

© С. В. Крашенинников

УДК 629.113

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ *

С. В. Крашенинников (Новосибирск, Россия)

В статье анализируются эффективные методы и способы технического диагностирования дизельных двигателей внутреннего сгорания, выделяются наиболее перспективные из них. Определяется перечень первоочередных параметров технического состояния, подлежащих диагностированию в условиях эксплуатации. Цель статьи – показать основное направление в развитии средств, методов и способов технического диагностирования топливных систем дизельных двигателей. Рассмотрены вопросы построения технических средств диагностирования на основе микропроцессорной техники. В частности, рассматривается вариант построения технического устройства для контроля и диагностирования топливных систем дизельных двигателей внутреннего сгорания по параметрам рабочих процессов на базе аналогово-цифрового преобразователя и персонального компьютера. Проанализированы варианты получения характеристик впрыскивания топлива с использованием накладных датчиков давления. Показано преимущество использования данного устройства в совокупности с накладными датчиками давления при оценке технического состояния топливных систем дизельных двигателей. В заключении делаются выводы, характеризующие основные направления развития систем технического диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Ключевые слова: *диагностирование, топливная система, дизельный двигатель внутреннего сгорания, диагностическое устройство.*

К основным показателям дизельного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) относятся мощность, крутящий момент и расход топлива. При эксплуатации со временем происходит изменение регулировочных параметров, возникают неисправности, которые сопровождаются уменьшением мощности и увеличением

расхода топлива. Как следствие, растут эксплуатационные затраты. В большинстве случаев изменение характеристик дизеля вызывается неисправностями топливной аппаратуры (ТА), на которую приходится 45–60 % [3] всех отказов, возникающих в дизельном двигателе.

* Статья подготовлена в рамках реализации Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «НГПУ» на 2012–2016 гг., конкурс молодых ученых.

Крашенинников Семен Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры машиноведения факультета технологии и предпринимательства, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: ctcz@ya.ru

Основной причиной возникновения неисправностей в узлах ТА дизельных двигателей является износ. Наибольшее влияние на работу системы топливоподачи оказывает износ прецизионных узлов, таких как плунжерная пара, нагнетательный клапан и распылитель. Определяющими видами изнашивания являются гидроабразивное и эрозионно-кавитационное. В результате таких видов изнашивания имеет место местный износ в сопряжениях прецизионных узлов. Поэтому работы, направленные на разработку методов, способов и средств технического диагностирования ТА являются актуальными.

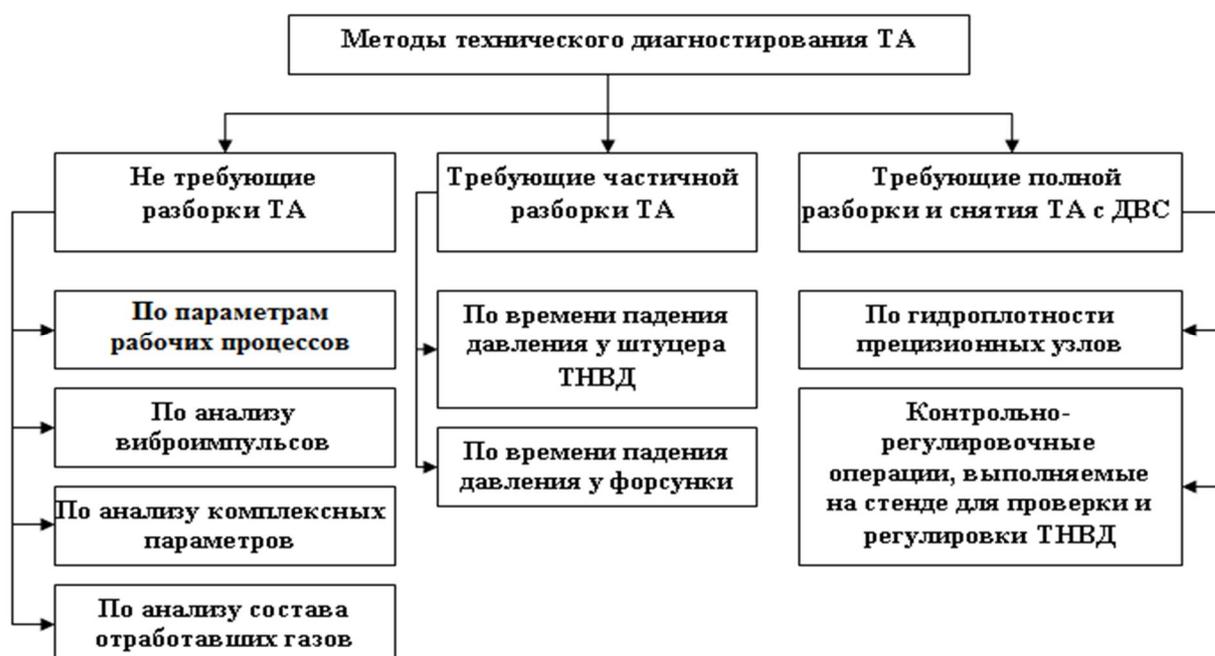
В настоящее время разработаны различные стенды, приспособления,

