

УДК 621.4: 629.113.01

Н.В. ГУРВИЧ, В.С. СИТНИКОВ, А.М. ТЕПЛЕТЧУК

Одесский национальный политехнический университет, Украина

## ЭЛЕКТРОННАЯ ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ФОРСУНОК

*Проведен анализ работы аккумуляторной топливной системы дизельного. Рассмотрены современные методы и средства диагностики топливной системы. Предложен новый метод и средства диагностики форсунок, повышающий эффективность процесса диагностики, а также метод диагностики, позволяющий модернизировать форсунки и систему для средств самодиагностики.*

**Ключевые слова:** аккумуляторная топливная система, диагностика форсунки, электронный блок управления, самодиагностика, электромагнитный клапан, датчик вибрации.

### Введение

Путь к совершенству двигателей внутреннего сгорания, включает в себя не только вопросы экономической эффективности двигателя, но и вопросы загрязнения окружающей среды.

Эти проблемы сегодня рассматриваются техническими науками как практические предложения, приобретут решающее значение, особенно по отношению к дизельным двигателям.

Повышение требований к увеличению топливной экономичности и снижению эмиссии токсичных компонентов с отработавшими газами вместе с требованиями к снижению шумности дизельных двигателей не могут выполняться при использовании топливных систем с механическими регуляторами частоты вращения.

Выполнение перечисленных выше требований возможно только с применением очень высокого давления впрыска, сочетающегося с определенной характеристикой подачи и точным дозированием топлива. С помощью механических систем эти требования выполнить невозможно, поэтому все производители топливных систем стали применять электронные системы. Применение электронных систем позволяет более точно контролировать подачу топлива и поддержку высокого давления. На сегодняшний день системой отвечающей всем требованиям является аккумуляторная топливная система (АТС).

По сравнению с обычными топливными системами с механическими приводами, АТС для дизелей с непосредственным впрыском топлива обеспечивает значительно более высокую гибкость при адаптации топливной системы к двигателю:

– широкую область применения (легковые автомобили с цилиндровой мощностью до 30 кВт/цилиндр, как и форсированные автомобильные, тепловозные и судовые дизели цилиндровой мощностью до 200 кВт/цилиндр);

– высокое давление впрыска до 1400 бар;  
– переменный угол опережения впрыска;  
– возможность формирования процесса двухфазного и многофазного впрыска;  
– соответствие давления впрыска скоростному и нагрузочному режимам.

При этом система становится экономически выгодной, т.к. позволяет повысить эффективность двигателя, при этом значительно понизив расход топлива.

### Элементы АТС

АТС включает в себя следующие элементы электронного управления:

– электронным блоком управления (ЭБУ);  
– датчик частоты вращения коленчатого вала;  
– датчик частоты вращения распределительного вала;  
– датчик положения педали акселератора;  
– датчик давления наддува;  
– датчик давления в аккумуляторе;  
– датчик температуры охлаждающей жидкости;  
– массовый расходомер воздуха.

Используя входные сигналы указанных выше датчиков, которые делятся на:

– аналоговые входные сигналы (например: информация о количестве подаваемого в цилиндры двигателя воздуха, температура охлаждающей жидкости двигателя и воздуха на впуске, напряжение аккумуляторной батареи и т.д.) преобразуются в цифровые через аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) микропроцессора электронного блока управления;

– цифровые входные сигналы (например: сигналы включения/выключения или сигналы цифровых датчиков, таких, как импульсы частоты вращения от датчика Холла) могут быть обработаны непосредственно микропроцессором.

ЭБУ производит расчет подачи импульсов на форсунки и регулятор давления. Используя свои выходные сигналы, ЭБУ запускает задающие каскады, которые имеют достаточную мощность для непосредственного управления исполнительными устройствами (приводами). Пуск исполнительных устройств осуществляется по характеристикам соответствующих систем [1 – 2].

