

Министерство образования и науки Российской Федерации
Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

С.Г. Драгомиров, П.В. Абрамов

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ
АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ»**

*Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 101200
«Двигатели внутреннего сгорания», 150200 «Автомобили и автомобиль-
ное хозяйство», 230100 «Сервис и техническая эксплуатация
транспортных и технологических машин и оборудования
(автомобильный транспорт)»*

Владимир 2012

УДК 621.43.001.4(07)

ББК 39.35

Д72

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
Московского государственного технического университета «МАМИ»

С.В. Бахмутов

Кандидат технических наук, доцент
Владимирского государственного университета

А.М. Шаранов

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

С.Г. Драгомиров, П.В. Абрамов. Лабораторный практикум по курсу «Системы электронного управления автомобильными двигателями»: Учебное пособие / Владим. гос. ун-т. Владимир: Редакционно-издательский комплекс ВлГУ, 2012. – 104 с. - ISBN 5-89368-525-3

Содержит описание лабораторных работ и методические указания по их выполнению.

Предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 101200 «Двигатели внутреннего сгорания». Может быть полезен при изучении различных курсов также студентам специальностей 150200 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 230100 «Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт)».

Соответствует государственным образовательным стандартам названных выше специальностей.

Ил. 61. Табл. 5. Библиогр. 13 назв.

УДК 621.43.001.4(07)

ББК 39.35

ISBN 5-89368-525-3

© Владимирский государственный университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	4
Общие правила выполнения лабораторных работ и требования к оформлению отчетов	5
Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ	6
Лабораторная работа № 1. <i>Изучение электрических подогревателей топливовоздушной смеси</i>	7
Лабораторная работа № 2. <i>Изучение систем центрального впрыскивания топлива</i>	15
Лабораторная работа № 3. <i>Изучение систем распределенного впрыскивания топлива</i>	23
Лабораторная работа № 4. <i>Изучение конструкции и определение основных характеристик автомобильных датчиков температуры</i>	31
Лабораторная работа № 5. <i>Изучение конструкции и определение основных характеристик индуктивных датчиков перемещения</i>	39
Лабораторная работа № 6. <i>Изучение конструкции и определение основных характеристик электромагнитных форсунок для впрыскивания бензина</i>	45
Лабораторная работа № 7. <i>Изучение конструкции и определение основных характеристик автомобильных расходомеров воздуха</i>	55
Лабораторная работа № 8. <i>Изучение принципов действия, конструкции и определение основных характеристик регуляторов холостого хода</i>	64
Лабораторная работа № 9. <i>Изучение датчиков концентрации кислорода (λ-зондов)</i>	74
Лабораторная работа № 10. <i>Изучение основ диагностики автомобильных двигателей с электронным управлением</i>	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
ПРИЛОЖЕНИЯ	95
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	104

ПРЕДИСЛОВИЕ

Автомобильный поршневой двигатель прошел довольно длительный путь эволюционного развития, на протяжении которого совершенствовалась его конструкция и улучшались основные показатели. В настоящее время он уже перестал быть чисто механической системой с некоторыми электрическими (электронными) узлами и элементами. Более того, современный автомобильный двигатель не является уже и простым соединением механических и электронных элементов (узлов). Сегодня он представляет собой результат глубокого синтеза механики и электроники и объединяет механические, электронные и информационные технологии.

Современный двигатель имеет развитую комплексную систему электронного управления топливоподачей, зажиганием, антитоксичными устройствами, фазами газораспределения, наддувом и др. При этом функции электроники постоянно расширяются и усложняются.

Это требует от специалистов в области автомобильных двигателей знания электроники, автоматики, принципов действия и конструкции электронных и электромеханических узлов и агрегатов, применяемых для управления различными процессами в двигателе. Сегодня остро требуются специалисты, имеющие интегральную подготовку в области механики и автомобильной электроники. Такая подготовка немыслима без фундаментальных знаний и прочных навыков, которые можно приобрести только при углубленном изучении на практике систем электронного управления двигателями, а также их узлов и отдельных компонентов.

Настоящий лабораторный практикум подготовлен на основе более чем 15 - летнего опыта проведения занятий по курсу «Системы электронного управления автомобильными двигателями». Он предназначен для студентов вузов, обучающихся по специальности 101200 «Двигатели внутреннего сгорания», однако может быть полезен и студентам других специальностей автотранспортного профиля.

Лабораторная база для выполнения работ создавалась при поддержке НПО «Автоэлектроника» (г. Москва), фирм *R.Bosch*, *Mitsubishi*, *General Motors*, а также Южно-Иллинойского и Центрального Мичиганского университетов (США), которым авторы от себя лично и от имени кафедры выражают глубокую благодарность за оказанную помощь.

Насколько известно авторам, подобный практикум является первым в этой новой области автомобильного двигателестроения. Безусловно, данная работа будет совершенствоваться, дополняться и развиваться.

Авторы с благодарностью примут все конструктивные предложения и замечания по содержанию практикума (E-mail: ds33@bk.ru).

1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ

При подготовке к каждой лабораторной работе необходимо детально ознакомиться со всеми вопросами по теме, используя учебники, конспект лекций и настоящий практикум. Перед выполнением работы следует изучить лабораторную установку, применяемую аппаратуру, объект испытаний и порядок выполнения работы.

В процессе выполнения лабораторных работ необходимо строго соблюдать все правила техники безопасности, изложенные преподавателем и приведенные в следующем разделе данного пособия.

При работе в лаборатории необходимо бережно относиться к ее материальной базе, поскольку элементы и узлы автомобильной электроники легко повредить при неумелом или бездумном обращении.

По окончании работы протокол с экспериментальными данными подписывается преподавателем.

Отчет о выполненной работе оформляется на отдельных листах формата А1 с титульным листом к каждой работе. Он должен содержать основные теоретические сведения по теме работы (в краткой форме), принципиальную схему лабораторной установки, протокол эксперимента, результаты обработки опытных данных, необходимые графические зависимости, анализ полученных результатов. В конце отчета должен быть обязательно сделан вывод по результатам работы.

По каждой лабораторной работе студент должен получить зачет, представив преподавателю полностью оформленный отчет и показав знания теоретических сведений, техники и методики эксперимента, умение анализировать полученные результаты.

В настоящем практикуме в конце описания каждой работы приводятся примерные контрольные вопросы, на которые студент должен ответить. Однако в ходе сдачи работы студенту могут быть заданы и другие вопросы по теме.

Последовательность выполнения лабораторных работ может отличаться от той, которая дана в практикуме. Она определяется преподавателем исходя из плана лекционных занятий. Количество выполняемых работ также может варьироваться в зависимости от учебного плана конкретной специальности (или специализации).

2. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

На первом занятии, до начала выполнения лабораторных работ, преподаватель проводит подробный инструктаж по технике безопасности с отметкой каждого студента и его личной подписью в специальном журнале.

Во время выполнения лабораторных работ необходимо строго выполнять следующие правила.

1. Приступать к выполнению работы можно лишь после детального изучения лабораторной установки и задач, поставленных в конкретной работе.

2. Необходимо знать расположение в лаборатории средств пожаротушения, рубильников (автоматов) отключения электроэнергии, медицинской аптечки и уметь пользоваться ими.

3. При воспламенении электропроводки следует немедленно отключить электроустановку, а пламя тушить только песком или углекислотным огнетушителем (но не водой или пенным огнетушителем).

4. При работе на установках, имеющих движущиеся детали необходимо соблюдать меры предосторожности, направленные на исключение попадания в механизмы одежды, волос и т.п. Включать такие установки следует только в присутствии преподавателя.

5. При обнаружении неполадок в работающей установке (появлении посторонних звуков, самопроизвольного изменения частоты вращения и др.) немедленно отключить установку и прекратить эксперимент, поставив об этом в известность преподавателя.

6. В лаборатории категорически запрещается курить или пользоваться открытым огнем.

7. В случае возгорания топлива или масла для тушения очага воспламенения следует использовать пенные, порошковые или углекислотные огнетушители. Пламя можно погасить также с помощью песка или специального шерстяного (асбестового) покрывала. Водой тушить указанные вещества нельзя, так как они легче воды и при контакте с ней растекаются по ее поверхности, увеличивая размеры очага возгорания.

8. В процессе работы с нагретыми объектами следует быть внимательными, чтобы избежать термических ожогов. Если же ожог все-таки произошел, его необходимо смазать раствором марганцовокислого калия и наложить повязку с мазью от ожогов. В случае получения сильного ожога следует обратиться к врачу.

9. При проведении испытаний на моторном стенде имеются источники повышенной опасности (работающий двигатель, горючие материалы, оборудование под высоким напряжением и др.), в связи с чем преподаватель должен провести дополнительный инструктаж по правилам техники безопасности, которые необходимо неукоснительно соблюдать.

10. При работе с горючими жидкостями в лаборатории следует обязательно включить вентиляцию и строго соблюдать правила противопожарной безопасности.

11. Во время выполнения работы не следует отвлекаться, бесцельно включать и выключать приборы и оборудование.

12. Перед окончанием занятия необходимо проверить, отключена ли лабораторная установка, привести в порядок рабочее место, убрать на стеллажи натурные модели узлов и агрегатов.

Лабораторная работа № 1 **ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ** **ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить конструкцию и определить основные характеристики зарубежных и отечественных электрических подогревателей топливовоздушной смеси.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить возможности различных способов подогрева топливовоздушной смеси, принципы создания и конструктивное исполнение применяемых электрических подогревателей.

2. Ознакомиться с особенностями позисторной керамики, определить терморезистивную характеристику позисторного элемента.

3. Экспериментально определить основные показатели и параметры подогревателей топливовоздушной смеси отечественного и зарубежного производства.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Подогрев топливовоздушной смеси (ТВС) как способ улучшения смесеобразования в бензиновых двигателях применяется с момента их появления. Принципиально возможно осуществлять нагрев трубопровода охлаждающей жидкостью (ОЖ), отработавшими газами (ОГ) или электронагревателями. Каждое из этих средств имеет свои известные преимущества и недостатки. В частности, при использовании ОЖ температура нагрева

стабилизируется на уровне 83...90°C после прогрева двигателя и не требует дальнейшего регулирования. Применение ОГ позволяет повысить уровень нагрева, но при этом, как правило, требуется регулирование для предотвращения перегрева ТВС и снижения наполнения двигателя. Электронагревательные элементы обеспечивают широкие возможности регулирования температуры подогрева, но являются довольно энергоемкими. При потреблении электрической мощности около 350 Вт, время выхода на рабочий режим для электрического подогревателя ТВС составляет 5...25 с по сравнению с 20...60 с и 2...5 мин. для подогревателей, в которых используется соответственно теплота ОГ и ОЖ. В связи с особенностями электрических нагревателей, их конструкция и характеристики будут далее рассмотрены отдельно.

Известно, что для бензинового двигателя существует оптимальная (с точки зрения расхода топлива и показателей токсичности ОГ) температура подогрева ТВС. В связи с этим целесообразно применение регулируемого подогрева впускного трубопровода для достижения наилучших показателей двигателя на различных режимах его работы.

Важное значение имеет также место подогрева ТВС. Экспериментально установлено, что наиболее целесообразно подогревать ТВС до разветвления впускного трубопровода (у двигателей с карбюраторной системой топливоподачи или с центральным впрыскиванием топлива). В этом случае достигается наибольшее снижение неравномерности распределения смеси по цилиндрам (в 2...3 раза). Кроме этого, подогрев ТВС уменьшает межцикловую нестабильность сгорания и общую продолжительность горения за счет повышения скорости тепловыделения (особенно во второй половине процесса сгорания). В целом повышение гомогенизации ТВС и использование более бедных смесей за счет подогрева трубопровода обеспечивает экономию топлива в пределах 2...7% и снижение токсичности ОГ на 20...40%.

