

УДК 629.3.083

УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Жданов А.Г.

к.т.н. доцент,

Приволжский государственный университет путей сообщения,

Россия, г. Самара

Дугушев Н.И.

Студент,

Приволжский государственный университет путей сообщения,

Россия, г. Самара

Сирик А.В.

Студент,

Приволжский государственный университет путей сообщения,

Россия, г. Самара

Тихонов Д.А.

Студент,

Приволжский государственный университет путей сообщения,

Россия, г. Самара

Аннотация

в статье рассмотрена актуальная проблема обеспечения эффективной эксплуатации наземных транспортно-технологических средств (НТТС) в условиях ограниченной доступности специализированного стендового диагностического оборудования для топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Обоснована экономическая и техническая целесообразность проведения диагностических и регулировочных работ

непосредственно на транспортном средстве. Предложена концепция портативного устройства для безразборной диагностики, принцип действия которого основан на измерении и анализе давления в топливной системе высокого давления (ТНВД) в режиме реального времени. Проведен анализ преимуществ внедрения предлагаемого решения, к которым относятся снижение эксплуатационных затрат, увеличение межремонтного ресурса НТТС, оперативное выявление неисправностей и минимизация простоя техники. Показано, что использование разработанного устройства позволяет с высокой достоверностью оценивать состояние плунжерных пар, форсунок и клапанов ТНВД, а также производить их регулировку, что напрямую влияет на ключевые технико-экономические показатели: мощность двигателя, удельный и часовой расход топлива, токсичность отработавших газов.

Ключевые слова: наземные транспортно-технологические средства, диагностика, топливная аппаратура, безразборная диагностика, давление топлива.

DEVICE FOR THE COMPLETE DETECTION OF FUEL EQUIPMENT OF GROUND MEANS OF TRANSPORT AND TECHNOLOGY

Zhdanov A.G.

Associate Professor,

Volga Region State Transport University,

Russia, Samara

Dugushev N.I.

Student,

Volga Region State Transport University,

Russia, Samara

Sirik A.V.

*Student,
Volga Region State Transport University,
Russia, Samara*

Tikhonov D.A.

*Student,
Volga Region State Transport University,
Russia, Samara*

Abstract

the article considers the current problem of ensuring efficient operation of ground transport and technology equipment (NTC) in conditions of limited availability of specialized stand-alone diagnostic equipment for fuel equipment of internal combustion engines (ICE). The economic and technical feasibility of carrying out diagnostic and adjustment work directly on the vehicle is justified. The concept of a portable device for stent-free diagnosis, whose principle of operation is based on measurement and analysis of pressure in high pressure fuel system (HPS) in real time. An analysis of the advantages of implementation of the proposed solution was carried out, which include reduction of operating costs, increase of inter-repair life of NTSC, prompt detection of faults and minimization of downtime. It is shown that the use of the developed device allows with high reliability to estimate the state of plunger pairs, nozzles and valves TMDD, as well as make their adjustment, which directly affects the key technical-economic indicators: engine power, specific and hourly fuel consumption, toxicity of exhaust gases.

Keywords: Ground transportation technology, diagnostics, fuel equipment, non-detachable diagnostics, fuel pressure.

Современные наземные транспортно-технологические средства (НТТС), оснащенные дизельными двигателями, представляют собой сложные энергетические комплексы, эффективность которых в значительной степени определяется исправным состоянием системы питания. Топливная аппаратура (ТА), в частности топливный насос высокого давления (ТНВД) и форсунки, является одним из наиболее ответственных и дорогостоящих узлов, непосредственно влияющих на мощностные, экономические и экологические параметры двигателя [1].

Актуальность исследования обусловлена существующей проблемой на многих ремонтных предприятиях и в эксплуатационных организациях, которые зачастую не располагают парком специализированных и дорогостоящих стендов для комплексной диагностики и регулировки ТА. Это приводит к необходимости снятия узлов с транспортного средства и их транспортировки в специализированные сервисные центры, что влечет за собой значительные временные и финансовые издержки, а также увеличение периода простоя техники.

В связи с этим, назрела острая необходимость во внедрении инновационных методов и устройств, позволяющих производить диагностику, регулировку и выбраковку узлов ТА непосредственно на объекте эксплуатации, без применения громоздких стационарных стендов. Такие устройства позволят не только оперативно восстановить работоспособность НТТС, но и проводить профилактические работы, направленные на поддержание оптимальных технико-экономических показателей, таких как мощность, удельный и часовой расход топлива, и тем самым снизить совокупную стоимость владения техникой.

