

# Причины загрязнения форсунок. Методы тестирования и очистки. Тестирование и очистка форсунок. Практика

Источник: [www.launch.su](http://www.launch.su)

В редакции Sub

Размещение PDF файла: [www.injvaz.ru](http://www.injvaz.ru)

Если предположить, что среднестатистический автомобиль потребляет порядка 10 литров топлива на каждые 100 км пробега и в течение своей "жизни" пробегает хотя бы 250 000 км, то легко посчитать какое количество бензина проходит через его топливную систему.  $250\ 000 / 100 \times 10 = 25\ 000$  литров. Немудрено, что с таким количеством топлива в систему попадает и значительное количество загрязнений. Со временем характеристики топливоподающей аппаратуры ухудшаются из-за появления на стенках ее элементов различных загрязнений. На пути механических загрязнений стоят топливные фильтры, отсеивающие частицы крупнее 10-20 микрон. Они устанавливаются в топливной магистрали и в самой форсунке. Своевременно заменяя фильтры и применяя при этом изделия гарантированного качества можно предотвратить загрязнение механическими частицами.

Однако основной вклад в загрязнение топливной системы вносит, как ни странно само "чистое" топливо. Воск, гудроны и олефины попадают в систему в составе бензина, осажаясь на стенках топливных магистралей, регуляторах давления и, конечно, форсунках. Последние страдают от этих отложений в большей степени. На седлах форсунок и на концах запорных элементов со временем появляются твердые смолистые отложения. Они – причина ухудшения эксплуатационных характеристик а иногда и полного отказа форсунок. А образуются отложения довольно просто. После остановки горячего двигателя из пленки топлива, оставшейся на штифтах и внутренних поверхностях распылителей, что ниже запорного клапана, испаряются легкие фракции. Тяжелые же остаются на деталях, ведь смыть их в это время нечем –

свежие порции топлива не поступают к распылителю, и запорные клапаны форсунок закрыты. К тому же в этот момент отсутствует охлаждение топливом. Корпус форсунки дополнительно нагревается, получая тепло от горячей головки блока цилиндров через впускной коллектор, ускоряя процесс выпаривания. Из оставшихся тяжелых фракций и образуются смолистые отложения. Накапливаясь, они препятствуют запорному конусу плотно сесть на седло, вследствие чего нарушается герметичность форсунки. Остаточное давление топлива в рампе после остановки мотора сохраняется. Оно потихоньку проталкивает бензин через негерметичный клапан, и процесс закоксовывания идет интенсивнее. Потеря герметичности осложняет запуск двигателя ввиду отсутствия давления в топливной магистрали и возможности образования паровых пробок. Кроме того, с потерей герметичности ухудшается отсечка топлива. Вместо того, чтобы резко оборвать факел, отправив всю порцию во впускной канал, окончание впрыска происходит плавно. Последние капли его не могут "выстрелить", а беспомощно повисают на распылителе. Проходное сечение сопла форсунки – кольцевая щель, образованная корпусом распылителя и запорным клапаном. С появлением отложений просвет "зарастает" и уменьшается. Соответственно уменьшается и количество топлива, дозируемого форсункой за каждый рабочий такт. Если



система управления не имеет обратной связи, то изменение пропускной способности форсунок приведет к обеднению рабочей смеси. Последствия этого проявятся в снижении мощности, появлению детонации и т.д. Если на автомобиле установлена система с обратной связью по сигналу Лямбда-зонда, то она сможет при небольшом изменении производительности скомпенсировать это изменение путем увеличения времени впрыска. Однако у такого увеличения есть предел, называемый пределом регулировки. Более того если даже средняя производительность комплекта форсунок снизится ненамного, но разница между отдельными форсунками будет значительна, это приведет к неудовлетворительной работе системы. В современных системах управления двигателем пока нет достаточно быстрой обратной связи, позволяющей корректировать время впрыска для каждой форсунки индивидуально. К тому же многие системы применяют попарный или одновременный тип впрыска, при котором несколько форсунок управляются ECU одним выходным ключом. Нарушается и форма факела – значит, часть топлива попадет не в просвет впускного канала, а, к примеру, на стенки впускного коллектора. Таким образом топливо поступит в цилиндр не в виде однородной смеси а в виде топливной пленки. А еще отложения ухудшат однородность распыления. Из форсунок полетят крупные капли, не успевающие испариться, перемешаться с воздухом и, стало быть, сгореть в цилиндрах.

