

УДК 629.331(075)

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ COMMON RAIL
СОВРЕМЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ****Д.С. ШЕВЧЕНКО, В.В. ВОЙТЕХОВИЧ**
(Представлено: В.В. КОСТРИЦКИЙ)

Проведен анализ эффективности, трудоемкости и результативности альтернативного метода диагностирования систем common rail современных дизельных автомобилей. Выявлены преимущества и недостатки альтернативной методики диагностирования двигателя.

Введение. Система впрыска Common Rail является современной системой впрыска топлива дизельных двигателей. Работа системы Common Rail основана на подаче топлива к форсункам от общего аккумулятора высокого давления – топливной рампы. Система впрыска разработана специалистами фирмы Bosch.

Применение данной системы позволяет достигнуть снижения расхода топлива, токсичности отработавших газов, уровня шума дизеля. Главным преимуществом системы Common Rail является широкий диапазон регулирования давления топлива и момента начала впрыска, которые достигнуты за счет разделения процессов создания давления и впрыска.

Конструктивно система впрыска Common Rail составляет контур высокого давления топливной системы дизельного двигателя. В системе используется непосредственный впрыск топлива, т.е. дизельное топливо впрыскивается непосредственно в камеру сгорания. Система Common Rail включает топливный насос высокого давления, клапан дозирования топлива, регулятор давления топлива (контрольный клапан), топливную рампу и форсунки. Все элементы объединяют топливопроводы.

Топливо из топливного бака забирается топливоподкачивающим насосом (низкого давления), и через топливный фильтр поступает в топливный насос высокого давления (ТНВД). ТНВД подаёт топливо в напорную магистраль, которая играет роль аккумулятора давления. Блок управления регулирует производительность ТНВД для поддержания необходимого давления в магистрали по мере расхода топлива.

Топливная магистраль соединяется топливопроводами с форсунками. В каждую форсунку встроен управляющий клапан — электромагнитный или пьезоэлектрический. По команде от блока управления клапан открывается, впрыскивая необходимую порцию топлива в цилиндр [1].

Преимущества. Давление, при котором происходит впрыск топлива, можно поддерживать вне зависимости от скорости вращения коленчатого вала двигателя, и оно остаётся практически постоянно высоким в течение всего цикла подачи топлива, что особенно важно для стабилизации горения на холостом ходу и на малых оборотах при работе с частичной нагрузкой;

При использовании аккумуляторной системы подачи топлива момент начала и конца подачи может в широких пределах регулироваться ЭБУ. Это позволяет более точно дозировать топливо, а также осуществлять подачу топлива несколькими порциями в течение рабочего цикла — для более полного сгорания топлива;

Конструкция common rail проще, чем у системы ТНВД с форсунками, её ремонтпригодность выше.

Недостатки. Более сложные форсунки, которые требуют относительно частой замены, по сравнению с традиционной системой подачи топлива;

Система перестаёт работать при разгерметизации любого элемента высокого давления, например, при неисправности одной из форсунок, когда её клапан постоянно находится в открытом положении;

Более высокие требования к качеству топлива, чем у традиционных систем.

В легковых автомобилях используется несколько видов систем Common Rail. Упрощенно их можно разбить на два типа (электромагнитные и пьезоэлектрические) и четыре производителя (Bosch, Continental, Delphi, Denso). Самым универсальным является лидер рынка - Bosch, который производит оба типа форсунок: электромагнитные и пьезоэлектрические. В гораздо меньших масштабах оба вида форсунок производят Delphi и Denso. Continental (Siemens) ограничивается исключительно пьезоэлектрической техникой [2].

В качестве примера рассмотрим систему Common Rail фирмы Bosch.

Диагностика дизелей с системой Common Rail. Для того чтобы точно определить в чем именно заключается неисправность надо принимать во внимание и оценивать состояние трех взаимосвязанных частей:

1. Состояние механических узлов двигателя (турбина, цилиндропоршневая часть дизеля, правильность установки фаз ГРМ).
2. Электронная система управления двигателем (исправность датчиков, проводки).
3. Гидравлическая часть (система топливоподачи, ТНВД, форсунки).

Если проверять подряд все названные компоненты это займет очень много времени. Чтобы ускорить поиск возможных отклонений блок управления снабжен функцией мониторинга исправности датчиков и исполнительных механизмов. При обнаружении блоком отклонений в показании, каких-либо датчиков в оперативной памяти прописывается ошибка. В зависимости от значимости ошибки впрыскивание топлива продолжается или двигатель останавливается. С помощью сканера в меню параметры можно посмотреть реальные показания и реакцию датчиков на различные возмущения. Важной особенностью Common Rail является то что каждая форсунка управляется индивидуально т.е. на каждой форсунке прописываются свои коэффициенты топливной коррекции, по которым можно судить об состоянии каждого цилиндра и соответствующей форсунки.

