

УДК 681.518.54

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ТОПЛИВА

Н.Д. Кошевой, профессор, д.т.н., С.С. Гусев, аспирант, Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ»

*Аннотация.* Рассмотрены и проанализированы существующие системы контроля расхода топлива в двигателях внутреннего сгорания. При анализе данных систем контроля топлива были выявлены некоторые недостатки. С учётом данных недостатков разработаны новые системы контроля топлива.

*Ключевые слова:* контроль, форсунка, впрыск, топливо, двигатель.

## РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИТРАТИ ПАЛИВА

М.Д. Кошовий, професор, д.т.н., С.С. Гусев, аспірант, Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ»

*Анотація.* Розглянуто і проаналізовано існуючі системи контролю витрати палива у двигунах внутрішнього згорання. При аналізі даних систем контролю палива було виявлено деякі недоліки. З урахуванням цих недоліків розроблено нові системи контролю палива.

*Ключові слова:* контроль, форсунка, упрскування, паливо, двигун.

## DESIGN AND RESEARCH OF THE FUEL CONTROL SYSTEMS

N. Koshevoy, Professor, Doctor of Technical Science, S. Gusev, postgraduate, National Aerospace University «KhAI»

*Abstract.* The existing fuel control systems in internal combustion engines are considered and analysed. Some lacks have been revealed in the analysis. New fuel control systems are developed with the account of the given lacks.

*Key words:* control, injector, injection, fuel, engine.

### Введение

Топливо – это одна из наиболее затратных статей расходов на автомобиль. Поэтому контроль расхода топлива сегодня является актуальным.

Система впрыска топлива является одной из самых важных систем, влияющих на работоспособность двигателя [1]. Система для измерения расхода топлива в двигателях внутреннего сгорания относится к измерительной технике, должна с высокой точностью определять расход топлива транспортных средств и защищать от несанкционированного слива топлива из топливной системы.

Она позволяет контролировать расход топлива, обеспечивает снижение расходов на горюче-смазочные материалы, а также существенное уменьшение расходов на эксплуатацию автопарка.

### Анализ публикаций

При создании новой системы контроля топлива были рассмотрены системы, представленные ниже.

Транс Контроль [2] осуществляет постоянный спутниковый контроль транспорта, мониторинг технического состояния всех систем в процессе эксплуатации, контроль

топлива, скорости в данный момент времени, пробега, напряжения бортовой сети, температуры двигателя, нахождения в установленной зоне эксплуатации.

Барьер [3] мониторит и охраняет парк автомобилей, контролирует маршрут следования автотранспортных средств, позволяет получать тревожные сигналы с автомобиля, контролирует мобильные объекты.

СКРТ [4] производит отображение местонахождения автотранспорта в реальном времени, контроль места, времени и объема заправок, выявление сливов топлива из бака, расчет фактического расхода топлива по данным, получаемым с борта машины от датчиков расхода и уровня топлива либо с CAN шины, подготовку отчетов о пройденных маршрутах.

Недостатками вышеперечисленных систем являются относительно невысокая точность измерения, дополнительные затраты в процессе эксплуатации, дороговизна системы, работа системы только в зонах покрытия GSM/GPRS сетей, требует наличия канала связи.

Система АвтоСат [5] выполняет распределение заявок по рейсам с учетом оптимизации использования ресурсов автотранспорта, осуществляет контроль передвижения автотранспорта по маршруту с визуализацией получаемой информации, сопоставление фактических данных о выполнении маршрутного задания с планом-графиком и принятие управляющих решений в случае возникновения внештатной ситуации.

К недостаткам относятся сложность конструкции, дороговизна системы, дополнительные затраты в процессе эксплуатации, невысокая точность измерения, возникновение необоснованных заправок и сливов в отчетах, работа системы только в зонах покрытия GSM/GPRS сетей, требует наличия постоянного канала связи.

FMS [6] и FAS [7] выполняют учет параметров, анализ расхода топлива транспортными средствами, выявляют факты повышенного или пониженного расхода, намеренного присвоения топлива, осуществляют контроль местоположения и маршрутов следования транспортных средств, выявляют простои.