устройства и методы для оценки отдельных параметров технического состояния ДВС, различия которых заключаются в выборе групп диагностических параметров и выявлении формы их функциональных связей со структурными параметрами. В тоже время, обнаружение большинства отказов в ТА затруднительно, в связи с постепенным их возникновением, а также вследствие того, что их влияние на выходные показатели дизеля аналогично влиянию отказов в системах воздухообеспечения и газораспределения.

Для целей технической диагностики ТА можно произвести разделение всех методов диагностирования на три основные группы (рис. 1).

Рисунок 1.

Методы технического диагностирования ТА дизеля



Методы технического диагностирования не требующие разборки ТА зарекомендовали себя как универсальные

и оперативные, позволяющие комплексно оценить состояние. Для диагностирования применяется сложное электронное

оборудование, которое требует высокой квалификации мастера-диагноста. Наиболее перспективными, из методов диагностирования являются виброакустический метод, методы диагностирования по анализу комплексных параметров и метод диагностирования по параметрам рабочих процессов.

Разработки по диагностике виброакустическим методом широко велись в России и зарубежом. Данный метод может быть использован для определения технического состояния таких элементов ТА, как топливный насос высокого давления (ТНВД), форсунки и топливоподкачивающий насос. Метод основан на регистрации виброакустических сигналов, которые возникают в процессе работы ДВС и дальнейшем их анализе с целью определения неисправного элемента системы [4].

Достоинством виброакустического метода диагностирования является отсутствие разборочно-сборочных операций, простой способ закрепления первичных преобразователей на объекте диагностирования, а такие новые методы, как лазерная вибродиагностика допускают бесконтактный съем сигнала. Недостатком данного метода является обработка, интерпретация диагностической информации, распознавание параметров и дефектов, эти процессы достаточно сложны и трудоемки, а полученные значения не достаточно информативны.

Наиболее часто в практике используют методы диагностирования по анализу комплексных параметров для определения технического состояния дизельного двигателя и его систем в целом. К таким параметрам относятся: мощность, среднее эффективное давление, крутящий момент,

расход топлива и коэффициент полезного действия. Перечисленные параметры находятся в тесной корреляционной связи с неисправностями в работе таких систем и механизмов двигателя как: механизм газораспределения, топливная система, система воздухообеспечения, система смазки, система охлаждения, кривошипно-шатунный механизм и т.д.

Общим недостатком подходов к диагностированию ТА по анализу комплексных параметров является влияние других систем ДВС на их изменение, что, в свою очередь, увеличивает время поиска конкретной неисправности, трудоемкость и стоимость диагностирования.