Целью данной работы является разработка концепции портативного устройства для безразборной диагностики топливной аппаратуры НТТС, проведенные исследования, описание принципа действия, структурной схемы и алгоритма работы.

Проведенный анализ эксплуатационных данных и ремонтной статистики позволяет количественно оценить эффективность регулярного диагностирования и технического обслуживания (ТО) топливной аппаратуры (ТА). Согласно полученным результатам, реализация комплекса оперативных мероприятий, основанных на данных диагностики, обеспечивает снижение непроизводительных топливных потерь на 30–40% [2].

Актуальность данной проблемы подтверждается существенным влиянием состояния ТА на основные эксплуатационные показатели дизельного двигателя. Так, даже незначительные неисправности форсунок или топливного насоса высокого давления (ТНВД) приводят к резкому ухудшению пусковых свойств двигателя и значительному перерасходу топлива. Для наглядности, расчеты показывают, что автомобильный дизель объемом 2.5–3.0 литра по причине дефектов исключительно топливной аппаратуры теряет в среднем от 80 до 150 кг топлива на протяжении межсервисного интервала в 10 000 км пробега.

Ключевым инструментом противодействия данным негативным процессам является внедрение системы регулярного диагностирования. Исследования демонстрируют, что плановая диагностика с последующим оперативным ТО позволяет не только минимизировать топливные потери, но и увеличить расчетный ресурс дизельного двигателя в целом на 15–20%. Экономический эффект от поддержания ТА в исправном состоянии является кумулятивным. Например, своевременное выявление и устранение неисправности всего одной форсунки (включая такие операции, как раскоксовка распылителя, промывка, притирка клапанной пары и регулировка давления впрыска) обеспечивает экономию 10–15 кг топлива за тот же интервал в 10 000 км [4].

Критерием нормального функционирования топливной аппаратуры является стабильная и бесперебойная подача топлива, а также его высококачественное распыливание в камере сгорания. Существенное влияние на

работоспособность и долговечность ТА оказывает качество применяемого топлива, в частности, содержание в нем воды, механических примесей и соответствие требуемой вязкости [3]. Поскольку именно от точности работы ТА напрямую зависят мощностные и экономические показатели двигателя, система мониторинга ее состояния должна быть неразрывно связана с профилактическими мероприятиями (такими как промывка топливной системы), регулярными испытаниями и точной регулировкой на основе объективных диагностических данных.

Предлагаемая схема диагностирования форсунок и секций ТНВД без их демонтажа с дизельного двигателя показана на рис.1.