### Проблемы АТС. Постановка задачи

Практика многих СТО в Украине показывает, что главная проблема рассматриваемой АТС является низкое качество дизельного топлива, что приводит к постоянным поломкам форсунок и, как следствие, повышает расход топлива. Системы самодиагностики не рассчитаны на поломки, загрязнение и заклинивание форсунок и не могут сигнализировать о наличии неисправности в форсунках, а по внешним признакам, такие неисправности определить практически не возможно и к данной проблеме МТ не применим. В случае возникновения неисправности в форсунке ЭБУ компенсирует потери мощности двигателя путем увеличения времени импульса на остальные форсунки, как следствие возрастает расход топлива и выброс вредных веществ в атмосферу.

Недостаток существующих систем диагностики – ограниченность возможностей [3]. Каждое из этих устройств может выполнять основные задачи, такие как считывание кодов ошибок, их устранение, вывод на экран показаний отдельных, не основных датчиков, измерение их параметров, активирование отдельных исполнительных механизмов. Они отличаются такими специальными возможностями такими как перепрограммирование бортового компьютера, форсунок, кодирование ключей и т.д. Эти устройства выпускают либо автопроизводители, которые ограничены данной маркой автомобиля. Форсунки не поддаются ремонту,

а определить точную неисправность форсунки с помощью существующих средств диагностики практически невозможно, это делает АТС дорогой и проблемной в обслуживании. В связи с этим есть необходимость в поиске альтернативных средств диагностики, позволяющих проводить более детальную диагностику форсунок АТС, не разбирая узлы двигателя, при этом снизив время на определения неисправности, стоимость диагностики и ремонта.

Основной проблемой АТС является форсунка. Плохое качество топлива, присутствие в нем твердых веществ, главная причина выхода их из строя или засорение. С развитием АТС, геометрические размеры внутри форсунки, ее каналы игольчатый клапан и т.д., становятся все меньше и меньше, к примеру: выход форсунки 3-го поколения АТС, из которого распыляется топливо в цилиндр, почти не заметен не вооруженным глазом. Фильтр тонкой очистки, который рассчитан на высокое качество топлива, пропускает загрязнение в систему, которая попадает в форсунки, из-за мелких размеров эти загрязнения вызывают поломку игольчатого клапана, либо засорение которое приводит к заклиниванию этого клапана. Результат этого – существенное повышение расхода топлива. Определить засорение или поломку известными методами диагностики не возможно, т.к. компьютерная диагностика АТС не рассчитана на поломки данного элемента системы. На сегодняшний день определить состояние форсунки только путем вынимания ее из двигателя, что усложняет процесс диагностики, и механических воздействий на нее, средствами описанными ниже.

На сегодняшний день для диагностики систем АТС применяются средства самодиагностики, стандартные электронные устройства производителей автомобилей и устройства позволяющие проводить диагностики путем демонтажа элементов системы, либо системы диагностики требующие разборки некоторых узлов и применение дополнительных устройств и механизмов (рис. 1).

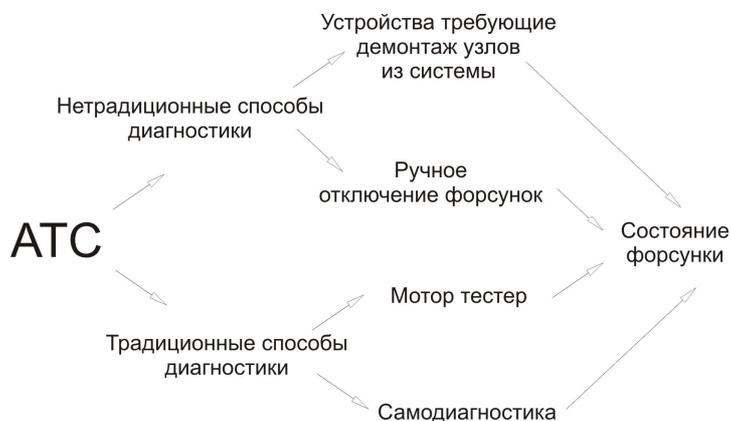


Рис. 1. Схема проведения диагностики различными способами для определения состояния форсунки

Рассмотрим следующие средства диагностики:

1. Самодиагностика – функция ЭБУ, позволяющая осуществлять диагностику в начале и в процессе работы без участия человека. Информация о возникших неисправностях заносится в память ЭБУ. Информация о возникновении неисправности без уточнения ее вида выдается водителю перед запуском, в некоторых системах – в процессе работы. Информация о виде неисправности может выдаваться только в текстовом режиме, в текстовом и кодовом, но чаще, только в цифровом коде, который расшифровывается по известным таблицам неисправностей.