У FMS [6] присутствует возможность изменения показаний прибора путем слива топлива на стоянке с включенным зажиганием, невозможность проследить пробег машины, повышается трудоемкость работы у менеджера предприятия, не работает на отечественных транспортных средствах из-за большой погрешности штатных датчиков уровня топлива, не защищен от вандализма, не имеет степеней защиты, его очень легко вывести из строя.

У FAS [7] недостатками являются относительно невысокая точность измерения, дополнительные затраты в процессе эксплуатации, невозможность измерения расхода топлива на небольших отрезках времени, дороговизна системы, работа системы только в зонах покрытия GSM/GPRS сетей, требует наличия канала связи.

### Цель и постановка задачи

Целью является анализ системы контроля расхода топлива в двигателях внутреннего сгорания, выявление недостатков существующих систем, разработка новой системы контроля топлива с учётом выявленных недостатков.

Несмотря на то, что иногда случаются утечки топлива по техническим причинам, человеческий фактор остаётся определяющим принципом в массовом использовании горючего не по назначению. Устанавливаемая система мониторинга обязана предусмотреть основные варианты учета горюче-смазочных материалов, которые заключаются в следующих моментах:

- манипуляции со счётчиком километража;
- слив остатков топлива;
- искусственное увеличение объёма топлива в баке с помощью надувных шаров;
- накрутка километража пробега путём работы ведущих колёс в подвешенном состоянии.

Таким образом, возникает задача создания системы для измерения расхода топлива в двигателях внутреннего сгорания, которая имела бы простую, удобную в ремонте и эксплуатации конструкцию, максимально унифицированную для различных типоразмеров приборов, с широким диапазоном измерения, с защитой от не предусмотренного в отчетах слива топлива из топливной системы.

### Разработка системы контроля расхода топлива

С целью устранения отмеченных недостатков разработана следующая система контроля топлива [8], функциональная схема которой представлена на рис. 1. Единственным ограничением на использование этой системы (рис. 1) является то, что двигатель должен быть инжекторным, с непосредственным впрыскиванием бензина. Современные автомобили, в основной своей массе, именно таковыми и являются.

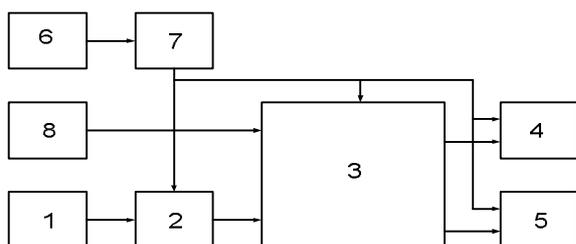


Рис. 1. Система контроля расхода топлива

Это связано с тем, что выходной сигнал снимается непосредственно с клеммы электромагнита форсунки. Определение расхода топлива основано на измерении времени открытия форсунок, учитывая то, что давление топлива в магистрали (топливной рампе) – постоянно. Топливо заполняет топливную рампу и равномерно распределяется на все форсунки. Размеры и конструктивное исполнение рампы устраняют локальные пульсации давления топлива вследствие резонансов при работе форсунок.

Система контроля расхода работает следующим образом.

В процессе работы двигателя через форсунку 8 происходит впрыск топлива в цилиндр. Сигнал с форсунки 8 поступает на микропроцессорное вычислительное устройство 3, которое измеряет его частоту и скважность, считает суммарное количество топлива, расходуемое ДВС. От уровнемера 1 через аналого-цифровой преобразователь 2 данные о количестве взятого из бака топлива за данный промежуток времени передаются на микропроцессорное вычислительное устройство 3, где сравниваются с данными, полученными от форсунки 8. На индикаторе 4 отображается текущий расход топлива. В устройстве записи на flash-память 5 записываются данные, поступающие от расходомера 1 и

уровнемера 2. В свою очередь генератор 6 преобразует вибрации кузова транспортного средства в электроэнергию, которая через блок питания 7 запитывает всю систему в целом. Пример работы системы контроля топлива показан на рис. 2.