Подведем итог - загрязнение форсунок может вызвать:

- нарушение герметичности снижение производительности,
- ухудшение качества распыления топлива,
- значительный разброс производительности между отдельными форсунками комплекта.



В результате – знакомые многим владельцам основные симптомы:

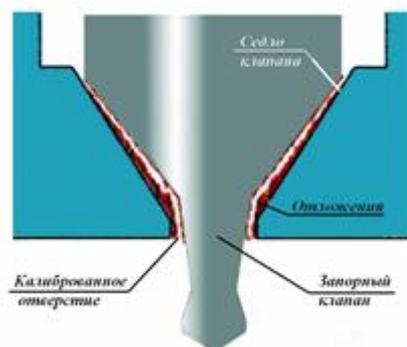
- затрудненный запуск двигателя,
- неустойчивая работа (особенно на холостом ходу),
- провалы при разгоне,
- повышенный расход топлива,
- потеря мощности и ухудшение управляемости,
- появление детонации вследствие обеднения смеси и повышения температуры в камере сгорания,
- пропуски воспламенения,
- «Хлопки в выхлопной трубе».

Производители аппаратуры пытаются воспрепятствовать появлению отложений. Для этого совершенствуют конструкцию форсунок, применяют новые материалы, достигают очень высокой точности изготовления. Нефтяные компании выпускают высококачественные бензины с мощными присадками. И все же форсунки приходится чистить, особенно если пробег автомобиля превышает 100 тыс. км и сопряжен с эксплуатацией на низкокачественном бензине, богатым тяжелыми фракциями. Кстати, именно поэтому следует избегать использования топлива из многомесячных запасов, хранящихся в бочках или канистрах. Выпавшие из него смолы быстрее забивают фильтры и оседают на распылителях, ускоряя образование отложений.

Значительно реже встречается другая причина неудовлетворительной работы форсунок – загрязнение входных фильтров. Входные фильтры форсунок относительно небольших размеров и призваны лишь гарантировать чистоту топлива, поступающего в форсунки, отсекая особо мелкие включения, проникшие через магистральный фильтр тонкой очистки

топлива. Поглощающая способность их невелика, а засорившись, они оставляют форсунки на голодном пайке. Чтобы этого не допустить, нужно внимательно следить за состоянием фильтра тонкой очистки топлива и не "заливать".

Существует два основных типа форсунок – механические и электрические. Примерно с 1993 года автопроизводители отказались от использования механических форсунок ввиду более жестких требований к токсичности выхлопа и, соответственно, к качеству приготовления топливно-воздушной смеси. Надо заметить, что рабочие параметры механических форсунок изменяются в процессе эксплуатации. Это обусловлено изменением жесткости возвратной пружины, а также состояния седла и запорного клапана. Современные электромагнитные форсунки изготавливаются с допусками 1 микрон и способны работать до миллиарда циклов. Основной проблемой для них является загрязнение в процессе эксплуатации. Наибольшую интенсивность накопление отложений имеет сразу после остановки двигателя. В это время температура корпуса форсунки возрастает за счет нагрева от горячего двигателя – охлаждающее действие потока бензина отсутствует. Легкие фракции бензина в рабочей зоне форсунки выпариваются, а тяжелые превращаются в лаковые отложения, которые изменяют сечение калиброванного канала. К примеру, 5-микронные отложения могут изменить пропускную способность этого канала на 25%! Возникает два вопроса: Каким образом можно проверить работу форсунок? Каким образом восстановить загрязненные форсунки?