Недостатки самодиагностики:

- самодиагностика не рассчитана и не имеет средств, определять состояние форсунок. В случае неправильной работы форсунки, система не сигнализирует об присутствии неисправности или отклонений в работе, продолжая работать в обычном режиме, а следствие – увеличение расхода топлива;

- сложный процесс считывание кодов неисправностей;

- низкая точность выявления неисправности.

2. Стандартные средства диагностики, рекомендуемые заводами изготовителями – мотор тестеры. Эти устройства выполняют только основные задачи, такие как считывание кодов ошибок, их устранение, вывод на экран показаний отдельных датчиков, измерение их параметров, активирование отдельных исполнительных механизмов и другие. Они отличаются такими специальными возможностями такими как перепрограммирование бортового компьютера, иммобилайзера, форсунок, кодирование ключей и т.д.

Недостатки мотор тестеров заключается в следующем:

- устройства имеют ограничения по маркам автомобилей;

- некоторые из моделей мотор тестеров имеют конфликт между разными поколениями АТС;

- мотор тестер не позволяет выявить механические неисправности такие как, засорение или неисправность форсунки, так же как и средства самодиагностики.

3. Системы, позволяющие проводить диагностику путем снятия форсунок и проверкой их на специальных стендах.

Данные системы требуют снятие форсунок, топливной рейки и прочих элементов топливной аппаратуры.

Недостаток подобных средств диагностики,

в необходимости демонтажа элементов АТС, что требует больше времени на диагностику и существует опасность повреждения этих элементов. Любая разборка, в частности в целях осмотра, сопряжена с внесением загрязнений, к которым топливная аппаратура АТС очень чувствительна, нарушениями герметичности разъемов и стыков, необходимостью установки новых прокладок или повреждениями устанавливаемых вторично, поврежденными резьбами, нарушенными регулировками, перестановкой приработавшихся деталей. В отличие от механической топливной аппаратуры, в дизелях с электронным управлением она имеет более мощный крепеж, испытывает большие механические нагрузки, связана с приводами, менее доступна и в целом более сложная и требовательная.

Суть диагностики двигателя внутреннего сгорания состоит в том, чтобы без разборки и демонтажа узлов, максимально достоверно, затратив минимальный промежуток времени, определить неисправность в двигателе [4].

Определить состояние форсунок можно по наблюдению за работой двигателя, а именно не вынимая их из двигателя фиксировать моментальные значения датчиков всей АТС и выводить их в виде осциллограммы.

Диагностику можно проводить по показателям нескольких датчиков одновременно. Зная идеальные характеристики, по отклонением характеристик полученных одновременно со всех датчиков, можно судить о причинах неисправностей для дальнейшего ремонта. Рассмотренные средства диагностики, позволяют наблюдать за изменением мгновенных значений только одного датчика одновременно и не позволяют сохранять эти значения для дальнейшего анализа.

Предложено создать устройство для диагностики – устройства диагностики и контроля форсунок (УДКФ) (рис. 2), подключаемое к системе как транзитное устройство между системой и ЭБУ (рис. 3), которым возможно определять состояние форсунок двигателя путем последовательного отключения форсунок.

Отключив форсунку, при рабочем двигателе на холостом ходу, при исправной форсунки холостые обороты должны упасть на определенное, но не заметное в работе двигателя количество, значения оборотов зависят от типа двигателя и количество цилиндров. Если обороты не упали, это означает, что иглчатый клапан обломан или заклинил, если обороты упали совсем незначительно, значит форсунка засорилась и ее нужно промыть.