Таким образом, подогрев впускного трубопровода у двигателей с карбюраторной системой топливоподачи или с центральным впрыскиванием топлива улучшает их показатели за счет одновременного действия нескольких факторов – повышения цикловой стабильности процесса сгорания, сокращения его продолжительности, улучшения распределения ТВС по цилиндрам.

Электронагреватели в большей степени подогревают частицы топлива, а не всю смесь в целом, что позволяет не только эффективно использовать подводимую электрическую мощность, но и уменьшить подогрев воздуха для обеспечения минимального снижения массового наполнения цилиндров двигателя. Известные электронагреватели могут быть класси-

фицированы по конструктивным признакам, месту установки, применяемым материалам, схемам регулирования и т.п. На сегодняшний день имеется ряд опробованных технических решений для применения, как с карбюраторами, так и с системами впрыскивания топлива.

Наибольший интерес представляют устройства с использованием специальной электропроводящей (позисторной) керамики (за рубежом она называется РТС керамикой – от Positive Temperature Coefficient). Позисторы представляют собой терморезисторы из керамических материалов с большим значением положительного температурного коэффициента сопротивления (ТКС). Эти поликристаллические материалы обладают особым свойством ярко выраженного фазового изменения структуры и соответствующего ему скачкообразного увеличения электрического сопротивления при определенной (критической) для данного материала температуре. После превышения этой температуры изменяется структура кристаллов керамики, что приводит к изменению удельного сопротивления позисторного элемента (ПЭ) на несколько порядков с крутизной до 150 % на каждый градус увеличения температуры (рис.1).

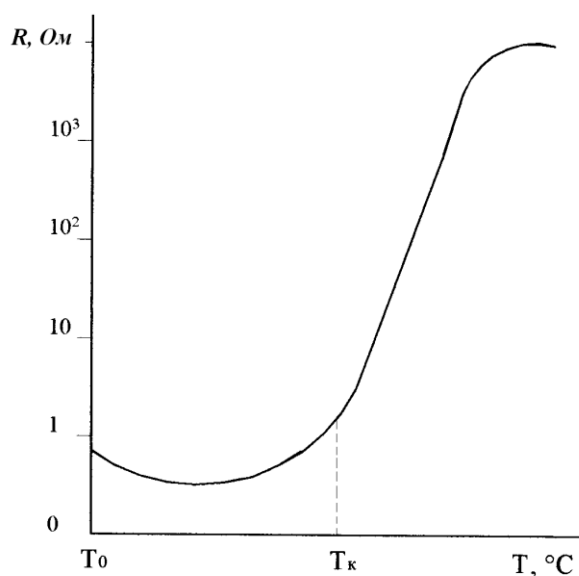


Рис.1 Типичная зависимость электрического сопротивления R позисторного элемента от его температуры T : T_0 – начальная температура позистора; T_k – критическая температура

Позисторная керамика изготавливается из специальных кристаллических материалов (например, титаната бария) по стандартной технологии, применяемой в порошковой металлургии. Для обеспечения необходимой температуры фазового превращения в состав керамики вводятся специальные присадки, такие как стронций, свинец и др. Определенные присадки вводятся для целенаправленного обеспечения необходимой механической прочности и электрической стабильности керамики.

После подключения ПЭ к источнику тока происходит очень быстрый разогрев керамики. При достижении критической температуры наблюдается резкое увеличение электрического сопротивления позистора, что вызывает падение проходящего через него тока. Затем следует остывание позистора с соответствующим падением сопротивления, вызы-

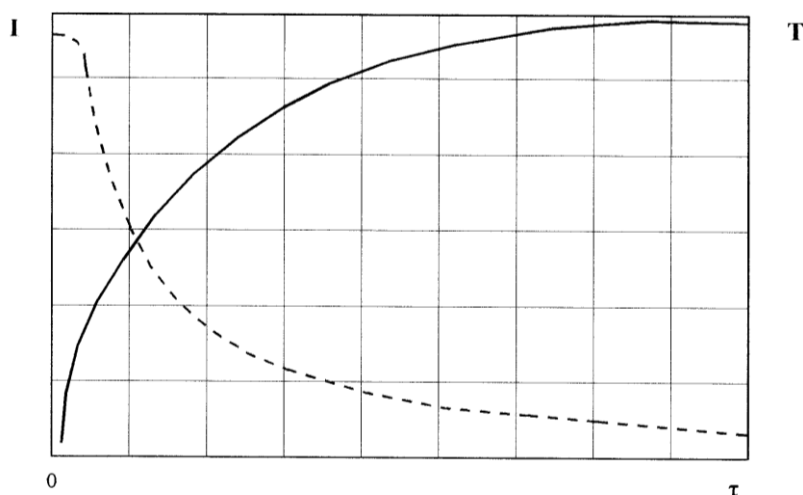


Рис. 2. Изменение температуры T позисторного элемента и величины протекающего через него электрического тока I за время прогрева τ

вающим вновь увеличение протекающего тока, что опять приведет к нагреву элемента. Далее этот циклический процесс повторяется.

В результате этого ПЭ будет поддерживать практически постоянную температуру (рис.2), равную критической температуре его материала. Очевидно, что такая стабилизация температуры возможна, если

отдаваемая в окружающую среду тепловая мощность не превышает максимальной электрической мощности, потребляемой позистором от источника питания. Таким образом, ПЭ обладают особым свойством самостабилизации температуры нагрева.

По сравнению с обычными электронагревателями, выполненными на основе металлических или углеродных материалов, ПЭ обладают следующими преимуществами:

- обеспечивают автоматическую стабилизацию заданной температуры нагрева независимо от температуры окружающей среды и напряжения питания (естественно, в определенных, но довольно широких пределах);
- не требуют регулировки и настройки в эксплуатации, поскольку температура нагрева элемента задается составом керамики;
- позволяют обойтись без применения электронных регулирующих устройств, либо значительно их упростить;
- сравнительно быстро прогреваются до заданной температуры (за время от единиц до десятков секунд);
- потребляют от источника электроэнергии минимально необходимую мощность для поддержания заданной температуры;
- могут иметь разнообразную форму, что позволяет их встраивать в различные конструкции и узлы;
- сохраняют работоспособность в различных агрессивных средах благодаря высокой химической стойкости, в том числе в бензине, масле, дизельном топливе.

К отрицательным свойствам позисторной керамики можно отнести ее естественную хрупкость, вызывающую разрушение элемента при чрезмерных механических или термомеханических нагрузках (термоударах, вибрациях и т.п.). Кроме этого, поры на поверхности позисторной керамики должны быть закрыты каким-либо покрытием (металлическим, полимерным и др.) для предотвращения их загрязнения и изменения свойств керамического материала.

Использование позисторов позволяет создать компактные, экономичные, безопасные и дешевые саморегулирующиеся нагревательные устройства, работающие при напряжениях питания от 10 до 380 В.

На американских и японских автомобилях с карбюраторами и системами центрального впрыскивания топлива (ЦВТ) получили распространение подогреватели сотовой конструкции, смонтированные в пластмассовой прокладке под смесительной камерой. Типичная конструкция такого подогревателя показана на рис. 3.

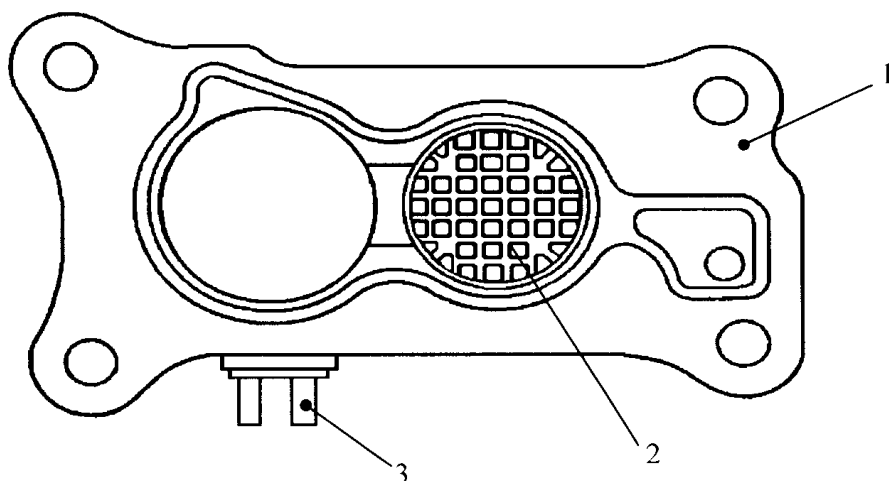


Рис. 3. Подогреватель сотовой конструкции, монтируемый в прокладке под блоком топливоподачи: 1 – прокладка; 2 – сотовый нагревательный элемент; 3 – токопроводы

За рубежом при оснащении двигателя системой ЦВТ подобный подогреватель является обязательным компонентом системы и обеспечивает эффективную работу на режимах пуска, прогрева и холостого хода двигателя, при этом незначи-

тельно увеличивая газодинамическое сопротивление впускного тракта на основных режимах работы двигателя. Кроме этого, установка подобного подогревателя требует минимальных изменений впускного трубопровода. Его потребляемая мощность составляет около 350 Вт. Выход на рабочий режим осуществляется за 10...15 с. Рабочая температура поверхности нагревателя поддерживается на уровне 150°C.

Часто применяются подогреватели с радиатором в форме шипов (рис. 4), что позволяет повысить эффективность нагрева ТВС за счет улучшения теплоотдачи от поверхности подогревателя. Такая конструкция монтиру-

ется в днище впускного трубопровода и включается в работу по командам электронного блока управления двигателем.

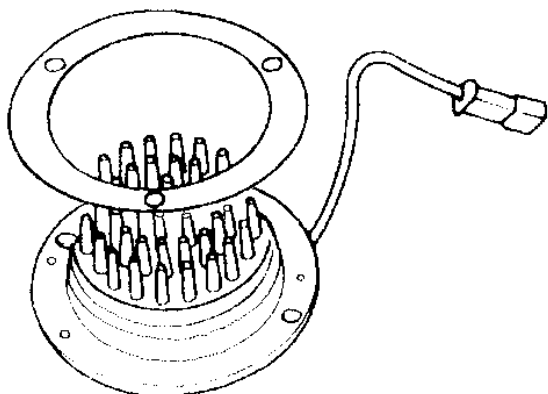


Рис. 4. Внешний вид подогревателя ТВС с радиатором в форме шпиг

ведет к необходимости создания конструкций с подвижными нагревательными элементами, освобождающими каналы на основных рабочих режимах двигателя.

В простейшем случае нагревательный элемент может располагаться на стенке впускного канала так, чтобы факел распыливаемого топлива падал прямо на него (рис.5).