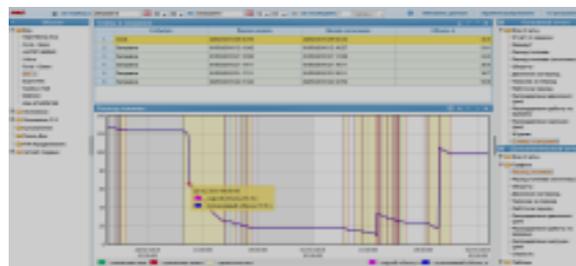


Рис. 2. Пример работы устройства

На данную систему контроля расхода топлива получен декларационный патент на полезную модель [8].

Оценка возможности контроля работоспособности системы подтверждена экспериментальными исследованиями, в ходе которых к устройству вместо форсунки по схеме подключался генератор прямоугольных импульсов.

Управление впрыском топлива осуществляется путём изменения длительности, амплитуды и частоты сигнала, подаваемого на устройство. В качестве устройства, генерирующего управляющий сигнал, использовался генератор напряжения.

На вход микроконтроллера генератором подавалось напряжение прямоугольной формы с продолжительностью импульса 1,5–18 мс и частотой 3–125 Гц (рис. 3).

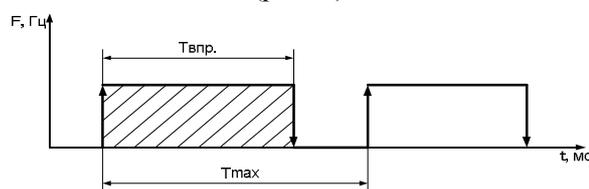


Рис. 3. Временная диаграмма генерируемой длительности впрыска

Данные импульсы и частоты взяты с нормальных пределов работы двигателя (рис. 4). В распределенном впрыске отдельные форсунки осуществляют впрыск топлива во впускные трубопроводы каждого цилиндра. Они располагаются у основания впускных трубопроводов (у корпуса головки блока цилиндров) и отличаются относительно высо-

ким сопротивлением обмоток электромагнитов (до 12–16 Ом). Исключение составляют форсунки двигателей с турбонаддувом, которые имеют сопротивление обмотки до 4–5 Ом. Сигнал, поступающий на форсунку при работе двигателя, представлен на рис. 4.



Рис. 4. Напряжение активного состояния сигнала управления электромагнитной форсункой

Быстрее всего в форсунке изнашивается распылитель (выходной канал). Износ появляется в местах соприкосновения деталей и вызывается действием силы удара. Появляются трещины, вдавливания, царапины, деформации, линейные изменения соединений. Детали форсунки изнашиваются и из-за действия коррозии, загрязнений, содержащихся в топливе, а также из-за эрозионного действия топлива в местах, где есть изменения проходных сечений (в топливных каналах).

Для более корректной работы системы рекомендуется использование усовершенствованной форсунки для системы [9].

Форсунка для системы контроля расхода топлива (рис. 5) относится к измерительной технике и может применяться для измерения расхода топлива двигателей внутреннего сгорания. В основу создания предлагаемой форсунки для системы контроля топлива поставлена техническая задача разработки новой, более усовершенствованной и позволяющей более точно измерять количество впрыскиваемого топлива в цилиндр. Форсунка входит в систему контроля расхода топлива, в которой путем введения дополнительных элементов, дающих возможность повысить точность измерения, сделать конструкцию надежнее, обеспечить защиту от несанкционированного слива топлива из топливной системы и встроенный контроль устройства.

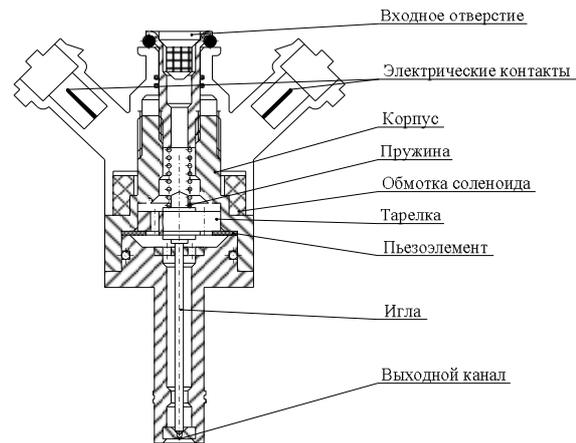


Рис. 5. Форсунка для системы контроля топлива

Форсунка системы контроля расхода топлива содержит проточный корпус с входным и выходным каналами, выполненными по продольной оси корпуса, причем внутри корпуса размещен подпружиненный запорный орган, который состоит из иглы с тарелкой и расположен между пружиной и продольным выходным каналом, регулирующий винт натяжения пружины, установленный в корпусе. Форсунка имеет размещенные на корпусе электрические контакты, один из которых соединен с обмоткой соленоида, размещенной над тарелкой запорного органа, под которой размещен тензорезистор в виде пьезокольца, соединенного со второй группой электрических контактов.