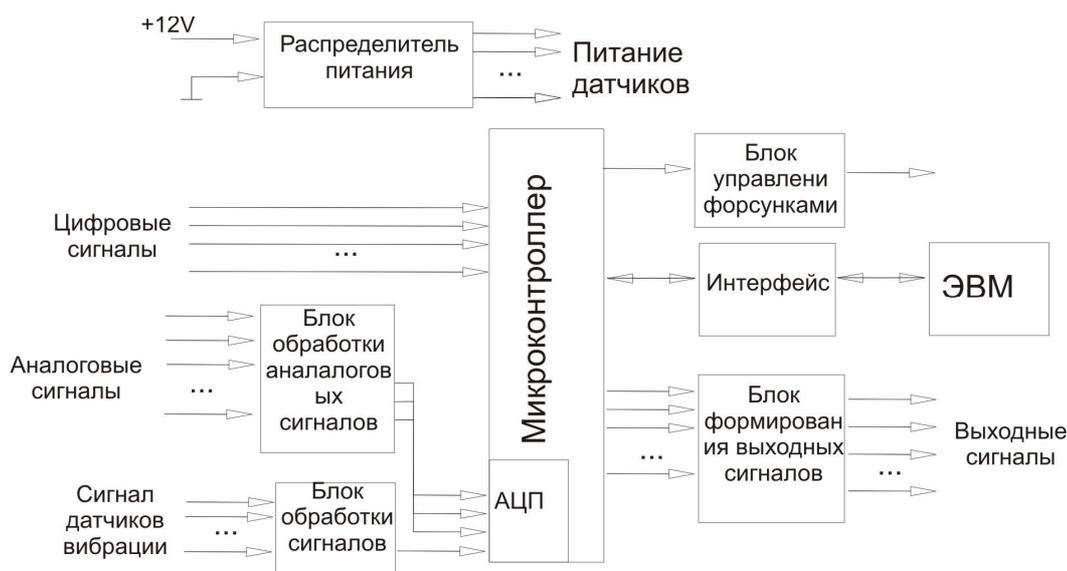


Рис. 2. Структурная схема УДКФ

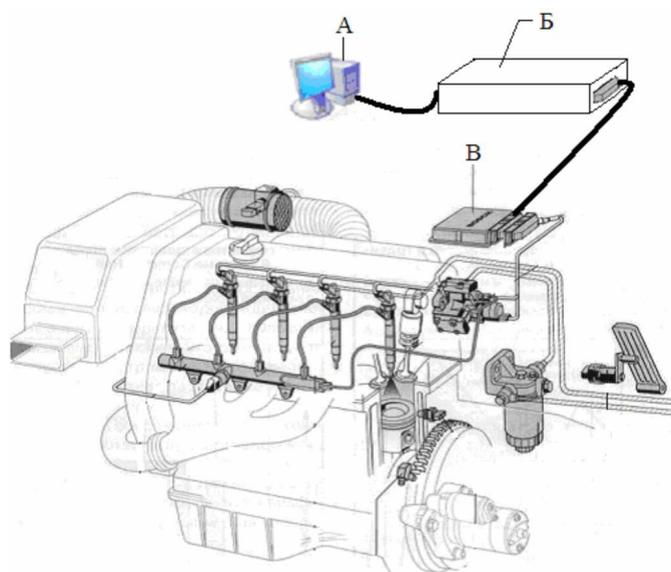


Рис. 3. Подключение УДКФ к АТС

Таким же образом проверяется каждая форсунка, устройство позволит безопасно, для электронных компонентов системы, отключать форсунки программным путем и получать моментальное значение оборотов двигателя с датчика положения коленчатого вала и с датчиков положения распределительных валов. Для того, чтобы увеличить вероятность точного определения неисправности, необходимо одновременно с наблюдением за поведением оборотов наблюдать за остальными показателями системы, таких как, давление масла в двигателе, его температура, показание расходомера, давления в аккумуляторе топлива и т.д., выводя при этом мгновенные значения во временные осциллограммы, тем самым повышая эффективность диагностики.

Определить состояние форсунок можно при помощи исследования вибрации, так как при

открытии и закрытии форсунок появляется вибрация вызванная движением игельчатого клапана, любое загрязнение вызывает изменение вибрационных характеристик. Получив и обработав вибрацию, на сегодня это можно делать при помощи ультразвука, но ультразвук разрушает металл в двигателях с большим пробегом и мелкие детали, размером с игельчатый клапан.