Наиболее эффективно оценить состояние ТА возможно по параметрам рабочих процессов. Метод основан на измерении параметров частотно-временной группы, которыми характеризуется большинство процессов дизеля. Качество протекания процесса впрыскивания и состояние деталей топливной аппаратуры могут быть оценены по таким показателям, как угол опережения подачи топлива, продолжительность впрыскивания, максимальное и среднее давление впрыскивания, фактор динамичности цикла (отношение количества топлива, подаваемого в цилиндр двигателя за период задержки воспламенения, к цикловой подаче топлива) и др. При диагностировании топливной аппаратуры по указанным характеристикам, анализ ее работоспособности проводят по осциллограммам процесса впрыскивания топлива, путем выделения характерных участков. Осциллограммы получают в установившихся режимах работы при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя. По осциллограммам давления

впрыскивания топлива обнаруживают большинство неисправностей топливной аппаратуры. Диагностирование проводят путем сравнения эталонной и исследуемой осциллограмм, снятых на одном и том же режиме работы двигателя [1].

Методы диагностирования ТА по параметрам отработавших газов являются универсальными и позволяют регистрировать неисправную работу топливной системы [5]. Однако параметры отработавших газов являются функцией как ТА, так и технического состояния агрегатов наддува, цилиндропоршневой группы и др. В результате данные методы являются недостаточно объективными из-за большого количества факторов, влияющих на параметры отработавших газов, и подходят только для постановки предварительного диагноза.

Методы технического диагностирования ТА требующие частичной или полной ее разборки, достаточно просты и в основном требуют от мастера-диагноста знания конструкции дизеля и устройства составляющих элементов ТА, которые описаны в различных нормативно-технических и эксплуатационных документах, а также в специализированной сервисной литературе.

К недостаткам данных методов можно отнести необходимость в частичной или полной разборке элементов ТА дизеля, что увеличивает время постановки диагноза и снижает надежность ТА в целом, так как при разборочно-сборочных работах элементы питания подвергаются загрязнению.

Анализ методов и способов технического диагностирования показал, что наиболее эффективными можно считать методы, не требующие разборки

ТА, а наиболее точную оценку технического состояния ТА можно дать с использованием метода диагностирования по параметрам рабочих процессов. Исходя из этого, приоритетными можно считать работы, направленные на создание технических средств диагностирования, обеспечивающих получение точной информации о фактическом техническом состоянии объекта, диагностирования без его разбора.

При построении таких технических средств диагностирования необходимо учитывать наличие следующих приоритетных возможностей:

1. формирование баз данных по диагностируемой технике;
2. диагностирование узлов ТА без ее демонтажа с ДВС;
3. оценка топливно-энергетических показателей ДВС;
4. постановка диагноза в автоматизированном режиме;
5. дальнейшее развитие диагностической системы.

При детальном рассмотрении каждого из представленных пунктов можно выделить следующие основные составляющие элементы современных средств технического диагностирования:

– персональный компьютер (ПК), на котором с помощью специальных программных продуктов формируются базы данных по результатам диагностирования, и проводится их анализ с последующим прогнозированием остаточного ресурса техники или в отдельности ее систем (элементов). При этом, заблаговременно назначаются необходимые операции по техническому обслуживанию или текущему ремонту с целью исключения возможного простоя техники;

– аналого-цифровой преобразователь (АЦП);

– комплект датчиков для подключения к диагностируемому объекту;

– специализированное программное обеспечение с функцией постановки диагноза и рекомендаций для механика по устранению выявленной проблемы. Результатом наличия такого интеллектуального элемента в диагностической системе является существенное сокращение времени на поиск и устранение неисправности [2];

– модульная основа средства технического диагностирования позволяет разделить диагностирование каждого узла обследуемого объекта на отдельные модули. Таким образом, можно проводить диагностирование, как отдельных систем объекта, так и в целом всего объекта. Такой подход позволяет логично организовывать дальнейшее развитие диагностической системы, модернизируя

каждый ее элемент, независимо друг от друга. В таких системах, возможно реализовывать сложные диагностические алгоритмы, позволяющие получать исчерпывающую диагностическую информацию о состоянии объекта диагностирования.