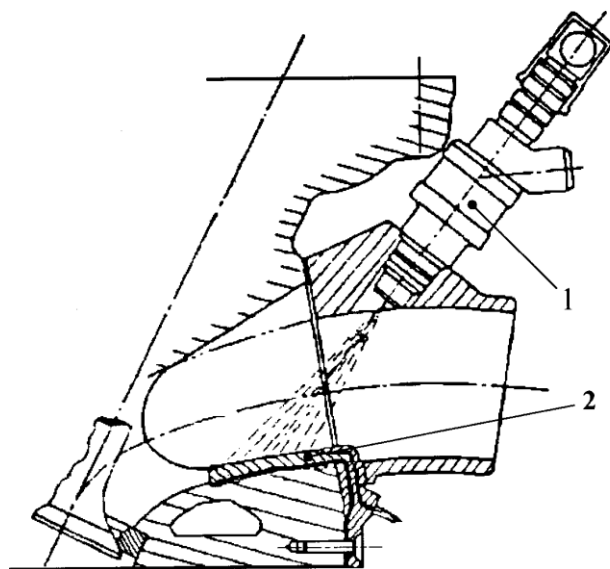


Рис. 5. Вариант конструкции пластинчатого подогревателя для системы РВТ: 1 – форсунка; 2 – электронагревательный элемент

Предлагаются конструкции подогревателей и для двигателей с системами распределенного впрыскивания топлива (РВТ). Однако в этом случае их размещение во впускных каналах головки цилиндров вблизи распылителя форсунки усложняется и становится менее технологичным, чем при использовании с карбюраторами или системами ЦВТ. Кроме этого, такие подогреватели могут вызывать дополнительное гидродинамическое сопротивление, что

Применение такого подогревателя на двигателе, оснащенного системой РВТ, позволяет снизить выбросы СН более чем на 50%, а также значительно улучшить пусковые качества двигателя. Вместе с тем использование позисторных подогревателей с системами РВТ требует сравнительно больших затрат электроэнергии (примерно 75 Вт на цилиндр) для эффективного и быстрого нагрева теплоотдающей поверхности (за 5 секунд до 100 °С). При этом также необходимо обеспечить высокую долговечность подогревателя (не менее 160 000 км пробега автомобиля).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Определить терморезистивную характеристику, т.е. функцию $R_s=f(t)$ для одного из образцов позисторной керамики. Для этого использовать специальный держатель позисторных пластин (рис.6), который включает в себя два пружинных контакта 3 и 5, между которыми зажимается испытываемая позисторная пластина 4. Контакты 3 и 5 закреплены на основании 1, изготовленном из листа текстолита.

Держатель с ПЭ поместить в лабораторную печь. При этом в печи установить термопару, а контакты держателя соединить с омметром. Нагревая элемент в печи от комнатной температуры до 160°C , фиксировать сопротивление ПЭ через каждые 10°C . После нагрева выключить печь и открыть ее дверцу, после чего снять терморезистивную характеристику при медленном охлаждении элемента. По данным замеров построить графики функции $R_s=f(t)$ при нагреве и охлаждении.

2. Закрепить ПЭ в держателе и включить его в электрическую цепь, используя в качестве источника питания аккумуляторную батарею. Определить длительность разогрева ПЭ косвенным путем – по времени установления показаний амперметра, включенного в электрическую цепь питания позистора. При подключении элемента к питающей цепи стрелка амперметра быстро перемещается до положения, соответствующего максимальному значению тока разогрева, а затем медленно движется к некоторому установившемуся положению, определяемому величиной тока, потребляемого элементом после разогрева. Зафиксировать с помощью секундомера время перемещения стрелки амперметра от момента подачи электрического питания на позистор до установившегося значения тока.

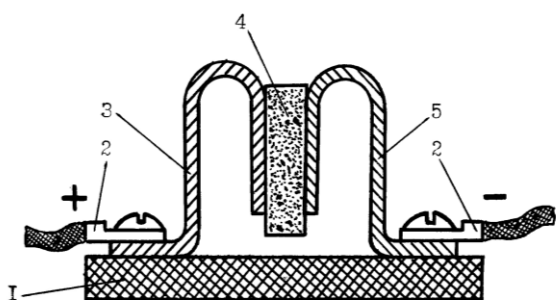


Рис.6. Держатель позисторных пластин: 1-основание из текстолита; 2-клеммы; 3 и 5-пружинные контакты; 4-позисторный элемент

Измерить температуру нагретой поверхности элемента специальной микротермопарой, плотно прижатой к поверхности. Показания термопары фиксировать после достижения установившихся значений температуры, на что обычно необходимо 3...4 минуты.

Провести указанные замеры времени разогрева элемента, а также величины токов в момент включения и после нагрева

поверхности элемента до рабочей температуры для ПЭ с различным номинальным сопротивлением R_{25}^* . Результаты измерений занести в табл.1.

Таблица 1

Параметры разогрева позисторных элементов с различным сопротивлением

Параметры разогрева	Номинальное сопротивление элемента R_{25} , Ом	
Время разогрева, с		
Максимальный ток в момент включения, А		
Установившееся значение тока после разогрева, А		

3. Изучить и описать конструктивные особенности подогревателей ТВС зарубежного и отечественного производства (фирм *Audi*, *Mercedes-Benz*, *VW* и др.). Определить основные показатели и параметры этих подогревателей, используя вышеописанную методику. Результаты занести в табл.2.

Таблица 2

Основные показатели и параметры электрических подогревателей ТВС отечественного и зарубежного производства

Параметры и показатели подогревателей	Подогреватели						
	Фирмы <i>Audi</i>	Фирмы <i>Mercedes-Benz</i>	Фирмы <i>VW</i>	Сотовый (США)	Сотовый (Япония)	С дисковым ПЭ	С пластинчатым ПЭ
Масса, г							
Потребляемый ток, А: • при включении • после разогрева							
Напряжение питания подогревателя, В							
Потребляемая мощность, Вт							
Время разогрева до рабочей температуры, с							
Рабочая температура поверхности, °С							
Исходное сопротивление R_{25} , Ом							

* Под величиной R_{25} понимается сопротивление элемента, измеренное при 25 °С.

По результатам проведенной работы сделать общий вывод. Оформить отчет о выполненной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте анализ преимуществ и недостатков различных типов подогревателей ТВС.
2. Опишите принцип работы позисторного нагревательного элемента.
3. Какое влияние на показатели двигателя оказывает подогрев ТВС на впуске?
4. От каких факторов зависит время полного разогрева электронагревательного элемента?
5. Каковы преимущества и недостатки позисторных нагревательных элементов?
6. С какой целью у подогревателей ТВС выполняется радиатор в форме шипов?

Лабораторная работа № 2 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить функционирование и конструкцию зарубежных и отечественных систем центрального впрыскивания топлива (ЦВТ).

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с принципом действия типичной системы ЦВТ.
2. Проанализировать особенности систем ЦВТ различных фирм.
3. Детально изучить блоки топливоподачи конкретных систем (по указанию преподавателя).
4. Изучить и описать отдельные элементы, входящие в состав изучаемого блока топливоподачи.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Системы ЦВТ представляют собой промежуточное техническое решение при переходе от карбюратора к РВТ. Схемы построения систем ЦВТ достаточно отработаны и, несмотря на то, что различные фирмы реализуют разные подходы при создании систем ЦВТ, можно дать их обобщенную схему (рис.7). Типичная система ЦВТ содержит блок топливоподачи 1 с дроссельным узлом, установленный на фланце впускного трубо-

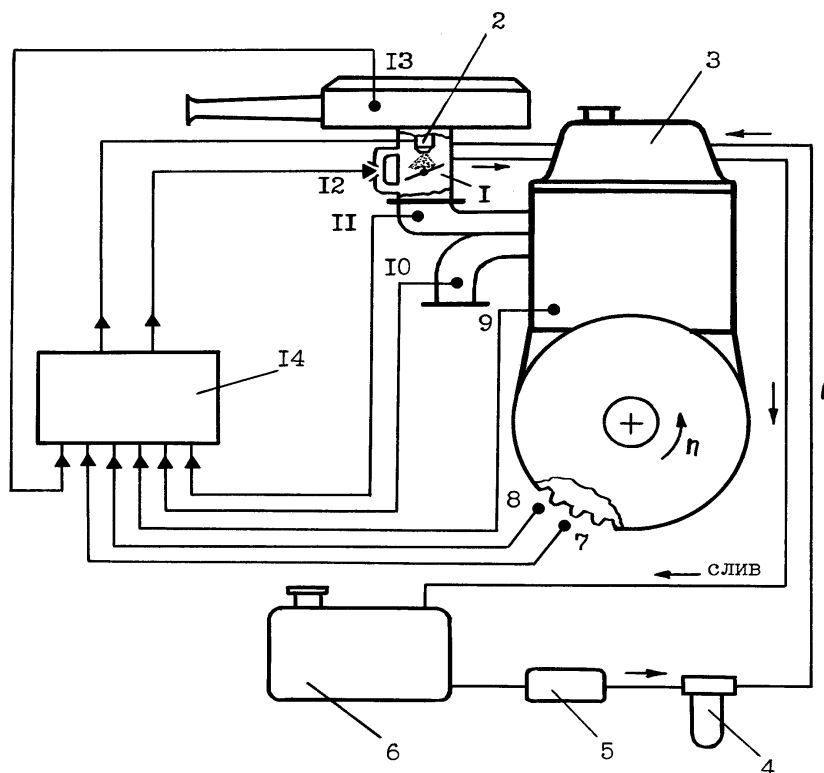


Рис. 7. Типичная схема системы ЦВТ: 1- блок топливоподачи; 2 – электромагнитная форсунка; 3 – двигатель; 4 – фильтр тонкой очистки топлива; 5 – электробензонасос; 6 – топливный бак автомобиля; 7 и 8 – частоты вращения вала двигателя и начала отсчета (ВМТ); 9 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 - содержания кислорода в ОГ (λ -зонд); 11 – датчики нагрузки двигателя (абсолютного давления во впускном трубопроводе или расхода воздуха на впуске или положения дроссельной заслонки); 12 – регулятор холостого хода; 13 – датчики температуры воздуха на впуске; 14 – электронный блок управления

провода двигателя 3. Блок топливоподачи в свою очередь включает электромагнитную форсунку 2 и регулятор 12 холостого хода. В систему входит ряд датчиков: 11 – нагрузки двигателя (абсолютного давления во впускном трубопроводе или расхода воздуха на впуске или положения дроссельной заслонки); 13 – температуры воздуха на впуске; 9 – температуры охлаждающей жидкости; 8 и 7 – частоты вращения вала двигателя и начала отсчета (ВМТ); 10 – содержания кислорода в ОГ (λ -зонд). Электронный блок управления 14 осуществляет сбор информации от указанных датчиков и формирует сигналы управления электромагнитной форсункой и регулятора холостого хода в зависимости от режима работы двигателя.

Гидравлический тракт системы включает топливный бак 6, электрический бензонасос 5, фильтр тонкой очистки топлива 4 и регулятор давления топлива (на рис. 7 не показан).

Наличие контура обратной связи с λ -зондом позволяет поддерживать состав топливовоздушной смеси близкий к стехиометрическому и, тем самым, обеспечивать эффективную работу трехкомпонентного каталитического нейтрализатора ОГ.

Многие системы ЦВТ включают также подсистемы рециркуляции ОГ, устройства подогрева топливовоздушной смеси, антидетонационные контуры с датчиком детонации и др. Очень часто системы ЦВТ и зажигания имеют единый электронный блок управления и взаимосвязанные характеристики регулирования топливоподачи и угла опережения зажигания.

Применение систем ЦВТ на автомобильных двигателях позволяет повысить их топливную экономичность на 5...8% при одновременном существенном снижении токсичности ОГ за счет применения каталитического нейтрализатора, а также улучшить пусковые, динамические и эксплуатационные качества двигателей.

Анализируя системы ЦВТ зарубежного и отечественного производства, можно выделить некоторые характерные особенности их построения, во многом определяющие показатели работы систем.

Определение нагрузки двигателя для управления топливоподачей и зажиганием осуществляется по цикловому наполнению цилиндра воздухом. Этот параметр может определяться различными путями:

- по положению дроссельной заслонки и частоте вращения вала двигателя;
- по давлению (абсолютному или относительному) во впускном трубопроводе двигателя;
- по массовому количеству воздуха, потребляемого двигателем и частоте вращения вала.