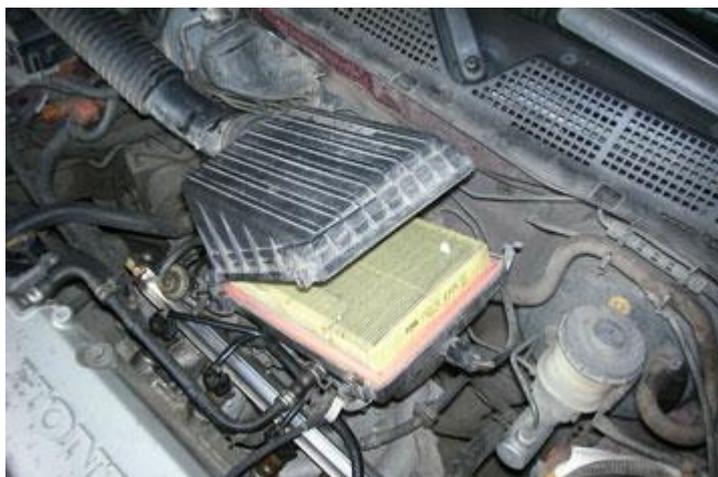


Для полноты эксперимента определим некоторые параметры до и после очистки форсунок для определения эффективности. Параметры, которые могут измениться в результате очистки форсунок - это состав выхлопных газов, время впрыска (для одного и того же режима - если а/м имеет обратную связь) и разряжение во впускном коллекторе.

Осматриваем расположение топливной рампы. Нам повезло - добраться до нее весьма удобно.



Для удобства доступа к топливной рампе демонтируем воздушный фильтр.



Аккуратно отстыковываем электрические разъемы от форсунок и освобождаем жгут проводов форсунок от дополнительных точек крепления. Отводим жгут в сторону, чтобы он не мешал демонтажу топливной рампы. Ослабляем хомут и снимаем корпус воздушного фильтра, не забыв отстыковать разъем датчика температуры воздуха.



Отворачиваем гайки крепления топливной рампы к впускному коллектору... и аккуратно извлекаем рампу вместе с форсунками.



Сейчас форсунки удерживаются в рампе только на уплотнительных кольцах. На некоторых автомобилях форсунки удерживаются в рампе при помощи специальных скоб. Аккуратно (чтобы не повредить резиновые уплотнения) извлекаем форсунки из топливной рампы.



Вынимаем уплотнительные кольца из отверстий в коллекторе и осматриваем на предмет повреждений. Поврежденные уплотнения меняем на новые. Хорошее правило - иметь комплект расходных материалов.



Прежде, чем что-либо разбирать, убедитесь, что есть чем заменить поврежденные детали!

Перед тестированием и очисткой в ультразвуковой ванне отмываем форсунки снаружи от "большой" грязи, чтобы продлить срок службы промывочной жидкости. Извлекаем входные фильтры форсунок и продуваем их сжатым воздухом под небольшим давлением. Процедуру продувки применяем также каждый раз при смене режима тестирования на очистку и наоборот. Надо стаоться, чтобы тестовая и промывочная жидкости не смешивались.



Извлечение входных фильтров на этой машине не составило труда - фильтры имеют

выступающую поверхность, за которую легко зацепиться. С фильтрами других типов сложнее - нужен специальный инструмент. Входные фильтры загрязняются редко - в основном при использовании некачественных топливных фильтров или несвоевременной их замене.



Эти фильтры имеют весьма опрятный внешний вид. При отсутствии специального инструмента для извлечения входных фильтров форсунок, используем "народные средства". Подбираем подходящий по размеру саморез. Действуя осторожно и аккуратно, вкручиваем его внутрь фильтра, не разрушая его.



Затем, потянув пассатижами за головку самореза, извлекаем его вместе с фильтром. Также существуют специальные инструменты для демонтажа и монтажа фильтрующих элементов форсунок.