Форсунка системы контроля расхода топлива работает следующим образом.

В процессе работы двигателя через форсунку проходит впрыскивание топлива в цилиндр, топливо подается через входной канал, при этом тарелка выполняет поступательное движение. Во время прохождения электрического тока через обмотку соленоида создается магнитное поле, которое поднимает тарелку. Игла, преодолевая противодействие пружины и силу давления топлива, поднимается и открывает выходной канал. За счет разницы давлений между топливной рампой и камерой сгорания (на рис. 5 не показаны) топливо впрыскивается в камеру сгорания. По окончании импульса игла под воздействием пружины опускается и закрывает исходный канал, тем самым прерывает выпуск топлива к камере, а тарелка, касаясь пьезоко-

льца, деформирует его. В процессе эксплуатации игла изнашивается (рис. 6).

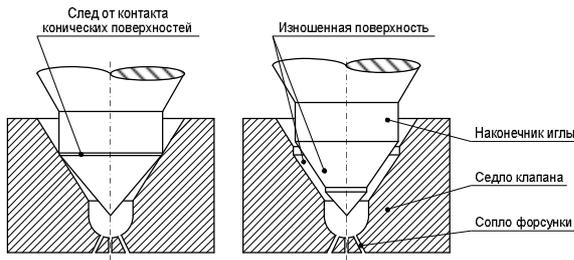


Рис. 6. Износ штока форсунки при длительной эксплуатации двигателя

При этом чем сильнее игла изнашивается, тем сильнее тарелка деформирует пьезокольцо (рис. 7). В свою очередь, при деформации пьезокольцо производит напряжение, которое снимается для определения износа самой форсунки, погрешности измерения расхода топлива, момента замены форсунки для корректной работы двигателя. Детали форсунки изнашиваются из-за действия коррозии, загрязнений, содержащихся в топливе, а также из-за эрозионного действия топлива в топливных каналах. Главной причиной загрязнения является неизбежное присутствие тяжелых фракций в составе топлива. Наиболее интенсивное накопление отложений происходит сразу после остановки двигателя. К примеру, слой отложений толщиной 5 мкм может изменить пропускную способность этого канала на 25 %.

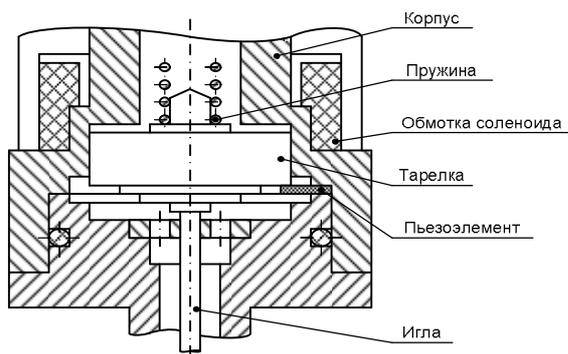


Рис. 7. Расположение пьезокольца относительно тарелки

Применяются различного рода присадки в топливо, 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, богатом тяжелыми фракциями.

Итак, вернёмся к работе тензорезистора. Давление прикладывается перпендикулярно напряжению возбуждения, в результате давления в резисторе появляется электрическое поперечное поле, которое фиксируется снятием напряжения с двух поперечных выводов.

Тензодатчик (тензорезистор) подключаются по схеме не только мостом Уитсона, но и по аналогии с датчиком Холла. На выходе датчика «родной» выходной сигнал составляет сотни милливольт, поэтому выходное напряжение увеличивают усилителем. Сильная температурная чувствительность кремниевых резисторов обуславливает необходимость установки цепей температурной компенсации при разработке датчиков. Благодаря высоким упругим качествам монокремния, гистерезис здесь не наблюдается, нет и ползучести характеристик при высоком давлении.