По результатам исследований, проводимых в ФГБОУ ВПО «НГПУ», на модульной основе создан экспериментальный образец средства технического диагностирования (схематическое изображение представлено на рис. 2) в основе которого используется метод диагностирования по параметрам рабочих процессов. На сегодняшний день в нем реализован модуль диагностики ТА дизельного ДВС с использованием накладных датчиков давления (рис. 3). В ходе диагностических испытаний с накладных датчиков давления получают осциллограммы изменения давления топлива в магистралях высокого давления ТА дизеля.

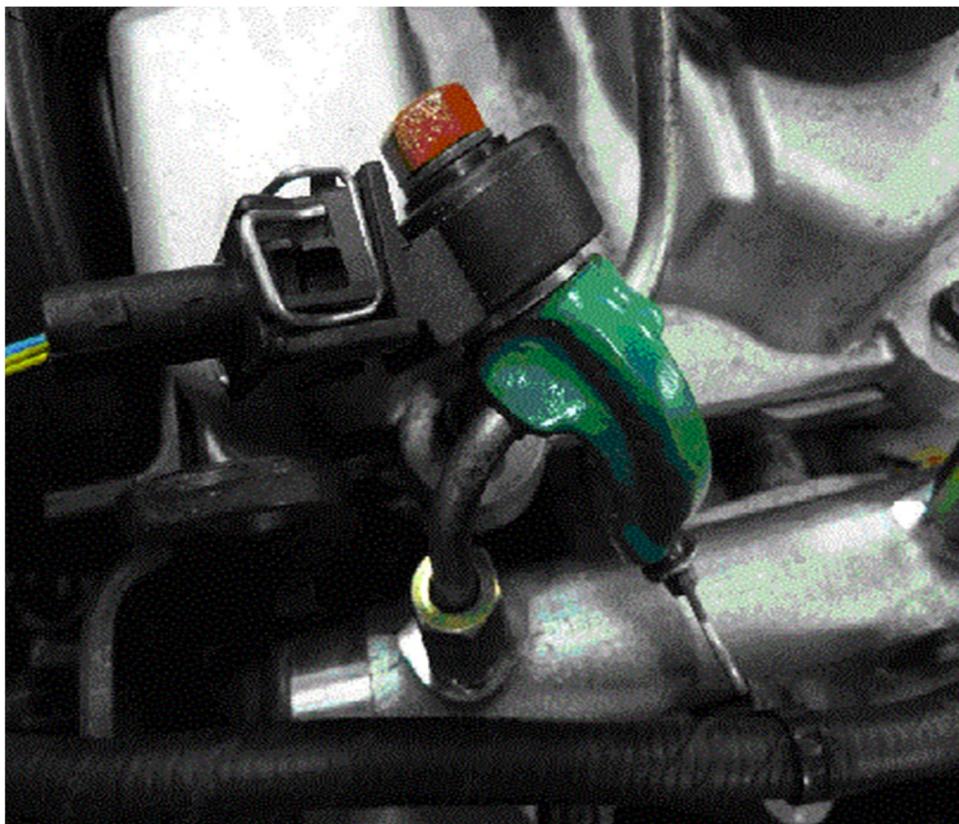
Рисунок 2.

Структурная схема экспериментального образца средства технического диагностирования



Рисунок 3.

Накладной датчик давления



Для получения наиболее информативных диагностических осциллограмм были проведены экспериментальные исследования с целью установления необходимой и достаточной частоты преобразования аналогового сигнала в цифровой вид. Эксперименты проводились на стенде для контроля и регулирования топливной аппаратуры КИ-921, с установленным на нем топливным насосом высокого давления (ТНВД) типа УТН. В разрыв топливных магистралей на штуцерах ТНВД и форсунок были установлены тензометрические датчики давления тип МД. На трубках вблизи датчиков МД установлены пьезометрические накладные датчики давления. Сигналы снимались одновременно с

пьезодатчиков и тензодатчиков. Сигнал получали при изменении частоты преобразования с шагом 10 КГц, в диапазонах от 1 КГц до 600 КГц. Осциллограммы, полученные при частоте АЦП 1 КГц, 100 КГц и 600 КГц представлены на рисунках 4–6.