Выбор какого-либо из этих путей для системы ЦВТ предопределяет не только применение соответствующих датчиков и схемы обработки их сигналов, но и технико-экономические показатели системы в целом. Наиболее часто в системах ЦВТ применяется управление топливоподачей по абсолютному давлению во впускном трубопроводе. Это объясняется в первую очередь экономическими соображениями (датчик давления примерно на порядок дешевле расходомера воздуха). При этом система получается проще и блок топливоподачи легче komponуется в подкапотном пространстве автомобиля без существенных изменений двигателя.

Положение дроссельной заслонки используется в системах ЦВТ чаще всего как вспомогательный параметр для идентификации режимов холостого хода (х.х.), максимальной нагрузки, ускорения и др. Однако в

системах некоторых фирм этот параметр применяется и в качестве главного командного параметра для управления топливоподачей и зажиганием (*R.Bosch, Lucas, Magnetti Marelli*).

Расходомеры воздуха в системах ЦВТ применяются редко (в основном из-за высокой стоимости). Известна система ЦВТ фирмы *Hitachi* с датчиком расхода воздуха, установленным в байпасном канале блока топливоподачи. Кроме этого в системе *Mono-Motronic* фирмы *R.Bosch*, применяется расходомер воздуха, установленный между воздушным фильтром и блоком топливоподачи.

Количество и расположение форсунок определяется в основном рабочим объемом двигателя (цикловой подачей топлива). Возможны различные варианты установки форсунок в блоке топливоподачи (рис.8):

- с одной форсункой, размещенной над дроссельной заслонкой в смесительной камере;
- с двумя форсунками, работающими синхронно и расположенными над дроссельными заслонками двух смесительных камер;
- с двумя форсунками различной производительности, управляемых асинхронно и размещенных над дроссельной заслонкой одной смесительной камеры;
- с двумя форсунками (основной и вспомогательной) различной производительности, расположенными над и под дроссельной заслонкой одной смесительной камеры.

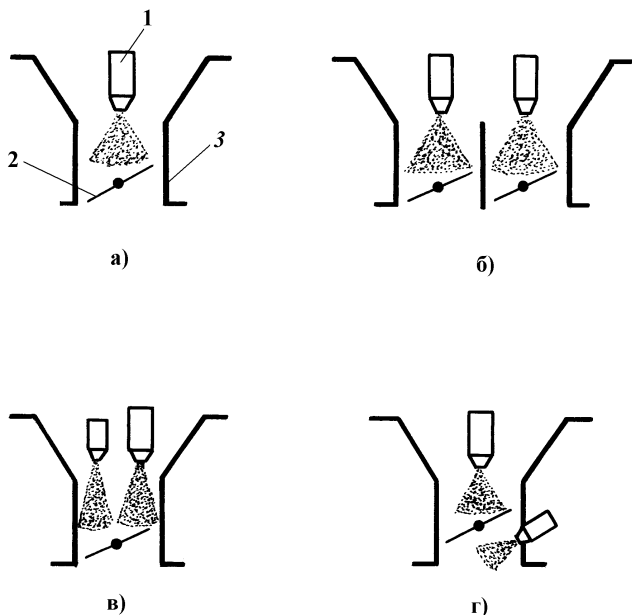


Рис. 8. Различные варианты размещения форсунок в блоках топливоподачи систем ЦВТ: а – с одной форсункой над заслонкой смесительной камеры; б – с двумя форсунками, установленными над дроссельными заслонками двух смесительных камер; в – с двумя форсунками различной производительности, расположенными над дроссельной заслонкой одной смесительной камеры; г – с двумя форсунками в смесительной камере, одна из которых (основная) размещена над дроссельной заслонкой, а вторая (вспомогательная) – под ней

Две форсунки используются, как правило, в системах для двигателей с рабочим объемом более 2,5 л. При этом каждая из форсунок размещается в своей смесительной камере. Примером таких конструкций могут

служить системы американских фирм *Chrysler* и *Delphi* (*AC Rochester*) (рис.9).

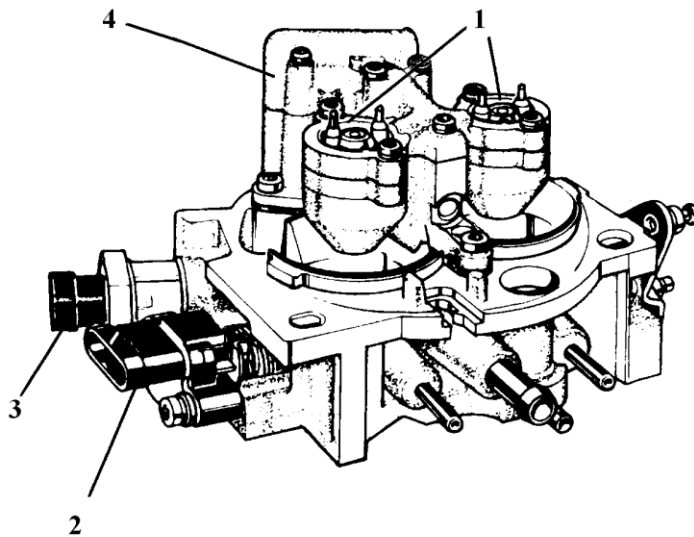


Рис. 9. Блок топливоподачи системы ЦВТ (модель TBI 220) фирмы *Delphi* (США): 1 – форсунки; 2 – датчик положения дроссельной заслонки; 3 – регулятор х.х.; 4 – регулятор давления топлива

Иногда эти две форсунки имеют разную производительность и управляются асинхронно (различными по длительности управляющими импульсами). Такое решение использовано фирмой *Ford*. Оно позволяет при относительно высоком давлении топлива в системе (270 кПа) обеспечить хорошее его распыливание и необходимое дозирование на всех режимах работы двигателя – от холостого хода до максимальной нагрузки.

При этом длительности управляющих импульсов находятся в необходимых пределах.

В системе ЦВТ, созданной совместно фирмами *Chrysler* и *Mitsubishi* для двигателей с рабочим объемом 1,6 и 2,6 л с турбонаддувом, две форсунки устанавливаются в одной смесительной камере, что позволяет обеспечить увеличение подачи топлива при включении второй форсунки в работу одновременно с включением турбонаддува.

Абсолютное количество систем ЦВТ содержит форсунки, установленные над дроссельной заслонкой. Это определяется простотой данной конструкции, равномерным распределением топлива по сечению смесительной камеры, дополнительным дроблением топлива в щели между дроссельной заслонкой и стенкой смесительной камеры.

Однако из этого правила есть и исключения. Так, в системе фирмы *Honda*, используемой на двигателе автомобиля *Honda Civic*, установлено две форсунки в одной смесительной камере, причем одна из форсунок (основная) – над дроссельной заслонкой, а вторая (вспомогательная) – под ней. При холодном пуске двигателя работает только вспомогательная форсунка, обеспечивая повышенную испаряемость топлива при его впрыске в

задрессельное пространство. На остальных режимах работы включается основная форсунка, размещенная над дроссельной заслонкой.

Количество смесительных камер в блоке топливоподачи определяется в основном рабочим объемом двигателя. До $iV_h \leq 2,5$ л, как правило, используется одна смесительная камера. При рабочем объеме двигателя более 2,5 л применяется двухкамерная конструкция блока топливоподачи.

Регулирование холостого хода в системах ЦВТ может осуществляться изменением количества воздуха, поступающего в двигатель, двумя путями:

- дросселированием сечения байпасного канала х.х. (в обход дроссельной заслонки);
- управлением перемещением самой дроссельной заслонки.

В первом случае используется пропорциональный клапан (рис. 10), управляемый электронным блоком управления по сигналам датчика частоты вращения вала двигателя. При этом дросселирующий элемент такого клапана может иметь поступательное или поворотное перемещение.

Для регулирования расхода воздуха на холостом ходу путем перемещения самой дроссельной заслонки используются так называемые модуля-

торы – малогабаритные двигатели постоянного тока с встроенным редуктором, связанным со специальным толкателем, который в свою очередь воздействует на подпружиненный рычаг заслонки. Такие устройства имеют большие габариты, чем конструкции с пропорциональным клапаном.

На ранних этапах развития систем ЦВТ они являлись более простым решением, благодаря чему и находили применение. Впоследствии эта схема регулирования х.х. была вытеснена малогабаритными и надежными конструкциями с пропорциональным клапаном. Лишь фирма *R.Bosch*, а также некоторые другие производи-

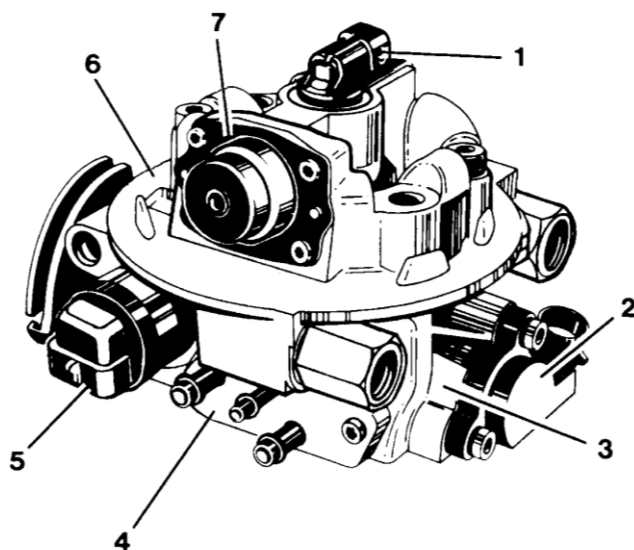


Рис.10. Блок топливоподачи системы ЦВТ (модель TBI 700) фирмы Delphi (США): 1 – форсунка; 2 – датчики положения дроссельной заслонки; 3 и 6 – соответственно нижняя и верхняя части корпуса; 4 – пластмассовая плата со штуцерами; 5 – регулятор холостого хода (с шаговым двигателем); 7 – регулятор давления топлива

тели автокомпонентов традиционно использовали модуляторы дроссельной заслонки в своих системах ЦВТ (рис.11).

Давление топлива в системах ЦВТ определяется исходя из компромиссных соображений. При низких давлениях (менее 120 кПа) снижается нагрузка на бензонасос, уменьшается вероятность нарушения герметичности гидравлического тракта системы. Однако при этом ухудшается дисперсность распыливания топлива.

При сравнительно высоких давлениях впрыска (более 200 кПа) улучшается дисперсность дробления топлива, но при этом одновременно возрастает нагрузка на бензонасос.