Потренировавшись, можно научиться извлекать фильтры, не повредив их. Этой форсунке повезло меньше - она "питалась" чем попало. В фильтре присутствуют следы маслянистой жижи...



Разнообразие типов форсунок требует применения различных адаптеров для подсоединения к топливной рампе при тестировании. В базовый комплект нашей установки Launch CNC-801 входят адаптеры для тестирования механических форсунок (системы К- и KE-Jetronic)- 2 типа, электромагнитных форсунок с верхней подачей топлива - 2 типа и электромагнитных форсунок с боковой подачей топлива - 8 типов. То, что надо для универсального автосервиса! Кстати сказать, конструкция топливной рампы этой установки такова, что если нам и встретятся форсунки с боковой подачей топлива, для которых не подойдет ни один из имеющихся адаптеров, то изготовить их сможет любой квалифицированный токарь.



Форсунки могут также отличаться и сопротивлением электрической обмотки. В современных стендах реализован принцип адаптивного управления и нам нет необходимости обращать внимание на возможные отличия. В более простых установках необходимо будет измерить электрическое сопротивление обмотки и установить соответствующее ему напряжение. Перед установкой форсунок на топливную рампу обязательно надо смазать уплотнительные кольца, чтобы не повредить их. Проще всего это сделать при помощи WD-40.



Первый этап тестирования - проверка герметичности форсунок. Устанавливаем давление немного выше рабочего и запускаем тест "Sealing". По истечении времени теста (60 сек.) установка сама завершит выполнение теста. Разные производители предъявляют разные требования к проведению этого теста. Например, Toyota считает допустимым появление не более одной капли топлива в течение одной минуты.

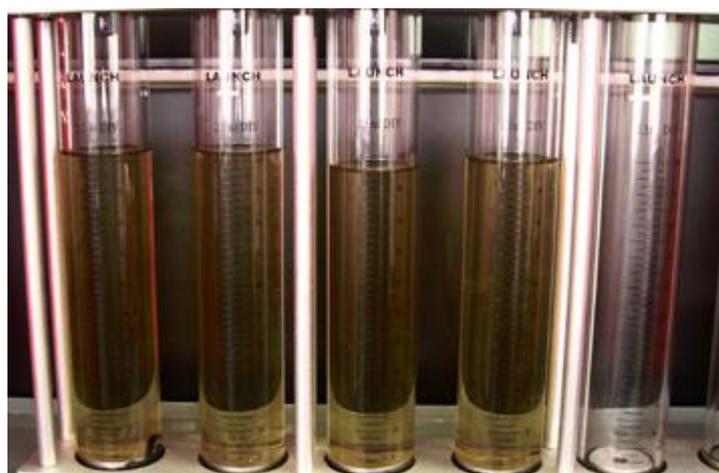


На рисунке нетипичный случай - при изменении режима тестирования клапан одной из форсунок "залип". При переходе в другой режим он встал на место. Позже во всех режимах форсунка вела себя вполне адекватно. Обычно негерметичность форсунки проявляется в образовании капель...

Далее проверяем качество распыла топлива форсунками. Для этого предусмотрен режим "Spraying". Форма факела распыла зависит от конструкции форсунок. У штифтовых форсунок - это конус. Допустимо появление отдельных струй, однако важно, чтобы факелы у всех форсунок были одинаковыми и топливо распылялось на мелкие частички без образования крупных капель.



Факел распыла 3-ей форсунки немного отличается от остальных. А что с производительностью? Разброс производительности форсунок напрямую влияет на работу двигателя - ведь в современных системах управления нет такой обратной связи, которая смогла бы скомпенсировать его. Обратная связь по сигналам лямбда-зондов работает по усредненному для всех цилиндров составу выхлопных газов. Для того, чтобы регулировать смесь для каждого цилиндра надо иметь громоздкую выхлопную систему и лямбда зонды для каждого цилиндра. Гораздо проще и дешевле поддерживать форсунки в чистом исправном состоянии.



