

---

# Методы диагностирования топливной аппаратуры дизелей ВАТ

**Владимиров Данила Игоревич**

курсант Военной Академии  
Материально-Технического обеспечения

**Никоноров Алексей Николаевич,**

кандидат технических наук Военной Академии  
Материально-Технического обеспечения  
E-mail: [amigo0@icloud.com](mailto:amigo0@icloud.com)

Условия эксплуатации автомобильных дизелей влияют на состояние системы топливоподачи, ТС которой определяет мощностные и экономические показатели СУ, ее надежность, стабильность параметров, уровень создаваемого шума, а также токсичность и дымность ОГ.

ТА является дорогостоящим оборудованием и на нее приходится приблизительно 75 % всех отказов от общего числа по дизелю. Наиболее ответственными элементами топливной системы является ТНВД и форсунка, которые должны обеспечивать качественное распыливание топлива в камере сгорания. Наиболее ответственные детали насоса и форсунок изготовлены с очень высокой точностью (прецизионные пары). В процессе эксплуатации происходит изнашивание этих деталей и нарушение характеристик работы ТНВД и форсунок. Показателями ТС ТНВД является производительность секций, неравномерность подачи топлива секциями на различных скоростных режимах, угол начала подачи топлива секциями, давление открытия нагнетательного клапана. Показателями ТС форсунок являются: давление начала подъема иглы форсунки, давление впрыскивания топлива, качество распыливания топлива, герметичность, неравномерность показателей по форсункам двигателя.

Обычно отказ связан с разрегулировкой давления начала подъема иглы распылителя, закоксовыванием или размывом его распыливающих отверстий, заклиниванием иглы в закрытом (открытом) положении, негерметичностью нагнетательного клапана ТНВД или поломкой пружины этого клапана, эрозионным износом плунжерных пар. Ухудшение качества распыливания во многих случаях является следствием изнашивания сопрягаемых поверхностей плунжерных пар. Нарушение регулировок ТА приводит не только к ухудшению мощностных и топливных показателей, но и к увеличению интенсивности изнашивания деталей двигателя.

Подача топлива должна обеспечиваться в кратковременный промежуток времени (0,001—0,01 с) точно дозированными порциями ( $10—500 \text{ мм}^3$ ) и в заданный период рабочего цикла в цилиндры дизеля в соответствии с порядком их работы под высоким (до 100 МПа и более) давлением, изменяющимся по определенному закону.

Равные условия для работы всех цилиндров дизеля и идентичность подачи топлива осуществляются по таким показателям, как объемная цикловая подача топлива  $V_{ц}$ , действительный угол опережения впрыскивания  $\theta_{д}$  и характеристика впрыскивания, а в случае применения многодырчатых распылителей — по подаче топлива через отдельные отверстия распылителя.

Расхождение этих показателей приводит к перегрузке некоторых цилиндров при работе в нагруженных режимах, что сокращает срок службы дизеля.

Неравномерность подачи зависит как от качества регулировки секций ТНВД, так и от

пропускной способности нагнетательных трубопроводов и форсунок, которыми комплектуются ТНВД на СУ. Разница пропускной способности между отдельными форсунками, на основании ГОСТ 10579—82 не должна превышать 4%. Согласно ГОСТ 8519—81, отклонение пропускной способности или «внутреннего объема» нагнетательного трубопровода должно устанавливаться технической документацией.

В настоящий момент используются методы определения ТС топливоподающей системы дизеля, которые различаются выбором групп диагностических параметров и выявлением форм их функциональных связей со структурными показателями. Общим методом оценки ТС дизеля и его топливоподающей аппаратуры является диагностирование по основным показателям: мощность, среднее эффективное давление, крутящий момент, расход топлива, КПД. Многие из этих показателей находятся в тесной корреляционной связи с неисправностями, нарушениями регулировок ТА и сопровождающими их процессами. Отклонение показателей от их исходных значений определяет необходимость проверки системы топливоподачи [20].

Одним из методов диагностирования ТА, является оценка параметров по критерию состава ОГ. Данная методика исключает вмешательство в ТА, обладает достаточной информативностью и оперативностью.