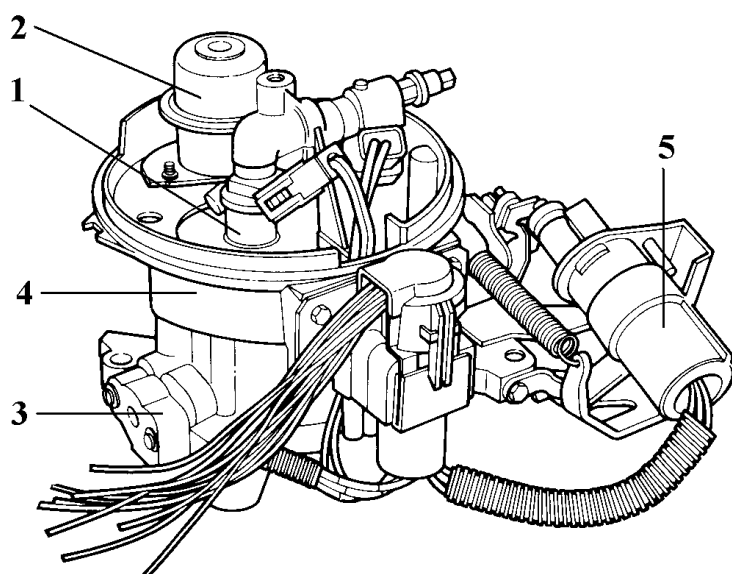


Рис. 11. Блок топливоподачи системы ЦВТ фирмы Ford : 1 – форсунка; 2 – регулятор давления топлива; 3 – датчик положения дроссельной заслонки; 4 – корпус блока; 5 – модулятор дроссельной заслонки

Каждая из фирм – производителей систем ЦВТ выбирает давление топлива в системе, исходя из вышеизложенных соображений и ориентируясь на конкретные модели двигателей. Анализ известных систем ЦВТ показывает, что системы низкого давления (около 100 кПа) составляют абсолютное большинство. При этом у одной и той же системы давление топлива может несколько изменяться в зависимости от того, для какого двигателя она предназначена.

Подогрев топливовоздушной смеси используется в различных вариантах практически во всех системах ЦВТ. В одном случае устанавливаются специальные подогреватели смеси, в другом – за счет тепла ОЖ обогреваются отдельные участки блока топливоподачи для улучшения смесеобразования.

В приложении I даны основные параметры систем ЦВТ различных фирм.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По указанию преподавателя выполнить анализ одной из систем ЦВТ.
2. Изучить и описать выбранную систему ЦВТ по следующему плану:
 - а) дать общие сведения о системе ЦВТ, в состав которой входит анализируемый блок топливоподачи;
 - б) описать блок топливоподачи в целом (массогабаритные показатели, присоединительные размеры и др.);
 - в) проанализировать компоновку блока топливоподачи (схема блока, число и расположение форсунок, размеры дроссельной заслонки и ее расположение в смесительной камере, место установки регулятора давления топлива и др.);
 - г) изучить схему гидравлических каналов блока;
 - д) привести схему пневматических каналов блока, включая описание смесительной камеры и каналов холостого хода;
 - е) дать описание стабилизатора давления топлива;
 - ж) привести описание регулятора холостого хода;
 - з) описать датчики, входящие в состав блока топливоподачи.
3. Сформулировать основные выводы по проделанной работе. Оформить отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите структуру типичной системы ЦВТ.
2. Как в системах ЦВТ определяется нагрузка двигателя?
3. Какие варианты расположения форсунок применяются в системах ЦВТ?
4. Опишите гидравлический тракт типичной системы ЦВТ и укажите функции всех его элементов.
5. Опишите применяемые схемы регулирования холостого хода в системах ЦВТ.
6. Проанализируйте достоинства и недостатки систем ЦВТ.

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить функционирование и конструкцию зарубежных и отечественных систем РВТ.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с принципом действия типичной системы РВТ.
2. Проанализировать особенности систем различных фирм.
3. Детально изучить и описать отдельные элементы, входящие в состав конкретной системы РВТ (по указанию преподавателя).
4. Исследовать в условиях моторного стенда работу автомобильного двигателя с системой РВТ.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время системы РВТ занимают доминирующее положение в области систем топливоподачи автомобильных бензиновых двигателей. Основными преимуществами, определяющими широкое распространение РВТ, являются высокие возможности повышения энергетических и экологических показателей двигателей, улучшенная топливная экономичность, высокие динамические характеристики и обеспечение хороших антидетонационных качеств двигателей. Системы РВТ в настоящее время развиваются как в структурном направлении, так и в направлении совершенствования конструкции отдельных компонентов. Их развитие в последние годы шло по пути повышения надежности, наращивания числа функций, введения самодиагностики, элементов адаптации и т.п.

В настоящее время системы РВТ в качестве подсистемы входят в структуру комплексных систем управления двигателем.

На рис. 12 в качестве примера показана схема типичной комплексной системы управления двигателем фирмы *R.Bosch* типа *Motronic M5* с бортовой диагностикой *OBD II (On Board Diagnostic)*. Основной задачей этой системы является взаимосвязанное управление топливоподачей и зажиганием, а также реализация ряда дополнительных функций, таких, как:

- антидетонационное регулирование угла опережения зажигания по сигналу датчика детонации;
- поддержание стехиометрического состава смеси на большинстве рабочих режимов двигателя по сигналу λ -зонда;
- регулирование частоты вращения вала на холостом ходу;
- управление подсистемой удаления топливных паров из бензобака;
- регулирование рециркуляции ОГ для снижения эмиссии NO_x ;

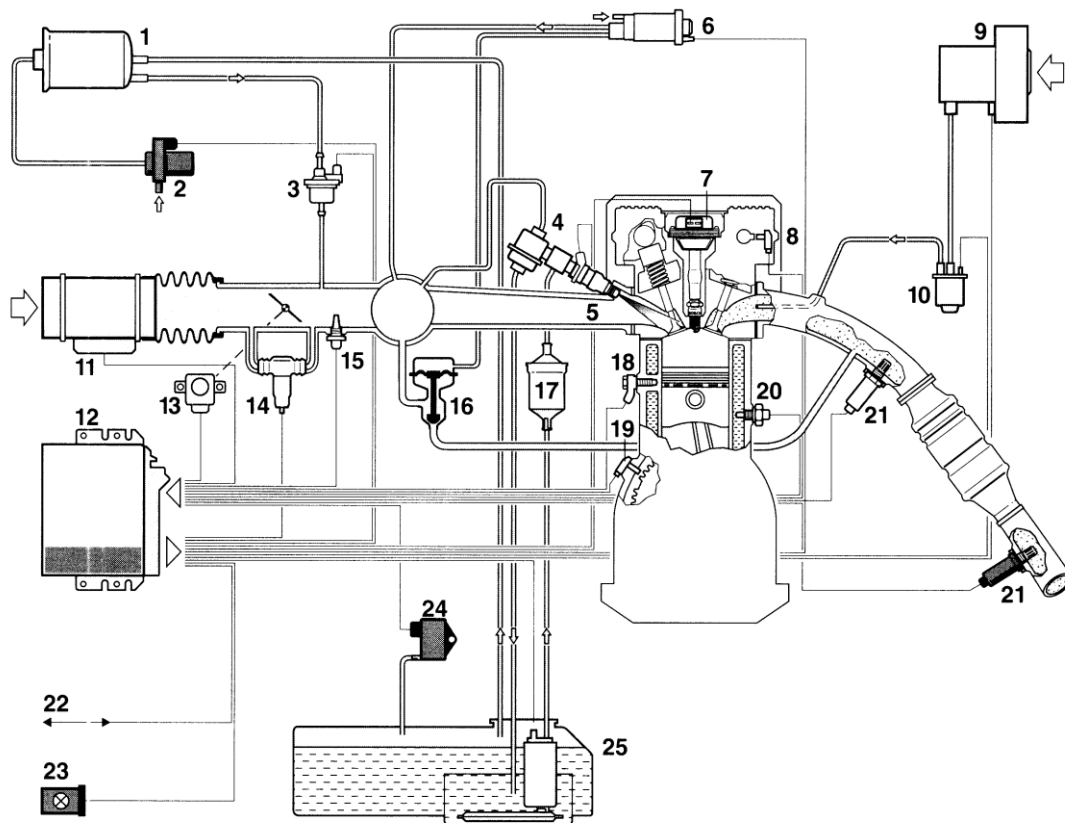


Рис. 12. Схема системы Motronic M5 фирмы R.Bosch: 1 – адсорбер; 2 – запорный клапан адсорбера; 3 – клапан продувки адсорбера; 4 – регулятор давления топлива; 5 – электромагнитная форсунка; 6 – воздушный клапан управления клапаном рециркуляции ОГ; 7 – катушка зажигания на свече; 8 – датчик фазы; 9 – насос добавочного воздуха; 10 – клапан добавочного воздуха; 11 – термоанемометрический расходомер воздуха; 12 – микропроцессорный блок управления; 13 – датчик положения дроссельной заслонки; 14 – регулятор холостого хода; 15 – датчик температуры воздуха на впуске; 16 – клапан рециркуляции ОГ; 17 – топливный фильтр; 18 – датчик детонации; 19 – датчик частоты вращения вала; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 21 – л-зонд; 22 – диагностический разъем; 23 – лампа диагностики; 24 – дифференциальный датчик давления; 25 – погружной электробензонасос

- регулирование подачи вторичного воздуха в выпускной трубопровод для снижения эмиссии CH ;
- управление давлением наддува при установке турбокомпрессора на двигатель;
- регулирование длины (настройки) впускного трубопровода в зависимости от скоростного режима работы двигателя;
- регулирование фаз газораспределения на различных режимах работы двигателя для повышения мощности и снижения токсичных выбросов.

Последние три функции реализуются в тех случаях, когда на конкретной модели двигателя предусмотрены установка и использование соответствующих исполнительных устройств. В целом система *Motronic M5* обеспечивает выполнение норм Евро-II и Евро-III по токсичным выбросам двигателя и современных требований по бортовой диагностике. Кроме этого она взаимосвязана с другими электронными системами автомобиля (антиблокировочной, противобуксовочной и др.), что повышает надежность и безопасность его эксплуатации.

Кратко рассмотрим основные элементы и узлы комплексной системы управления *Motronic M5*.

Электробензонасос погружного типа (расположен в топливном баке) может создавать давление до 400...600 кПа, однако при подаче топлива в магистраль благодаря работе регулятора давления в системе устанавливается заданное давление – 250...300 кПа. Высокая производительность насоса (120...140 л/ч) позволяет эффективно охлаждать сам насос и электромагнитные форсунки, предотвращая, таким образом, появление паровых пробок в гидравлическом тракте системы.

В системе *Motronic M5* электробензонасос входит в качестве отдельного узла в топливный модуль, устанавливаемый в топливном баке автомобиля. Такой модуль (рис. 13) включает, кроме самого насоса, датчик

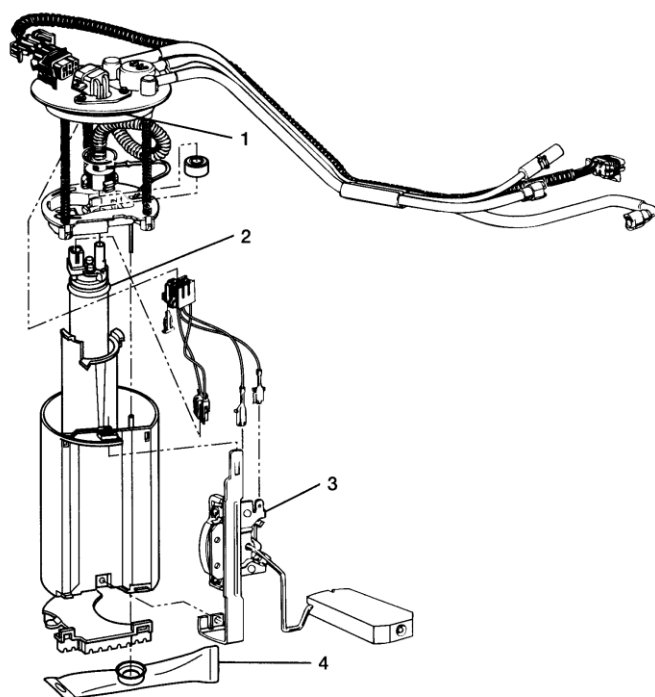


Рис. 13. Типичный топливный модуль системы впрыскивания бензина: 1 – уплотнительное резиновое кольцо; 2 – электробензонасос; 3 – датчик уровня топлива в баке; 4 – фильтр грубой очистки топлива

уровня топлива в баке и фильтр грубой очистки топлива. Последний выполнен из мелкой полимерной сетки (рис. 14а) и позволяет задерживать частицы размером более 80 мкм.