Из рисунков 4–6 видно, что наиболее информативные частоты АЦП для получения диагностической информации находятся в диапазонах от 100 КГц до 600 КГц. При этом объем записываемого файла и время на его обработку увеличивается пропорционально частоте преобразования. Исходя из этого, с точки зрения оперативности и достоверности, а также по экономическим параметрам нами было установлено, что для целей

диагностирования ТА дизеля достаточно частоты преобразования АЦП в 100 КГц на один канал преобразования, при этом

получаемые файлы записи по объему не превышают 15 Мбайт.

Рисунок 4.

Осциллограмма давления, полученная при помощи экспериментального образца средства технического диагностирования при частоте АЦП 1 КГц

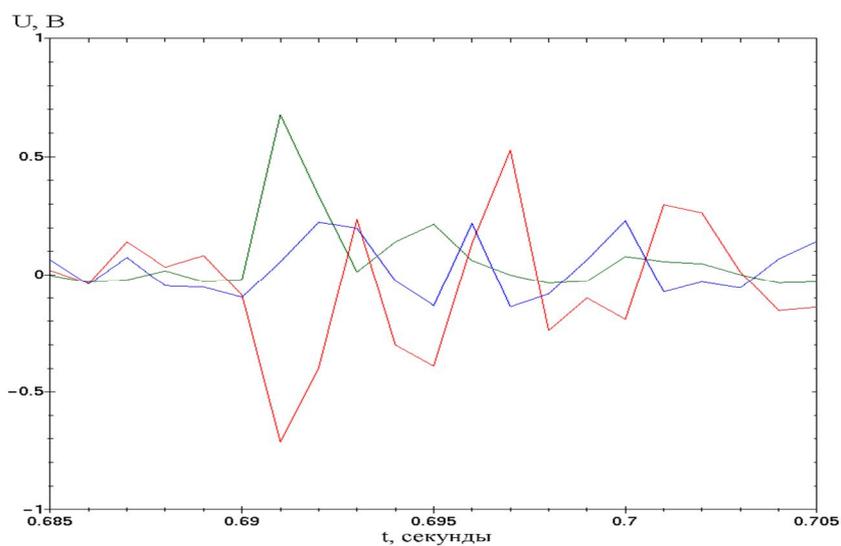


Рисунок 5.

Осциллограмма давления, полученная при помощи экспериментального образца средства технического диагностирования при частоте АЦП 100 КГц