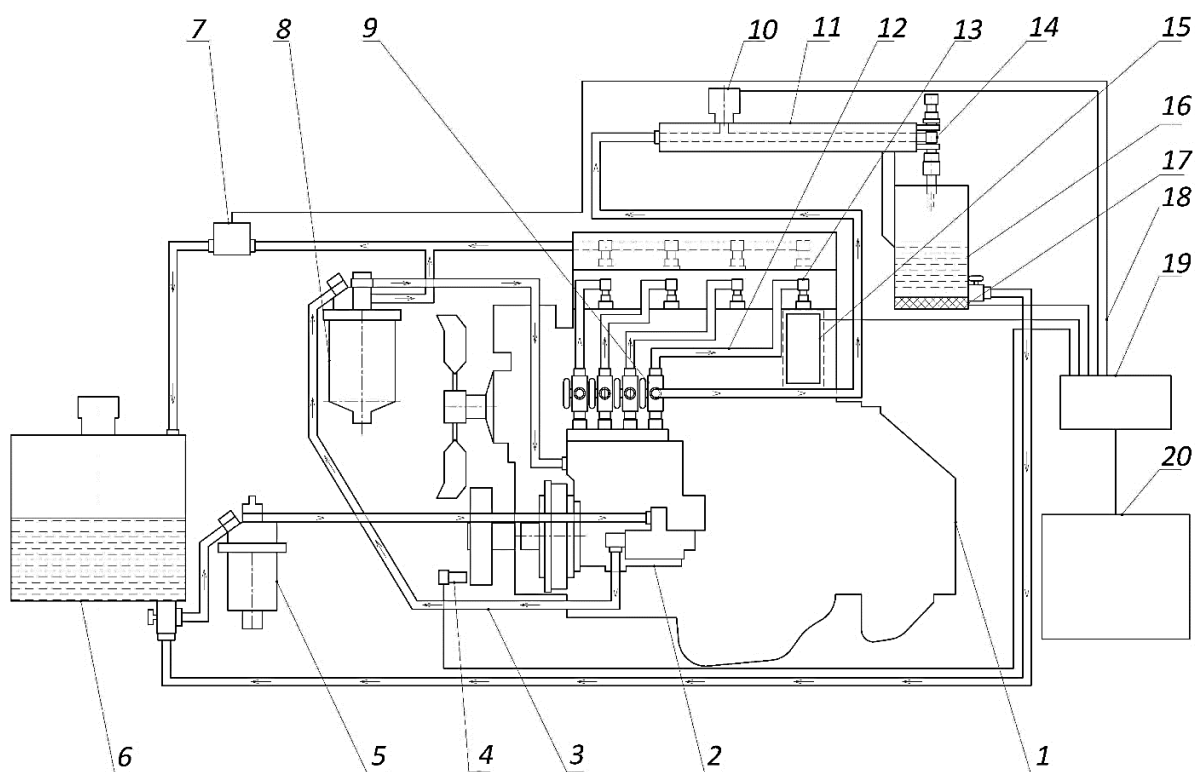


Рис. 1 – Схема устройства диагностирования топливной аппаратуры ДВС

1 – двигатель; 2 – ТНВД; 3 – топливопроводы низкого давления; 4 – индукционный датчик числа оборотов коленчатого вала; 5 – фильтр грубой очистки топлива; 6 – топливный бак; 7 – расходомер; 8 – фильтр тонкой очистки топлива; 9 – трехходовой кран; 10 –
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

пьезоэлектрический датчик давления; 11 – цилиндрическая трубка; 12 – топливопроводы высокого давления; 13 – форсунки; 14 – эталонная форсунка; 15 – тепловизор; 16 – мерная емкость; 17 – тензорезисторный датчик мембранного типа; 18 – соединительные устройства; 19 – электронный блок управления; 20 – компьютер.

Устройство безразборного диагностирования и регулирования дизельной топливной аппаратуры предназначено для диагностики плунжерных пар топливного насоса высокого давления и форсунок двигателя и реализуется непосредственно на дизеле в эксплуатационных условиях.

Устройство состоит из:

- системы питания дизельного ДВС 1 включающей в себя: топливный бак 6, фильтр грубой очистки 5, фильтр тонкой очистки топлива 8 соединенные между собой и топливным насосом высокого давления (ТНВД) 2 топливопроводами низкого давления 3. ТНВД с форсунками 13 сообщается через топливопроводы высокого давления 12;

- самого устройства, состоящего из: трехходовых кранов 9, которые установлены на каждой секции ТНВД 2 и соединенные с форсунками двигателя 13 и цилиндрической трубкой 11, соединенной с эталонной форсункой 14, вставленной в мерную емкость 16, снабженную тензорезисторным датчиком мембранного типа 17. Напротив форсунок 13 при диагностировании устанавливается тепловизор 15. Цилиндрическая трубка 11 снабжена пьезоэлектрическим датчик давления 10, а индукционный датчик числа оборотов коленчатого вала 4 установлен на валу двигателя 1.

Все измерительные датчики передают сигналы через соединительные устройства 18 на электронный блок управления 19 и компьютер 20.

Устройство безразборного диагностирования и регулирования дизельной топливной аппаратуры работает следующим образом.

Первый этап диагностики топливной аппаратуры дизельного двигателя 1 включает определение цикловой подачи ТНВД 2 обеспечивающее работу двигателя на номинальной частоте его вращения, а также видеофиксацию факела распыла топлива с форсунок 13 тепловизором 15 и охлаждающей панелью, находящаяся с противоположной стороны тепловизора, которая усиливает контраст тепловых потоков излучаемых тепловизором и определении их работоспособности. Топливо из топливного бака 6 поступает по топливопроводу низкого давления 3 через фильтр грубой 5 и тонкой очистки топлива 8 на расходомер 7, ТНВД 2, топливопроводам высокого давления 12 на форсунки 13. Определение цикловой подачи топлива ТНВД (фазовых параметров подачи топлива) производится делением расхода топлива на количество оборотов, определяемых датчиком числа оборотов 4, установленного на коленчатый вал двигателя.