В других системах впрыскивания может быть применен внешний (расположенный вне топливного бака) электробензонасос.

Вариант размещения топливного насоса в бензобаке вследствие ряда преимуществ получил широкое распространение в современных системах впрыскивания топлива.

Фильтр тонкой очистки топлива (рис. 13б, в) имеет типичную для автомобильной техники конструкцию и включает бумажный фильтрующий элемент, расположенный в корпусе из тонколистовой стали. Фильтр задерживает все загрязнения с размерами частиц более 10 мкм.

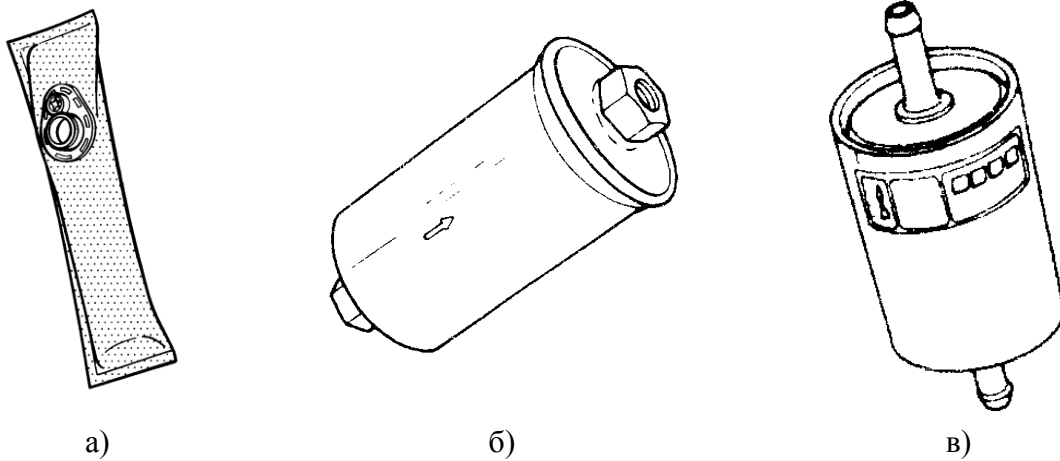


Рис. 14. Типичный вид фильтров грубой (а) и тонкой (б, в) очистки топлива

Регулятор давления топлива представляет собой редукционный клапан, поддерживающий постоянный перепад давления (250...350 кПа) топлива между местом впрыскивания и топливной магистралью. Излишки топлива по сливной магистрали направляются обратно в бак. Регулятор монтируется к топливной рампе, как показано на рис. 15.

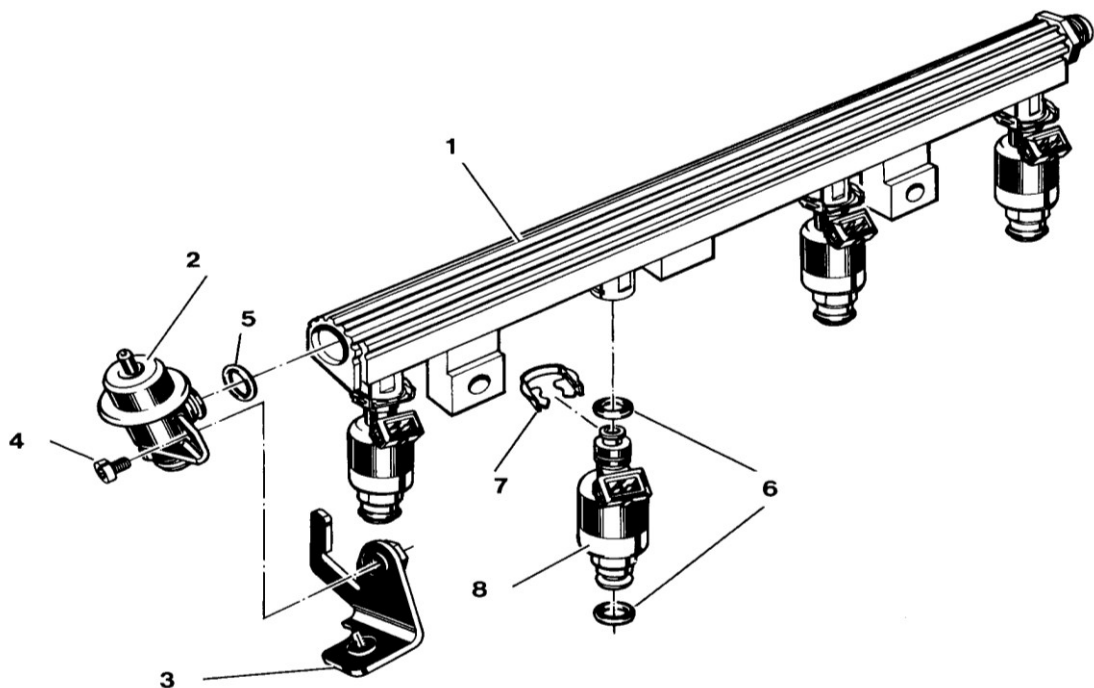


Рис. 15. Топливная рампа системы РВТ в сборе с форсунками и стабилизатором давления топлива: 1- рампа; 2 –регулятор давления топлива; 3 – кронштейн; 4 – болт; 5, 6 – резиновые уплотнительные кольца; 7 – фиксатор форсунки; 8 - форсунка

В современных системах впрыскивания топлива началось использование так называемой бессливной схемы подачи топлива к форсункам, при которой регулятор давления топлива размещается в топливном модуле внутри бензобака автомобиля. Таким образом, достигается более высокая надежность системы, несколько снижается нагрузка на бензонасос и отпадает необходимость использования сливной топливной магистрали.

Расходомер воздуха (термоанемометрического типа) позволяет определить массовое количество воздуха, потребляемое двигателем. На основе этой информации и данных о частоте вращения вала микропроцессор рассчитывает величину циклового массового наполнения цилиндров, которая является главным командным параметром для управления двигателем (топливоподачей, зажиганием, рециркуляцией ОГ и др.).

Датчик положения дроссельной заслонки (потенциометрического типа) позволяет определить режимы холостого хода, частичных и полной нагрузок двигателя. Сигнал этого датчика используется также при резком открытии дросселя на режимах разгона для улучшения динамики автомобиля.

Датчик частоты вращения вала двигателя обеспечивает синхронизацию работу системы управления и двигателя. Кроме функции измерения

частоты вращения вала он также позволяет определять метку начала отсчета (до ВМТ первого цилиндра) для управления зажиганием.

Датчик содержания кислорода в ОГ (λ -зонд) позволяет определить состав топливоздушной смеси по наличию кислорода на выпуске. Используя сигнал этого датчика, микропроцессор поддерживает на большинстве режимов работы двигателя стехиометрический состав смеси, который необходим для достижения максимальной эффективности работы трехкомпонентного каталитического нейтрализатора. По принципу действия λ -зонд относится к электрохимическим датчикам и быстро выходит из строя при работе на этилированном бензине, а также при перегревах выше 900°C .

В рассматриваемой системе используется два λ -зонда, что позволяет определить работоспособность нейтрализатора (по сигналам датчиков до и после нейтрализатора).

Датчик детонации входит в адаптивный антидетонационный контур, который позволяет оптимизировать управление углом опережения зажигания без опасности возникновения детонации. Такой датчик (рис. 16) устанавливается обычно на боковую поверхность блока цилиндров. Электронный блок управления периодически получает сигнал от датчика и обрабатывает его по специальному алгоритму для выявления признаков детонации. При обнаружении детонации угол опережения зажигания изменяется по определенному закону до ее исчезновения.

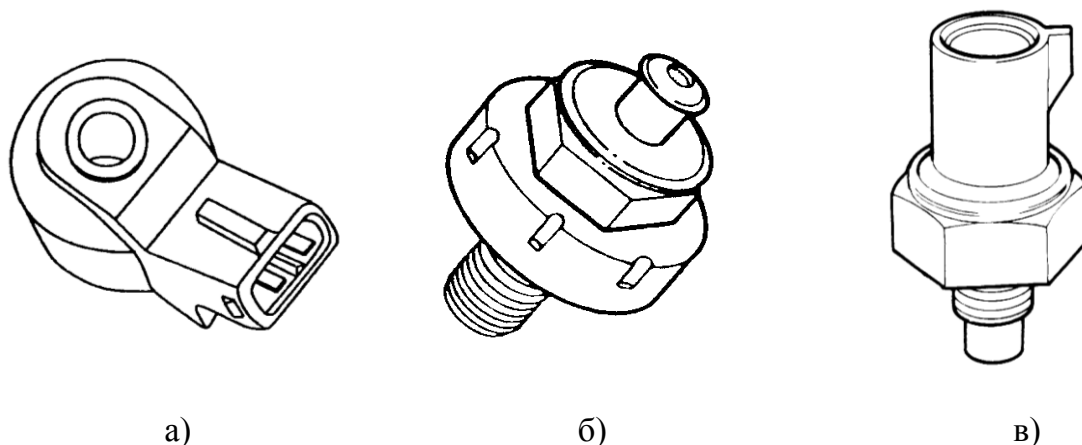


Рис.16. Внешний вид типичных датчиков детонации различных фирм: а – R.Bosch; б – Chrysler; в – Ford

Регулятор холостого хода двигателя представляет собой пропорциональный клапан, управляющий по сигналам контроллера перепуском определенного количества воздуха по байпасному каналу в обход дроссельной заслонки. Таким образом, он обеспечивает поддержание заданной час-

тоты вращения вала двигателя при прогреве, включении кондиционера, вентилятора системы охлаждения и т.п.

Электромагнитная форсунка является быстродействующим электромагнитным клапаном дискретного действия. Ее открытием управляет контроллер, подавая на обмотку электромагнитного привода клапана прямоугольные импульсы напряжения длительностью 2...8 мс. Длительность импульса рассчитывается контроллером по определенному алгоритму на основе информации датчиков о параметрах работы двигателя. Цикловая подача топлива прямо пропорциональна времени открытия форсунки (длительности управляющего импульса). Форсунка устанавливается на двигатель в сборе с топливной рампой (рис. 15).

Микропроцессорный блок управления включает контроллер (управляющий микропроцессор), усилители и схемы сопряжения с различными датчиками, силовые ключи для управления исполнительными элементами. Он имеет защиту от перенапряжений и коротких замыканий в цепях питания, а также встроенную диагностику, которая позволяет оперативно определять неисправности в процессе эксплуатации или технического обслуживания двигателя.

Системы управления, аналогичные *Motronic M5*, применяются и на отечественных автомобильных двигателях (приложение II). Отличие их обычно заключается в менее развитой структуре и, соответственно, - меньшем числе функций. В частности, они не управляют подачей вторичного воздуха в выпускную систему, не регулируют длину впускного трубопровода, не изменяют давление наддува и т.п.

В ближайшем будущем подсистемы РВТ в составе комплексных систем управления двигателем получают дальнейшее развитие. При этом возможно использование регулируемого вихреобразования на впуске, пневматического распыливания топлива и других способов повышения топливной экономичности и снижения токсичности ОГ. Совершенствование конструкции узлов и компонентов РВТ вероятнее всего будет идти в направлении расширения использования модульных элементов при одновременном снижении стоимости и повышении надежности систем в целом. Будет продолжаться расширение применения пластиков для изготовления топливных рамп и впускных систем двигателей. Появятся электромагнитные форсунки следующих поколений, отличающиеся малыми габаритами и массой (последнее обеспечивается за счет применения специальных пластиков), обладающие высокими быстродействием и надежностью.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По указанию преподавателя выполнить анализ одной из систем РВТ отечественного или зарубежного производства.