Число компонентов ОГ очень велико, однако некоторые из них имеют индивидуальное значение ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ), и считаются основными. Азот практически слабо участвует в процессе сгорания, и его концентрация мало изменяется в зависимости от нагрузки дизеля и строить расчетные соотношения на его балансе нецелесообразно. Следовательно, удобно использовать концентрации  $O_2$ ,  $CO$ , и  $CO_2$ .

Однако параметры ОГ являются функцией как ТА, так и ТС ЦПГ, ГРМ. В связи с этим только по параметрам ОГ трудно оценить состояние ТА.

Относительные потери теплоты с уходящими газами в широком диапазоне нагрузок (при  $n = \text{const}$ ) практически неизменны. Следовательно, можно определить температуру газов на выходе из цилиндров, которая соответствует ТС ТА:

$$T_{огip} = \frac{\alpha_{\Sigma i}}{\alpha_{\Sigma i} + 0,0666} \left( \frac{C_1}{\alpha_{\Sigma i}} + C_2 T_c \right) \quad (1)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — постоянные коэффициенты;

$T_{огip}$  - расчетная температура газов в  $i$ - цилиндре, К;

$T_c$  — температура смеси, К;

$\alpha_{\Sigma i}$  — состав смеси в  $i$ - цилиндре.

Ухудшение ТС ТА приводит к нарушению процессов топливоподачи, смесеобразования и сгорания и, как результат, к росту потерь теплоты с уходящими газами. Подтверждением этого является отличие измеренной температуры  $T_{огi}$  от расчетной  $T_{огip}$  при данном составе смеси  $\alpha_{\Sigma i}$ . Это означает, что снижение индикаторного КПД вызывает возрастание потерь теплоты с уходящими газами.

Регулировку ТА дизелей в ряде случаев проверяют по максимальному давлению сгорания  $p_z$ , температуре ОГ за каждым цилиндром  $T_{огi}$  и выходу рейки ТНВД. По этим же параметрам судят и о ТС системы. Тем не менее, повышение температуры ОГ неизбежно вследствие ухудшения ТС других узлов и систем, в том числе ЦПГ, ГРМ, системы воздухообеспечения и др. Таким образом, повышение  $T_{огi}$ , не позволяет провести локального диагностирования.

---

Определенный интерес представляет магнитоэлектрический метод диагностирования ТА дизелей по параметрам перемещения подвижных деталей ТА.

Данный метод основан на регистрации изменяющегося магнитного потока в предварительно намагниченных деталях диагностируемого механизма. Индуцируемая электродвижущая сила (ЭДС) в магниточувствительном элементе датчика пропорциональна скорости движения намагниченной детали, т. е.

$$U_{\text{вых}} = kc(t) \quad (2)$$

где  $U_{\text{вых}}$  — ЭДС на выходе датчика, В;

$k$  — коэффициент пропорциональности;

$c$  — скорость движения детали, м/с;

$t$  — время, с.

Индикаторный датчик, установленный снизу на корпус ТНВД, регистрирует фазу между отметкой нижней мертвой точки (НМТ) кулачка и отметкой, соответствующей углу начала нагнетания. Диагностирование осуществляется на работающем дизеле без разборки ТА, чем исключается всякое вмешательство в нормальную работу ТА и позволяет оценить по скоростной характеристике движение нагнетательного клапана, угол начала нагнетания, величину и равномерность подачи топлива секциями ТНВД и ТС плунжерной пары золотникового типа.

Существующие методы диагностирования позволяют достаточно достоверно в процессе эксплуатации определять ТС дизелей без их разборки. Однако определение состояния ТА в некоторых случаях затруднено в связи с постепенным возникновением неисправностей в других системах СУ (воздухоснабжения, охлаждения и др.), взаимодействующих между собой, которые аналогично влияют на структурные показатели. Это влечет за собой дополнительные работы по осмотру узлов и деталей двигателя.

Таким образом, необходимы методы локального диагностирования системы топливоподачи на работающем дизеле, в нагруженном состоянии, что позволит оценить ТС ТНВД и форсунки при номинальных (или близких к ним) цикловых подачах.

Наибольший интерес представляет диагностирование методом измерения амплитудно-фазовых параметров изменения давления в нагнетательной магистрали топливоподающей системы.