В качестве примера приведем данные сканирования некоторых параметров в системе Common Rail на холостом ходе (табл. 1).

Таблица 1. – Данные сканирования параметров на холостом ходе

Частота вращения коленвала	750 об/мин
Температура охлаждающей жидкости	88
Положение педали подачи топлива	0%
Предписанное давление в аккумуляторе высокого давления	261 бар
Реальное давление	264 бар
Цикловая подача одной форсунки	13.8 ME
Сквозность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулятора давления	16%
Коррекция равномерности работы двигателя	
Для цилиндра 1	-3.35
Для цилиндра 3	0.00
Для цилиндра 4	2.58
Для цилиндра 2	0.65

Коррекция предназначена для компенсации отклонений по цилиндрам в механике двигателя и гидравлике системы впрыска топлива, возникающих при серийном производстве. Неравномерность определяется с помощью датчика оборотов. Если какой-то цилиндр отличается более чем на 30% от заданного значения, это считается не нормальным и блок управления пытается выправить положение изменением топливоподачи. Если мы обнаружили значительную топливо-коррекцию в каком-то цилиндре, это может быть связано или с низкой компрессией в цилиндре (прогар клапана, например) или неисправностью форсунки.

При неисправностях, которые не выводят систему из строя, блок управления ограничивает топливоподачу. К таким дефектам относятся неисправности датчиков температуры, слишком низкое давление наддува, неполадки с замером расхода воздуха, или выход из строя датчика положения педали газа.

Из соображений безопасности система останавливает двигатель при следующих условиях:

- Выходит из строя форсунка или сильно падает давление в аккумуляторе
- Превышение давление топлива в рампе выше MAX (порядка 1500бар)
- Выход из строя электромагнитного клапана регулирования давления

Двигатель невозможно завести при неработающих датчиках оборотов и положения распределительного вала.

На основании вышесказанного диагностику желательно начинать с подключения сканера (рис. 1), чтобы определить возможные направления поиска и потому что это наименее трудоемкая операция.

Неисправности, требующие диагностики при помощи гидравлических тестеров:

1. Невозможность запуска двигателя, или двигатель глохнет после запуска - рекомендуется провести тест баланса мощности по цилиндрам при помощи сканера (для систем Bosch), или провести очередную проверку инжекторов отключая их по очереди (для системы Delphi)

2. Если имеются неисправности, отличающиеся от описанных выше, например, вибрация двигателя, выброс черного/белого дыма при запуске или на холостом ходу.

Проблема может заключаться в разности количества топлива, проходящего через каждый инжектор.

Процедура диагностики зависит от симптома [3].



Рисунок 1. – Сканер AUTOCOM CDP PLUS

Тест контура низкого давления. Огромное количество проблем с этими системами лежит не в области высокого давления, а в низкой цепи от бака до ТНВД. Комплект CRDI-500 предназначен для быстрой проверки состояния цепи низкого давления через подключение к трубопроводу в удобном месте (например, у топливного фильтра или на выходе из бака или перед ТНВД) с помощью стандартных быстросъемных адаптеров. С их помощью можно подключиться к 70% топливных магистралей без дополнительных адаптеров.



Рисунок 2. – Комплект CRDI-500

Вначале требуется проверить правильность подсоединений, если они правильные – ищем утечки в штуцерах. Если утечек нет – Проверяем исправность и соответствие топливного фильтра.

Далее требуется отсоединить топливную трубку от топливного фильтра и подсоединить манометр низкого давления, или вакуумметр (CRT-1050), в зависимости от системы двигателя.

Для этого требуется трубка для подключения манометра (CRT-1052), адаптер соединения с трубкой (CRT-1054), адаптер соединения (CRT-1053), заглушка топливного фильтра (CRT-1055).

Запускаем двигатель и держим на холостых оборотах примерно 5 с, затем глушим двигатель. Читаем показания манометра или вакуумметра. Анализируем эти данные.