Результаты замеров разброса производительности нас тоже удовлетворяют - максимальный разброс равен 6%.  $(100 - 94) / 100 = 6\%$  Для того, чтобы иметь максимальную точность, старайтесь, чтобы по окончанию теста уровень жидкости в самой полной колбе соответствовал максимальному делению измерительной шкалы. Да и считать будет проще! Дальше - очистка. Устанавливаем форсунки на специальный аппликатор и наливаем в ванну чистящую жидкость - так чтобы уровень ее был выше, чем дозирующая часть форсунок. Для нашей ванны потребуется примерно 0,6 литра чистящей жидкости. Подключаем электрические разъемы - форсунки должны открываться во время очистки.



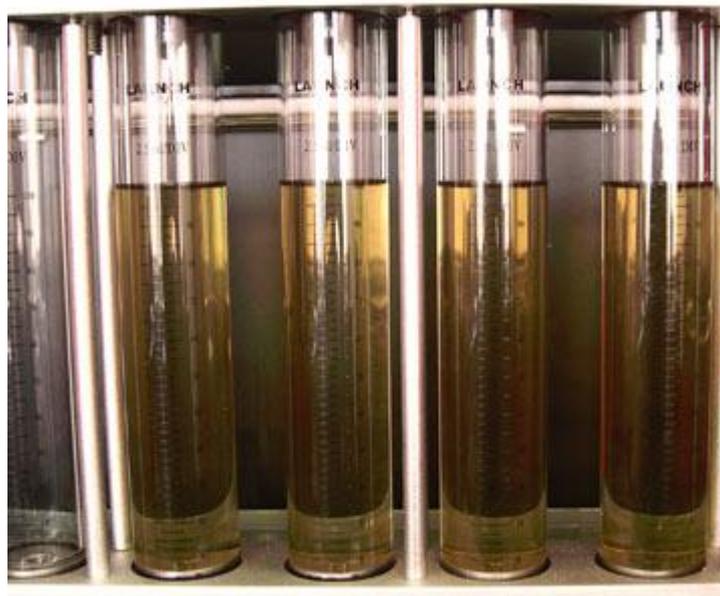
После процедуры "купания" в ультразвуковой ванне внешний вид форсунок значительно улучшился.



Однако борьба с внешним загрязнением - не наша цель. Только при помощи ультразвука возможна эффективная очистка внутренних полостей. Этим обстоятельством мы и воспользовались. А для того, чтобы проверить качество очистки, протестируем форсунки еще раз.



Форма факелов распыла тоже изменилась - теперь у всех форсунок они практически одинаковы. Проверяем баланс производительности.



Результат - как в учебнике! Аккуратно в обратной последовательности возвращаем форсунки на их штатное "рабочее место" - автомобиль. При необходимости заменяем резиновые уплотнительные колечки. Обязательно смазываем их перед установкой. После завершения сборки проверяем герметичность системы. На большинстве а/м достаточно включить-выключить пару раз зажигание, чтобы бензонасос создал в системе рабочее давление. Внимательно осматриваем систему питания на предмет обнаружения утечек топлива. Если все герметично, подключаем сканер, запускаем и прогреваем двигатель. После срабатывания вентилятора ждем его отключения и просматриваем текущие параметры.

Обращаем внимание, что среднее значение времени впрыска в режиме холостого хода уменьшилось с 2,9 до 2,8 мс. Это хороший признак.

Примечание: существуют установки где предусмотрено рабочее давление до 10-12 Атм, такие установки необходимы для работы с форсунками систем непосредственного впрыска FSI, D-4, GDI и другими. При работе с данными установками должны соблюдаться меры предосторожности, к форсункам с керамической обработкой должны применяться специальные методы работы. Все эти «тонкости» можно узнать на курсах [www.injvaz.ru](http://www.injvaz.ru)