Элемент управления ТНВД, например, рейка (на схеме не показана), определяющая подачу топлива, устанавливается в положение, соответствующее номинальной цикловой подаче.

На втором этапе к предварительно установленному трехходовому крану 9 одной из секций ТНВД 2 присоединяется устройство диагностирования топливной аппаратуры дизельного двигателя 1, состоящее из цилиндрической трубки 11, к которой присоединены пьезоэлектрический датчик давления 10, эталонная форсунка 14, мерная емкость 16 и тензорезисторный датчик мембранного типа 17, которые подключены с помощью соединительных устройств 18, через электронный блок управления 19 с компьютером 20. Двигатель запускается.

На третьем этапе трехходовым краном 9 отключается одна из форсунок 13 двигателя 1 и топливо поступает в корпус 11 через датчик давления 10 на эталонную форсунку 14, которая впрыскивает топливо в мерную емкость 16.

На четвертом этапе проводится диагностирование параметров топливной аппаратуры, заключающееся в измерении номинальных цикловых подач топлива расходомером, фаз топливоподачи – датчиками давления, числа оборотов коленчатого вала, объема топлива поступившего в мерную емкость, давления в топливопроводе высокого давления, тепловизора 15, который производит видеофиксацию факела распыла топлива с форсунки 13 и т.п. Результаты испытаний передаются в виде выходных сигналов с датчиков в обрабатывающий блок 19 с передачей данных на компьютер 20, отображающий результаты.

На пятом этапе полученные значения регулировочных параметров сравниваются с рекомендуемыми и регулируются. Регулировка производится по действующей методике.

Описанные этапы диагностирования необходимо повторить для каждой секции ТНВД 2 и форсунок 13 двигателя. После полной диагностики все результаты обрабатываются, выявляются причины неисправностей и комплекс мероприятий, направленный на их устранение. Трехходовые краны 9 остаются смонтированными на ТНВД для дальнейшей диагностики топливной аппаратуры.

Предлагаемое устройство диагностирования и регулирования топливной аппаратуры для безразборных испытаний двигателя, позволяет увеличить ресурс и сократить время испытания топливной аппаратуры на 10-15%, повысить достоверность результатов диагностики и качества регулировки форсунок на 3-5%, повысить межсекционную точность измерения параметров на 2-3%, снизить трудоемкость работ на 10-15%.

Практическая реализация и внедрение данного устройства на ремонтных предприятиях и в эксплуатационных службах предприятий, эксплуатирующих парки НТТС (например, дорожно-строительной, сельскохозяйственной, коммунальной техники), позволят существенно

повысить коэффициент технической готовности машин, снизить прямые эксплуатационные издержки и поддерживать высокие технико-экономические показатели на протяжении всего жизненного цикла техники.

Перспективами дальнейших исследований являются создание опытного образца устройства, проведение натурных испытаний на различных типах двигателей и формирование расширенной базы данных эталонных осциллограмм.

Таким образом, в рамках данного исследования была обоснована необходимость и предложена концепция портативного устройства для безразборной диагностики топливной аппаратуры НТТС. Устройство позволяет оперативно, с высокой степенью достоверности и без снятия узлов с двигателя производить оценку технического состояния ТНВД и форсунок, а также осуществлять их регулировку.

Библиографический список

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория, моделирование и расчет процессов в ДВС: Учебное пособие для вузов / В.И. Кричевский, А.Н. Мамаев. – М.: Альянс, 2019. – 356 с.
2. Патент 2677490 на устройство, Российская Федерация, МКИ7 G01M 1/00 Способ и устройство для контроля состояния динамического оборудования /Р.Г. Нигматуллин (RU), В.Р. Нигматуллин (RU), И.Р. Нигматуллин (RU), С.С. Пелецкий (RU), К.Н. Фиофанов (RU), А.И. Ахметов (RU) и др. Заявитель патентообладатель ООО "Химмотолог" (RU) - № 2016140590, заявл. 14.10.2016; опубл.: 17.04.2018 Бюл. № 11.
3. Жданов А.Г. Диагностирование топливной аппаратуры дизельного ДВС. / Жданов А.Г., Давлетшин Р.А //Материалы научного марафона, посвященного 30-летию со дня основания факультета "Подвижной состав и путевые машины"-Самара, СамГУПС, 2019. - с.55-57

4. Жданов А.Г., Коркина С.В. Силовые приводы машин и механизмов: учебник– Самара: ПривГУПС, 2025. – 273 с.