Замерить вибрацию можно с помощью пьезоэлектрического датчика вибрации специальных исполнениях с максимальной рабочей температурой до 120 °С, так как обыкновенное исполнение работает при максимальной температуре 80 °С, а максимальная рабочая температура двигателя достигает 115 °С. Получив сигнал с датчика его нужно обработать специально разработанными фильтрами для датчика. Конечный результат – это характери-

стика в виде осциллограммы, по которой можно судить о состоянии форсунки. Однако в таком определении состояния форсунок возникает проблема – форсунка открывается путем посылания ей временного импульса, время этого импульса измеряется в нано- и микросекундах, поэтому физически измерить вибрацию при открытии и закрытии замерить тяжело, поэтому необходимо искусственно открывать и закрывать импульсы на время не меньше 2-х секунд, тогда можно будет получить значения вибрации, Данный способ включен в УДКФ (рис.3) предложенный выше, как отдельный каскад который может работать автономном режиме.

Изучив характер вибрации, можно выпускать форсунки, имеющие в корпусе датчик вибрации, и включить эту способ в программу самодиагностики, приспособив тем самым саму АТС для решения проблем связанных с форсунками.

### Заклучение

Был проведен анализ АТС и современных средств диагностики. Определены проблемы АТС, связанные с форсунками и выявлен ряд недостатков в средствах диагностики которые, делают процесс

диагностики низкоэффективным и трудоемким. Был предложен способ повышения эффективности диагностики и контроля форсунок АТК – отключения форсунок на холостом ходу рабочего двигателя и реализация его в УДКФ.

Предложен способ диагностики, используя вибрационные характеристики форсунок и включение его в УДКФ. Так же рассмотрена возможность модернизация самодиагностики путем выпуска форсунок с датчиком вибрации.

### Литература

1. Данов Б.А. *Электронные системы управления иностранных автомобилей* / Б.А. Данов – М.: Горячая линия - Телеком, 2002. – 224 с.
2. *Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail: Пер. с англ.* – М.: Легион-Автодата, 2005. – 48 с.
3. Ярошенко С. *Common Rail в автомобильном сервисе.* / С. Ярошенко // Сучасна автомаїстерня. – 2006. – №4(13) – С. 18
4. Грехов А.В. *Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением* / А.В. Грехов – М.: Легион-Автодата, 2003. – 176 с.

Поступила в редакцию 28.02.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.В. Дрозд, Одесский национальный технический университет, Одесса, Украина.

## ЕЛЕКТРОННА ДІАГНОСТИКА ТА КОНТРОЛЬ ФОРСУНОК

*М.В. Гурвич, В.С. Ситніков, А.М. Теплетчук*

Проведений аналіз роботи акумуляторної паливної системи дизельного двигуна. Розглянути сучасні методи та засоби діагностики паливної системи. Запропоновано новий метод та засоби діагностики форсунок, а також метод діагностики, який дозволить провести модернізацію форсунок та самої системи для засобів самодіагностики.

**Ключеві слова:** акумуляторна паливна система, діагностика форсунок, електронний блок управління, самодіагностика, електромагнітний клапан, датчик коливань.

## ELECTRONIC DIAGNOSTICS AND CONTROL OF SPRAYERS

*M.V. Gurchich, V.S. Sitnikov, A.M. Tepletchuk*

An analysis of the storage-battery fuel system of diesel engine with the exposure of problems has been performed. Modern methods and tools of diagnostics of the fuel system and it's problems are considered. A new method and tools of diagnostics of sprayers are offered. These tools allow to improve process of diagnostics and to modernize sprayers and system for tools self diagnostics.

**Keywords:** storage-battery fuel system, diagnostics of sprayer, electronic CU, self-diagnostics, electromagnetic valve, sensor of vibration.

**Гурвич Николай Владимирович** – специалист, аспирант кафедры специализированных компьютерных систем, Одесский Национальный политехнический университет, Одесса, Украина, e-mail: gurchich@ukr.net.

**Ситников Валерий Степанович** – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры специализированных компьютерных систем, Одесский Национальный политехнический университет, Одесса, Украина, e-mail: sitnvs@mail.ru.

**Теплетчук Анатолий Михайлович** – инженер, ст. преп. кафедры автомобилестроения, Одесский Национальный политехнический университет, Одесса, Украина.