При подключении манометра к топливной рампе и включенном бензонасосе на неработающем двигателе давление должно составлять 2,8–3,2 атмосферы. Если двигатель работает на холостом ходу, давление должно снизиться до 2,2–2,5 атмосферы, так как в задрозельном пространстве появилось разрежение (при этом перепад давления на форсунках останется прежним). При перегазовках стрелка манометра должна отклоняться в зону 2,8–3,2 атмосферы.

Ниже на рис. 8 показан внешний вид печатного узла системы контроля топлива.

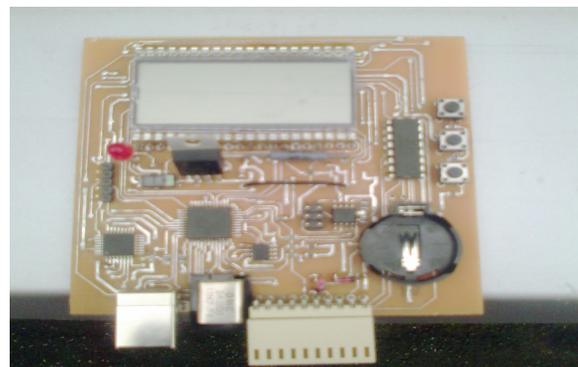


Рис. 8. Внешний вид предлагаемого устройства

При измерении расхода топлива планируется внедрение временной переменной, привязанной ко времени работы форсунки, для корректировки количества измерения впрыскиваемого топлива в цилиндр при износе и загрязнении. Также предлагается применить переменную, привязанную к оборотам двигателя, для снижения погрешности измерения.

Преимущества данного вида расчета и контроля топлива:

- нет необходимости устанавливать дополнительные датчики;
- использование датчика уровня топлива;
- контроль заправок и сливов топлива;
- нет внешних влияний на топливную систему;
- нет необходимости привязки к типу и размеру бака;
- учет реально потребленного объема топлива двигателем автомобиля;
- высокая точность подсчета (0,5 %).

#### Выводы

Проанализированы существующие системы контроля расхода топлива в двигателях внутреннего сгорания, выявлены недостатки. С целью устранения отмеченных недостатков разработана система контроля топлива, показаны слабые места, составляющие основную погрешность при измерении расхода топлива, представлена новая форсунка для системы контроля топлива.

#### Литература

1. Шестопапов С.К. Устройство, техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей / С.К. Шестопапов. – М.: Про-ОбрИздат, 2001. – 544 с.
2. [Http://www.transcontrol.ru/transport-monitoring](http://www.transcontrol.ru/transport-monitoring).
3. [Http://www.bask-spb.ru/sputnikovyiy-kompleks-glonass/gps-monitoringa-i-ohranyibarer.html](http://www.bask-spb.ru/sputnikovyiy-kompleks-glonass/gps-monitoringa-i-ohranyibarer.html).
4. [Http://www.ckpt.ru/docs.html](http://www.ckpt.ru/docs.html).
5. [Http://www.gpsauto.ru/common.php?p=autosat](http://www.gpsauto.ru/common.php?p=autosat).
6. [Http://www.fms-servis.ru/index.html](http://www.fms-servis.ru/index.html).
7. [Http://www.omnicomm.ru/index.php/fas](http://www.omnicomm.ru/index.php/fas).
8. Пат. 52852 Украина, МПК G 01 F 1/26, G 01 F 1/00. Система контроля расхода топлива / Кошевой Н.Д., Гусев С.С.; заявитель и правообладатель Нац. аэрокосм. унив. – № 201003460; заявл. 25.03.2010; опубл. 10.09.2010, Бюл. №17.
9. Пат. 63197 Украина, МПК G 01 F 1/26, G 01 F 1/00. Форсунка системы контроля расхода топлива / Кошевой Н.Д., Гусев С.С.; заявитель и правообладатель Нац. аэрокосм. унив. – №201106414; заявл. 23.05.2011; опубл. 26.09.2011, Бюл. №18.

Рецензент: А.Н. Врублевский, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 14 марта 2013 г.