника тока из комплекта к аккумуляторной батарее автомобиля и разъему регулятора, устанавливается режим максимальной производительности;

- вместо регулятора к электрическому разъему кабеля подключить имитатор регулятора давления из комплекта, для того чтобы ЭБУ дизеля не перешел из программы штатного запуска на программу аварийной работы.

3.4 Оценить давление топлива в аккумуляторе мультимарочным автосканером, путем стартерной прокрутки.

Если давление топлива в аккумуляторе, которое способен создать ТНВД «в тупик» более 1000 бар, например,  $p_T = 1700$  бар, то ТНВД не является причиной низкого давления топлива в аккумуляторе в режиме пуска дизеля.

Если давление топлива в аккумуляторе оказалось, ниже 1000 бар необходимо проверить подкачивающий контур низкого давления.

3.5 Проверка подкачивающего контура низкого давления топлива.

Для этого необходимо использовать входящий в состав манометр, подключенный к тройнику с прозрачными гибкими трубками. С их помощью манометр подключается к подкачивающему контуру. При стартерной прокрутке коленчатого вала измеряется давление с использованием манометра. Если давление соответствует справочному нормативному значению и поток топлива не содержит пузырьков воздуха, то подкачивающий контур исправен. В этом случае могут быть неверные сигналы с датчика давления.

3.6 Проверка датчика давления топлива в аккумуляторе.

Для этого используется также имитатор сигналов. Целью данной проверки является достоверность доставки сигнала от датчика давления топлива до ЭБУ дизеля. При такой проверке проверяется исправность электропроводки, входных каскадов ЭБУ и точность сигнала после АЦП внутри ЭБУ. Для проверки необходимо вновь измерить системным сканером давление в аккумуляторе. Отключается штатный разъем от датчика давления

---

топлива и вместо датчика подключается имитатор. Подключение имитатора препятствует переходу программы ЭБУ в аварийный режим работы.

Подключаем к разъему датчика диагностический прибор через переходник. У имитатора есть еще один электрический разъем. С его помощью блокируется регулятор давления на аккумуляторе (если он конструктивно предусмотрен на аккумуляторе).

Во время прокрутки стартером определяется давление в аккумуляторе по шкале прибора и сравнивается со значением давления топлива, полученного ранее с использованием сканера. Если значения совпадают, то электропроводка и АЦП ЭБУ исправны. Если значения не совпадают, то следует проверить состояние электропроводки путем измерения сопротивления обычным мультиметром.

Таким образом, разработанная методика экспресс - диагностирования при использовании мультимарочного автосканера и диагностического комплекта «Тестер CR» позволяет определить техническое состояние всех элементов системы питания «Common Rail» для любого дизеля, где такая система предусмотрена, без демонтажа ТНВД и ЭГФ. Обеспечивает возможность проведения диагностирования технического состояния методами неразрушающего контроля, что снижает трудоемкость выполняемых работ и продолжительность пребывания техники в ремонте. Использование методики возможно, как в стационарных, так и в полевых условиях [11], а применяемое диагностическое оборудование, благодаря не значительным габаритным и объёмно-массовым размерам, может быть размещено в подвижных средствах технического обслуживания и ремонта автомобилей.

### **Литература**

1. Крайнов А.Н., Михалев Ю.В., Хлюпин В.А. Диагностирование топливной аппаратуры дизелей по параметрам сопутствующих процессов. СПб.: ВАМТО, 2017. 124 с.

2. Афанасьев А.С. Методика повышения достоверности и полноты технического диагностирования дизелей // Проблемы управления рисками в техносфере. Научно-аналитический журнал. 2014. № 1. С. 56-59.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614049. Экспресс-диагностирование технического состояния топливной системы дизеля // Волков Е.В. Опубл. 28.03.2018.

4. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей. Уфа: БГАУ, 2008. 240 с.