В таблицах 2 и 3 представлены показания для манометра и вакуумметра. [4]

Таблица 2. – Показания манометра

Этап	Давление	Вывод
1	1,5–3 кг/см ²	Норма
2	4–6 кг/см ²	Загрязнение фильтра или топливопровода
3	0–1,5 кг/см ²	Утечка из насоса или топливопровода

Таблица 3 – Показания вакуумметра

Этап	Вакуум	Вывод
1	8–18 смHg	Норма
2	20–60 смHg	Загрязнение фильтра или топливопровода (насос в норме)
3	0–7 смHg	Утечка воздуха в системе или неисправность насоса

Тест контура высокого давления. Еще одна интересная особенность Common Rail: состояние электромагнитного клапана можно определить с помощью обратного слива топлива. Только на инжекторе Common Rail можно померить обратный слив топлива и посредством этой проверки увидеть состояние электромагнитного клапана форсунки Common Rail. В случае негерметичности электромагнитного клапана то количество топлива, которое должно попасть в камеру сгорания, попадет в обратный слив, и таким образом проявляется неисправность автомобиля. Проанализировать эту информацию можно, используя специальный аппарат.

Прибор состоит из набора мензурок, имеющих или не имеющих деления. От них отходят прозрачные трубки с быстросъемным соединением на конце. Подключая их к форсункам Common Rail прямо на двигателе, можно наблюдать равномерность обратного сброса (как заполняются эти мензурки) на различных режимах за определенный промежуток времени. Процедура не занимает много времени, но с диагностической точки зрения очень эффективна.

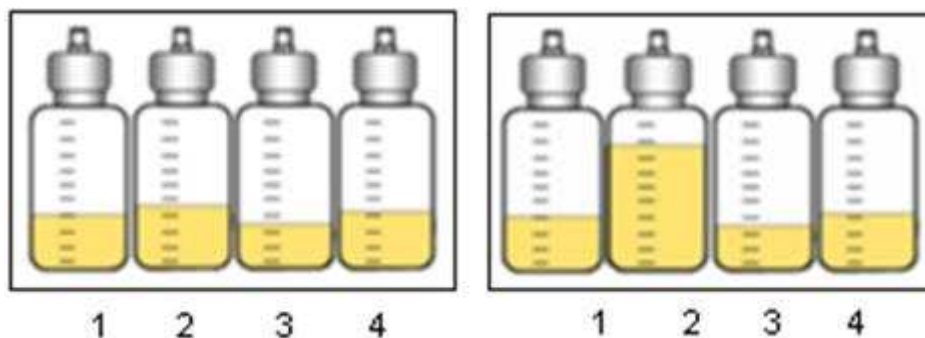


Рисунок 3. – Колбы (CRT-1030)

Инжектор, у которого показания в три раза отклоняются от нормы подлежит замене.

Проверка ТНВД. Для проверки используем Тестер Common Rail.

1. Очищаем от дизельного топлива клапан-регулятор (CRT-1020), адаптер клапана-регулятора (CRT-1023) и заглушки (CRT-1021 или CRT-1022).
2. Удаляем все 4 трубки форсунок с рампы и отсоединяем коннектор датчика давления в рампе.
3. Подсоединяем клапан-регулятор (CRT-1020), заглушки (CRT-1021 или CRT-1022), пыльники (CRT-1035), адаптер-коннектор (CRT-1041, CRT-1042, CRT-1043) и индикатор высокого давления (CRT-1040) к рампе, как показано на рисунке.
4. Отсоединяем коннектор IMV от ТНВД.
5. Прокручиваем двигатель в течение 5-6 секунд. Для получения наиболее точных результатов проведите тест дважды и выбираем наибольший параметр как измерительный эталон.

Если давление топлива, показанное на индикаторе соответствует спецификации, ТНВД в норме.

Спецификация по параметрам давления ТНВД:

BOSCH System: 1000~1500 ATM

DELPHI System: 1050~1600 ATM

Тест регулятора давления топлива. Для его проведения повторяем схему предыдущего опыта, только к обратке регулятора соединяем мерную мензурку. Вращаем стартером двигатель в течении 5 с и замечаем количество топлива вытекающего с обратки, оно не должно превышать 10 мм [5].

Таким образом, по итогам исследования можно сделать вывод:

Выполнение диагностики топливной системы при помощи альтернативных методов значительно проще, однако достаточно точно позволяют выявить неисправность, как и традиционные методы.

Альтернативный метод диагностики имеет преимущество в том, что требует значительно меньших затрат, так как при использовании данного метода не требуется дорогостоящее оборудование, используемое на станциях диагностики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://systemsauto.ru/>. – Дата доступа 25.09.2018.
2. Википедия, современная энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа 25.09.2018.
3. Автомастер – ремонт, диагностика автомобилей и двигателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avtomaster21.ru/>. – Дата доступа 25.09.2018.
4. Диагностика дизельных двигателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.common-rail.ru>, свободный. – Дата доступа 25.09.2018.
5. Kia CRT-1500 Common Rail Tester – Руководство Пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.common-rail.ru>. – Дата доступа 25.09.2018.