2. Изучить и описать выбранную систему РВТ по следующему плану:
- а). дать общие сведения о системе РВТ, описать ее структуру;
 - б). описать конструкцию и проанализировать компоновку впускной системы двигателя со всеми датчиками и исполнительными элементами (тип расходомера воздуха, конструкцию регулятора холостого хода, расположение форсунок, установку стабилизатора давления топлива и др.);
 - в). изучить гидравлическую схему рассматриваемой системы РВТ;
 - г). дать описание регулятора давления топлива;
 - д). привести описание регулятора холостого хода;
 - е). описать датчики, входящие в состав системы.
3. Изучить двигатель с системой РВТ на моторном стенде или в составе автомобиля.
4. По указанию преподавателя снять нагрузочную или скоростную характеристику двигателя с системой РВТ на моторном стенде, используя при этом диагностическую аппаратуру типа МОТОР-ТЕСТ или АВТОАС - СКАН. Детально ознакомиться с работой диагностической аппаратуры в условиях проведения моторных испытаний.
5. Сформулировать основные выводы по проделанной работе. Построить характеристику двигателя и оформить отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите структуру и основные функции типичной подсистемы РВТ, входящей в комплексную систему управления двигателем.
2. Как в системах РВТ определяется нагрузка двигателя (т.е. что является главным командным параметром для управления двигателем)?
3. Какие дополнительные функции реализуются в современных комплексных системах управления двигателями?
4. Каким образом располагаются форсунки на двигателе в составе системы РВТ?
5. Опишите гидравлический тракт типичной системы РВТ и укажите функции всех его элементов.
6. Дайте анализ достоинств и недостатков систем РВТ.
7. Проанализируйте перспективные направления развития подсистем РВТ и комплексных систем управления двигателем в целом.

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить и проанализировать конструкцию и основные характеристики серийно выпускаемых и перспективных датчиков температуры.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принципы создания и конструктивное исполнение серийно выпускаемых и перспективных датчиков температуры, применяемых в электронных системах управления автомобильными двигателями.
2. Определить градуировочные характеристики нескольких образцов датчиков различных фирм в интервале температур $+ 20 \dots + 120$ °С.
3. Установить чувствительность каждого датчика по его градуировочной характеристике.
4. Определить динамические показатели одного из датчиков температуры (по указанию преподавателя).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В автомобильной технике до последнего времени измерение температуры считалось решенной задачей, не требующей новых подходов. Невысокая точность автомобильных датчиков температуры, сравнительно низкая их стоимость и довольно высокая надежность считались вполне достаточными.

С появлением и интенсивным развитием электронных систем управления двигателями возросли требования к точности, надежности, снижению стоимости автомобильных датчиков, в том числе и датчиков температуры. С появлением новых требований к датчикам возникли и новые подходы к выполнению средств измерения температуры.

Для управления двигателем обычно используется информация о температуре охлаждающей жидкости, масла в системе смазки и воздуха на впуске.

К автомобильным датчикам температуры предъявляется целый ряд довольно жестких требований, обусловленных тяжелыми условиями их эксплуатации. Кратко эти требования можно сформулировать так.

1. Диапазон измеряемых температур должен составлять $-30 \dots +130$ °С.
2. Температурный диапазон работоспособности датчика должен составлять $- 40 \dots + 160$ °С.
3. Основная погрешность:

- для датчиков температуры воздуха – не хуже ± 3 °С в диапазоне + 15...+ 100 °С;

- для датчиков температуры охлаждающей жидкости и не хуже $\pm 1,5$ °С в диапазоне + 15...+ 130 °С.

4. Разрешающая способность – не хуже $\pm 0,5$ °С.

5. Постоянная времени датчика – до 60 с при измерении температуры охлаждающей жидкости и масла и до 30 с при измерении температуры воздуха на впуске.

6. Долговечность – 4000 ч при вероятности безотказной работы 0,999.

7. Датчик должен выдерживать вибрации до 15g при частотах 50...200 Гц по трем осям без резонансов, а также удары до 100g по трем осям в течении 10 мс (падение на бетон с высоты 1 м).

8. Датчик должен сохранять работоспособность при воздействии солевых растворов, масляных загрязнений, колебаний относительной влажности воздуха от 10 до 100%.

9. Датчик должен выдерживать до 50 термоударов с амплитудой 180 °С (- 30...+ 150 °С).

10. Датчик должен иметь высокую стабильность, технологичность и низкую стоимость производства.

До появления электронных систем управления двигателями в автомобильной технике для контроля в качестве датчиков температуры традиционно использовались либо полупроводниковые терморезисторы (термисторы), либо термометры сопротивления, выполненные обычно в виде катушки с намотанным на нее проводом.

Термочувствительные элементы подобных датчиков размещаются в металлической капсуле (с наполнителем или без него), снабженной штекерами для включения датчика в измерительную цепь (рис.17).

Преимуществами терморезисторов, изготовленных из различных полупроводниковых материалов (спеченные окислы Ni, Co, Si), является высокое значение их температурного коэффициента сопротивления (ТКС), достигающее до $0,03$ град.⁻¹, что позволяет повысить чувствительность датчиков. При этом ТКС может иметь как положительное, так и отрицательное значение, что и определяет вид градуировочной кривой датчика.

Однако в то же время термисторы часто имеют нестабильные и нелинейные характеристики и подвержены старению. Особенности технологии изготовления полупроводниковых терморезисторов обуславливают, как правило, значительный разброс их номинального значения от образца к образцу (обычно $\pm 10\%$, в особых вариантах исполнения – не менее $\pm 5\%$).

Несмотря на указанные особенности полупроводниковых датчиков температуры, на сегодняшний день они нашли широкое применение в автомобильных системах управления. Типичные датчики температуры охлаждающей жидкости двигателя и воздуха на впуске показаны на рис. 18.

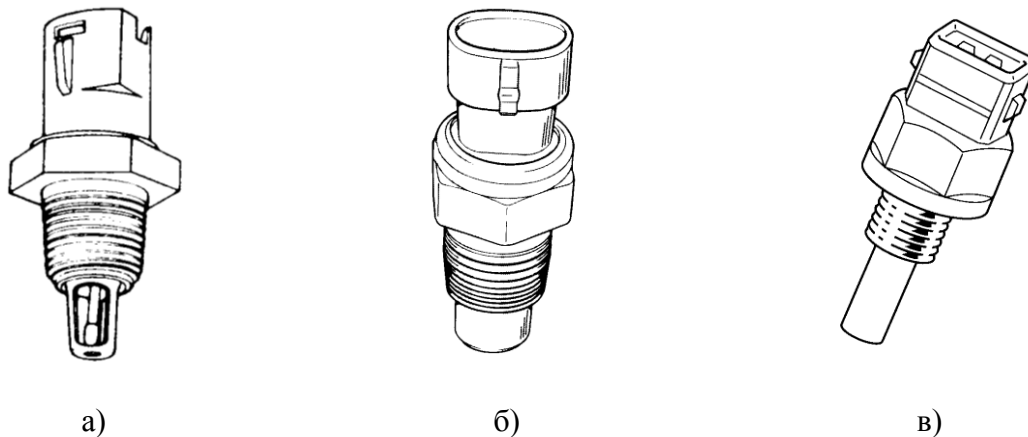


Рис. 18. Вид типичных датчиков температуры воздуха на впуске (а) и охлаждающей жидкости (б, в), используемых в системах управления двигателем (конструкции 80-х90-х годов прошлого века)

Как видно, датчик температуры воздуха имеет малогабаритный чувствительный элемент, более открытый для восприятия теплоты от окружающей среды.

В отличие от полупроводников такие металлы, как платина, вольфрам, никель, медь обладают очень высокой стабильностью. По имеющимся данным, нестабильность негерметизированных металлических терморезисторов за 25 000 ч работы не превышает $\pm 5\%$.

Для выполнения термочувствительных элементов автомобильных датчиков температуры, используемых в автомобильных системах контроля, ранее, как правило, использовали медную проволоку. Недостатками этого технического решения являются низкая чувствительность меди к изменению температуры (ТКС меди $0,0039 \text{ град.}^{-1}$), а также невысокая технологичность конструкции. Для систем управления двигателем такие датчики не применяются.

Хорошо известные термоэлектрические датчики (термопары) имеют низкую технологичность, сложную вторичную аппаратуру и, следовательно, - высокую стоимость. Для автомобильных систем контроля и управления подобные датчики, по-видимому, малоперспективны.

Термочувствительные ферриты и конденсаторы, в которых используется зависимость соответственно магнитной и диэлектрической проницае-

мости от температуры, нетехнологичны и сложны для массового производства. Их применение в автомобильных системах управления возможно при резком снижении стоимости производства.

Датчики температуры на основе кварцевых резонаторов сложны, имеют высокую стоимость. Вследствие этого они не применяются и, видимо, не будут применяться в автомобильных системах управления и контроля.

Особо следует остановиться на датчиках, в основу которых положены металлополимерные чувствительные элементы (МПЧЭ), обладающие значительными перспективами благодаря своим преимуществам: высокой технологичности, стабильности, малой инерционности, простоте конструкции.

Конструктивно МПЧЭ представляют собой терморезистор из металлической (никелевой) фольги толщиной несколько десятков микрометров, защищенный снаружи слоем полиимидного лака. Толщина полиимидной изоляции имеет тот же порядок, что и толщина фольги. Сам терморезистор выполнен в виде решетки, которая травится из фольги по микроэлектронной технологии (методом фотолитографии). Групповая технология изготовления таких терморезисторов обеспечивает низкую стоимость изделий, высокую технологичность при массовом производстве, идентичность характеристик элементов. Физико-механические свойства полиимидного лака обеспечивают надежную работу элементов в диапазоне температур – 195...+300 °С (кратковременно до +500 °С). Эти МПЧЭ обладают достаточной механической прочностью (функции измерительного и силового элементов конструкции разделены), гибкостью, стойкостью к агрессивным средам (маслам, бензинам, различным растворителям, кислотам, щелочам и др.). Они не требуют применения редких и дорогостоящих материалов и не подвержены старению.

Разработка и использование МПЧЭ в различных датчиках (для измерения температуры, уровня, расхода и др.) является перспективным направлением в конструировании датчиков.

Перспективными также являются интегральные датчики температуры, представляющие собой термочувствительные элементы на одном кристалле с периферийными схемами (усилители и др.). Такие датчики находят применение в автомобильной технике, что обусловлено достижением требуемой стабильности и снижением стоимости при повышении технологичности производства.

Интегральные датчики температуры удобны тем, что обеспечивают выходной сигнал в виде напряжения (рис.19), не требуя при этом вспомогательных схем преобразования сигнала. В связи с особенностями этих

датчиков, их невозможно проверить просто с помощью омметра – необходимо включать их в цепь, показанную на рис. 19а.