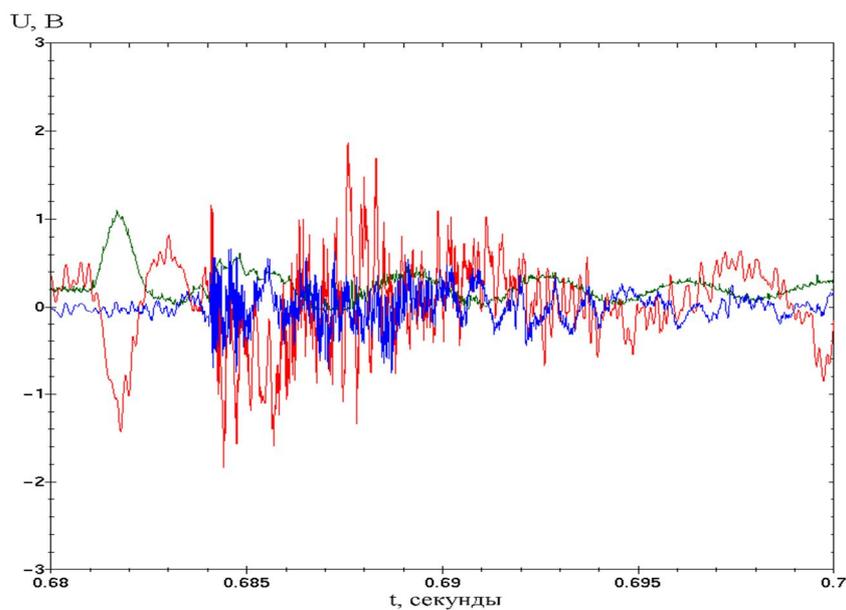
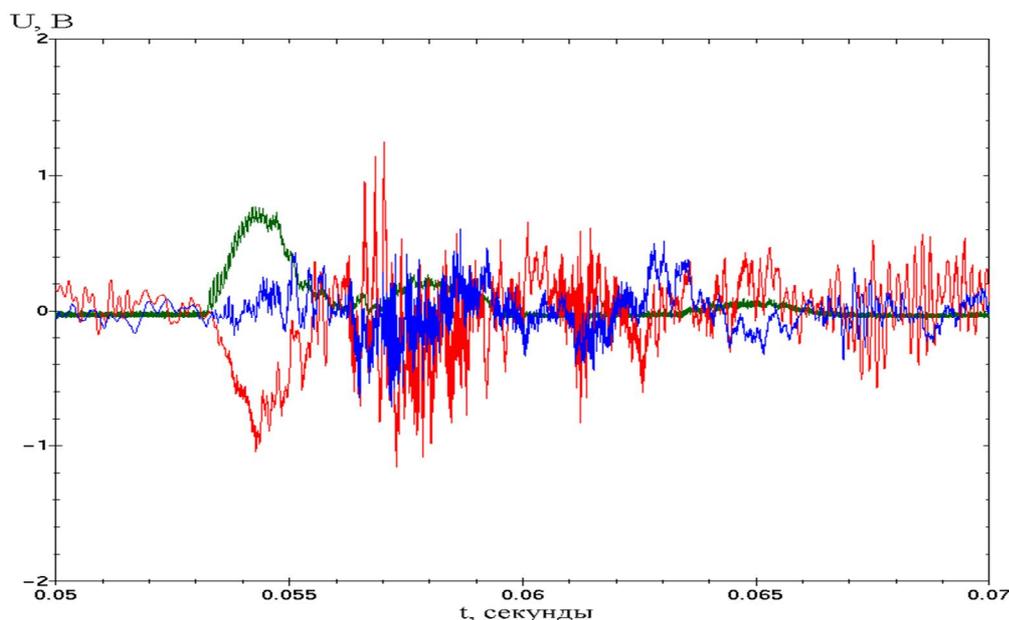


Рисунок 6.

Осциллограмма давления, полученная при помощи экспериментального образца средства технического диагностирования при частоте АЦП 600 КГц



Таким образом, использование накладных пьезодатчиков давления позволяет значительно снизить время на проведение диагностических испытаний, а получаемая информация позволяет провести экспресс анализ технического состояния ТА по получаемым осциллограммам. Также использование накладных пьезодатчиков давления, АЦП и ПК позволяет унифицировать средство технического диагностирования с целью диагностирования различных типов дизельных топливных систем в том числе «Common Rail».

Установлено, что работы по созданию методов и средств технического диагностирования необходимо проводить в направлении снижения трудоёмкости, повышения качества и оперативности получаемой диагностической информации о техническом состоянии объекта диагностирования. Диагностические системы целесообразно создавать с учетом модульной основы, поскольку появляется возможность создавать дополнительные функции и возможности диагностирования путем внедрения в систему дополнительного модуля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гюнтер Г. Диагностика дизельных двигателей. Серия «Автомеханик». – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.