5. Robert Bosch GmbH. Bosch Dianostics Soft. ESI [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C, D, E, F, K, M, P, W. Bosch Automotive Aftermarket. D-76225, Karlsruhe, Published by: Bosch Group. Printing: July 2005. 54 p.

6. Robert Bosch GmbH. Service Information S.I. 442 1/6. PFR-KX and PFR-MD type injection pump: part number and production stamping. Published by: Bosch Group. Printing: July 2013. 67 p.

7. Лянденбургский В.В., Грабовский А.А., Белоковылский А.М. Топливные системы современных и перспективных двигателей внутреннего сгорания. Пенза: ПГУАС, 2013. 324 с.

8. Зайцева М.М., Мегера Г.И., Касьянов Д.Н. Проблема долговечности деталей грузовых автомобилей // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4076.

9. Волков Е.В. Актуальность внедрения безразборных методик экспресс – диагностирования дизелей оборудованных топливной системой с электронным управлением. Сборник военно-научных статей. Спб.: ВА МТО, 2017. 69 с.

10. Волков Е.В. Методика экспресс - диагностирования дизелей, оборудованных топливной системой «Common Rail» // Международная научно-практическая конференция «Особенности современного этапа развития естественных и технических наук». Белгород: АПНИ, 2017. С.50-54.

---



11. Зайцева М.М., Мегера Г.И., Попов И.М. Сервис автомобилей, эксплуатируемых на пересеченной местности // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4039.

### References

1. Krajnov A.N., Mihalev Y.V., Hlyupin V.A. Diagnostirovanie toplivnoj apparatury dizelej po parametram soputstvuyushchih processov [Diagnostics of diesel fuel equipment by parameters of related processes]. St.Petersburg: VAMTO, 2017. 124 p.

2. Afanas'ev A.S. Nauchno-analiticheskij zhurnal. 2014. № 1. pp. 56-59.

3. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2018614049. Ekspress-diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya toplivnoj sistemy dizelya [Rapid diagnosis of the technical condition of the diesel fuel system] Volkov E.V. Opubl. 28.03.2018.

4. Gabitov I.I., Grekhov L.V., Negovora A.V. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i diagnostika toplivnoj apparatury avtotraktornyh dizelej [Maintenance and diagnostics of fuel equipment of automotive diesel engines]. Ufa: BGAU, 2008. 240 p.

5. Robert Bosch GmbH. Bosch Dianostics Soft. ESI [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C, D, E, F, K, M, P, W. Bosch Automotive Aftermarket. D-76225, Karlsruhe, Published by: Bosch Group. Printing: July 2005. 54 p.

6. Robert Bosch GmbH. Service Information S.I. 442 1/6. PFR-KX and PFR-MD type injection pump: part number and production stamping. Published by: Bosch Group. Printing: July 2013. 67 p.

7. Lyandenburskij V.V., Grabovskij A.A., Belokovyl'skij A.M. Toplivnye sistemy sovremennyh i perspektivnyh dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Fuel systems of modern and perspective internal combustion engines]. Penza: PGUAS, 2013. 324 p.

8. Zaitseva M.M., Megera G.I., Kas'yanov D.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4076.



9. Volkov E.V. Aktual'nost' vnedrenija bezrazbornyh metodik jekspress – diagnostirovaniya dizelej oborudovannyh toplivnoj sistemoj s jelektronnym upravleniem [The relevance of the introduction of CIP techniques for rapid diagnosis of diesel engines equipped with an electronic fuel system]. Sbornik voenno-nauchnyh statej. St.Petersburg: VAMTO, 2017. 69 p.

10. Volkov E.V. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Osobennosti sovremennogo etapa razvitiya estestvennyh i tekhnicheskikh nauk": trudy (International scientific and practical conference "Features of the modern stage of development of natural and technical sciences"). Belgorod, 2017, pp. 50-54.

11. Zaitseva M.M., Megera G.I., Popov I.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4039](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4039).