2. **Лившиц В. М., Крашенинников С. В., Пятин С. П.** Перспективные разработки в области диагностики автотракторных дизелей // Вестник ИрГСХА, раздел «Механизация. Электрификация». – Иркутск : ИрГСХА. – 2010. – Вып. 38. – С. 77–81.
3. **Крашенинников С. В., Пятин С. П.** Диагностика топливной аппаратуры дизельного двигателя // Сельский механизатор. – 2010. – № 7. – С. 30–31.
4. **Дабровски З., Завица М.** Исследование чувствительности виброакустических сигналов к механическим повреждениям которые не распознаются системой бортовой диагностики у дизельных двигателей внутреннего сгорания // Diffusion and Defect Data Pt.B: Solid State Phenomena, 2012. – С. 194–199.
5. **Гор Д. А., Кук Г. Ж.** Бесконтактные методы диагностики дизельного двигателя основанные на анализе формы волны выхлопных газов / Доклад сделан в Ряде Технических документов SAE. – 1987. – 8 с.
6. **Lapuerta Magín, Armas Octavio, Hernández Juan José, Tsolakis Athanasios** Potential for reducing emissions in a diesel engine by fuelling with conventional biodiesel and Fischer–Tropsch diesel // Fuel, Volume 89, Issue 10, October 2010, Pages 3106–3113

© S. V. Krasheninnikov

UDC 629.113

MODERN APPROACHES TO DIAGNOSING OF DIESEL INTERNAL COMBUSTION ENGINES

S. V. Krasheninnikov (Novosibirsk, Russia)

In this article author considers effective methods and ways of technical diagnosing of diesel internal combustion engines. The list of prime parameters of the technical condition which is necessary for diagnosing under operating conditions is defined. The aim of the article is to show the main direction in development of means, methods and ways of technical diagnosing of fuel systems of diesel engines. Problems of creation of technical means of diagnosing on the basis of microprocessor equipment also are considered. In particular, the option of creation of the technical device for control and diagnosing of fuel systems of diesel internal combustion engines on parameters of working processes on the basis of an analog digitizer and the personal computer. In addition, options of obtaining characteristics of injection of fuel with use of laid pressure sensors are analyzed. Advantage of use this device in aggregate with laid pressure sensors is shown at an assessment of a technical condition of fuel systems of diesel engines. In the conclusion the author describes main directions of development of test systems of the fuel equipment of diesel engines.

Keywords: *diagnosing, fuel system, diesel internal combustion engine, diagnostic device.*

REFERENCES

1. **Günter G.** Diagnostics of diesel engines. – Moscow : Za rulem, 2004. – 176 s. In Russia
2. **Livshits V. M., Krasheninnikov S. V., Pjatin S. P.** Perspective development in the field of diagnostics of autotractor diesels / Vestnik ISSHA. «Mechanization. Electrification». – Irkutsk, 2010. – Vol. 38. – pp. 77–81. In Russia.
3. **Krasheninnikov S. V., Pjatin S. P.** Diagnostics of the fuel equipment of diesel engine / Rural machine operator. – Moscow, 2010. – N 7. – pp. 30–31. In Russia.
4. **Dabrowski Z., Zawisza M.** Investigations of the vibroacoustic signals sensitivity to mechanical defects not recognised by the OBD system in diesel engines / Diffusion and Defect Data Pt.B: Solid State Phenomena, 2012. – 180. – pp. 194–199.
5. **Gore D. A., Cooke G. J.** Noncontact techniques for diesel engine diagnostics using exhaust waveform analysis / Paper presented at the SAE Technical Paper Series, 1987. – 8 p.
6. **Lapuerta Magín, Armas Octavio, Hernández Juan José, Tsolakis Athanasios** Potential for reducing emissions in a diesel engine by fuelling with conventional biodiesel and Fischer–Tropsch diesel // Fuel, Volume 89, Issue 10, October 2010. – pp. 3106–3113.

Krasheninnikov Semen Valerievich – the candidate of technical sciences, the associate professor of faculty of technology and business, Novosibirsk State Pedagogical University.

E-mail: ctcz@ya.ru