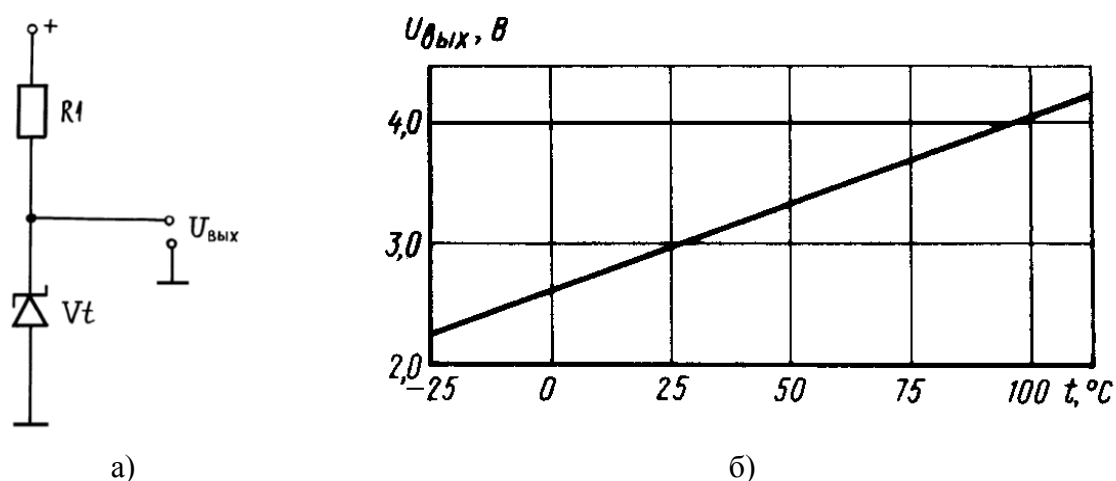


Рис. 19. Схема включения (а) и градуировочная характеристика (б) интегрального датчика температуры: $R1$ – токоограничивающий резистор; Vt – интегральный датчик

Для датчиков температуры любой конструкции и принципа действия важнейшими характеристиками является стабильность, чувствительность и быстродействие.

Стабильность определяется воспроизводимостью первоначальной градуировочной характеристики через определенное время эксплуатации.

Чувствительность предопределяет разрешающую способность датчика и является важнейшим показателем пригодности датчика для конкретной системы управления.

Быстродействие датчиков обуславливается температурной инерционностью конструкции и условиями теплообмена датчика и среды.

Корпус датчика выполняет функцию передачи измеряемой температуры от потока к чувствительному элементу, от которого далее электрический сигнал передается уже к измерительному прибору. Если существует точное равенство между температурой чувствительного элемента и средой, то датчик имеет идеальные динамические характеристики. В реальных конструкциях идеал не достигается, так как материал корпуса датчика всегда имеет конечную теплоемкость и всегда будет существовать разность температур между чувствительным элементом и средой. Одной из основных задач конструирования датчиков температуры является уменьшение влияния температурных градиентов. Отклонения реальной характеристики датчика от идеальной учитывается соответствующими статической и динамической характеристиками.

Постоянная времени датчика является функцией нескольких величин:

$$\tau = \frac{\rho_d \cdot v_d \cdot C_d}{\lambda \cdot S + \alpha_d \cdot S + \lambda_k \cdot S_k},$$

где : τ - постоянная времени датчика температуры; ρ_d - средняя плотность датчика; v_d - объем датчика; C_d - средняя теплоемкость датчика; λ - коэффициент теплопроводности стенки корпуса датчика; S - площадь теплоприемника; α_d - эквивалентный коэффициент радиационного теплового потока датчика; λ_k - коэффициент теплопроводности элементов крепления датчика; S_k - площадь элементов крепления датчика.

Приведенная формула показывает пути уменьшения постоянной времени датчиков температуры. В первую очередь этого можно достичь выбором рациональных размеров датчика, его тепловоспринимающей поверхности, а также подбором материала корпуса датчика с необходимыми физическими свойствами.

В последнее время начали получать распространение датчики температуры, имеющие корпус из полимерных материалов. Такие датчики имеют малые массу и габариты, низкую стоимость, высокую долговечность, обладают стойкостью к коррозии и устойчивостью к различным агрессивным средам.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка для исследования датчиков температуры (рис. 20) включает в себя камеру 6, заполненную моторным маслом. В крышке камеры в резьбовых гнездах установлены исследуемые датчики 8, подключаемые поочередно с помощью переключателя 1 к омметру 2. В крышке также установлена эталонная микротермопара 4, соединенная с измерителем температуры 3. Вся камера 6 подогревается с помощью плоского нагревательного элемента 7. Для уменьшения градиентов температуры по объему камеры предусмотрена специальная вращающаяся лопастная мешалка 5.

В процессе проведения экспериментов постепенно нагревают масло в камере 6 и при его определенных температурах, фиксируемых с помощью эталонной микротермопары 4 и измерителя температуры 3, поочередно подключают датчики 8 к омметру 2.

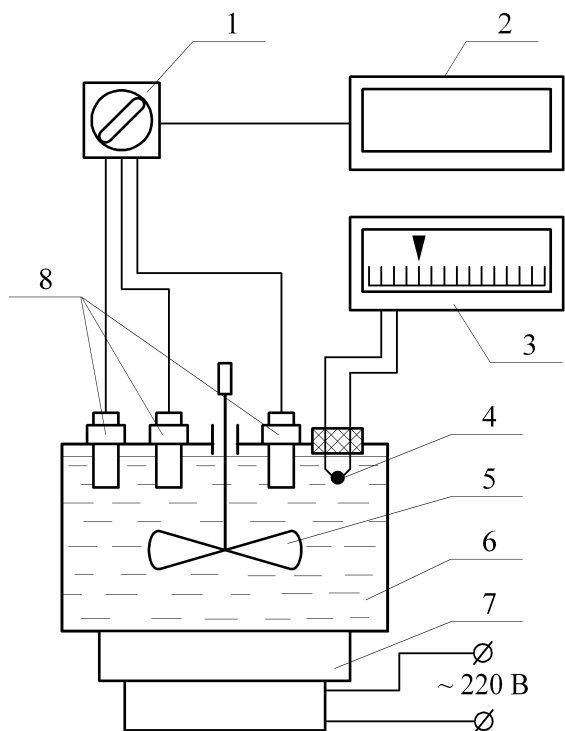


Рис.20. Схема лабораторной установки: 1- переключатель; 2 – омметр; 3 – измеритель температуры; 4 – эталонная микротермопара; 5 – лопастная мешалка; 6 – камера; 7 – нагревательный элемент; 8 – исследуемые датчики

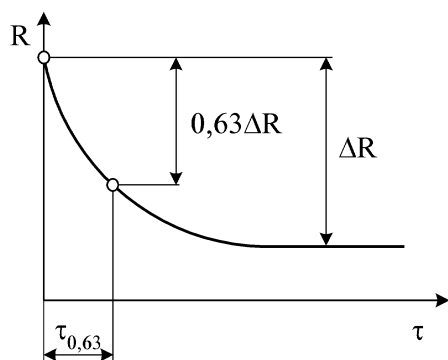


Рис. 21. Графическое определение постоянной времени $\tau_{0,63}$ датчика с отрицательным ТКС по динамической кривой изменения его сигнала

Обычно в качестве начальной принимается комнатная температура (18...25 °С). К концу опытов температуру масла доводят до 100...120 °С. Таким образом, для каждого датчика определяют зависимость его сопротивления R от температуры среды t , в которой он находится.

Установка позволяет получить также динамическую кривую изменения сигнала датчика температуры (рис.21). Для этого выбранный датчик, охлажденный до комнатной температуры, быстро погружают в нагретое масло (100...120 °С) через специальное увеличенное отверстие в крышке камеры 6.

При этом через равные промежутки времени (обычно это 5...10 с) фиксируют показания омметра 2 до тех пор, пока они не будут иметь установившегося значения (различия в показаниях омметра не должны превышать 5 % на протяжении 30 с). По полученным данным строят динамическую кривую $R = f(\tau)$ и определяют графически путем постоянной времени датчика $\tau_{0,63}$ (рис. 21).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить конструктивные особенности автомобильных датчиков температуры, отобранных по

указанию преподавателя. Кратко описать особенности датчиков.

2. Ознакомиться с конструкцией и возможностями лабораторной установки для исследования датчиков.

3. Для каждого из датчиков определить зависимость его сопротивления R от температуры среды t , в которой он находится. Данные эксперимента занести в таблицу 3.

Таблица 3

Зависимость сопротивления датчиков от температуры

Температура среды в камере, °С	Сопротивление датчиков, кОм (МОм)			
	Датчик 1	Датчик 2	Датчик 3	Датчик 4
20				
30				
и т. д.				

4. По полученным в эксперименте данным построить зависимости $R = f(t)$ для каждого из датчиков. Далее по ним определить чувствительность датчиков $\delta = \Delta R / \Delta t$, кОм/°С в начале и в конце диапазона измерения температуры.

5. У одного из датчиков (по указанию преподавателя) определить постоянную времени $\tau_{0,63}$. Для этого необходимо получить динамическую кривую изменения сигнала датчика температуры. По результатам этого

опыта построить кривую $R = f(\tau)$ и графически определить постоянную времени $\tau_{0,63}$.

6. По результатам работы сделать вывод и оформить отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к автомобильным датчикам температуры.

2. Проанализируйте особенности, преимущества и недостатки датчиков температуры различных принципов действия. Опишите конструкцию типичных автомобильных датчиков температуры.

3. Дайте характеристику различным материалам для изготовления резистивных чувствительных элементов датчиков температуры.

4. Опишите лабораторную установку для исследования датчиков.

5. Проанализируйте, от каких факторов зависит быстродействие датчиков температуры.

6. Проведите анализ полученных в работе зависимостей $R = f(t)$, $\delta = \Delta R / \Delta t$, $R = f(\tau)$.

7. Назовите и охарактеризуйте важнейшие показатели работы датчиков температуры.

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить принцип действия и конструкцию индуктивных датчиков перемещения, а также определить их основные характеристики.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принцип действия индуктивных датчиков.
2. Ознакомиться с конструкцией отечественных и зарубежных индуктивных датчиков перемещения.
3. Экспериментально определить влияние зазора между датчиком и вращающимся объектом на выходной сигнал датчика.
4. Экспериментально определить влияние частоты вращения объекта на выходной сигнал датчика (при постоянном зазоре между датчиком и объектом).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для определения углового положения и частоты вращения коленчатого вала двигателя в системах электронного управления могут быть использованы датчики, построенные на различных физических принципах действия. В общем случае для создания таких датчиков можно использовать:

- эффект Холла;
- эффект Виганда;
- эффект электромагнитной индукции;
- оптические эффекты.

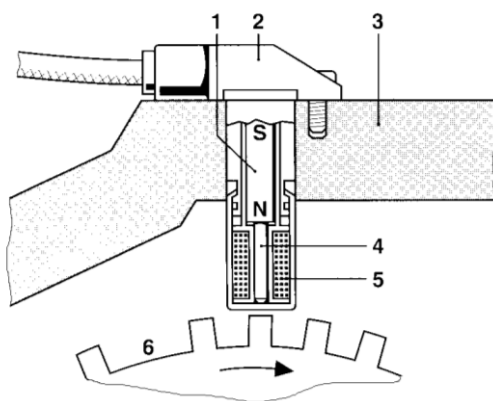


Рис. 22. Схема размещения индуктивного датчика вблизи спецдиска: 1 – постоянный магнит; 2 – корпус индуктивного датчика; 3 – элемент крепления датчика; 4 – сердечник; 5 – катушка; 6 – спецдиск

На практике наиболее часто применяются датчики на основе эффекта электромагнитной индукции. Такой индуктивный датчик (рис. 22) состоит из катушки, связанной с ней сердечника и постоянного магнита. На двигателе такой датчик обычно устанавливается с некоторым зазором вблизи зубьев венца маховика двигателя или вблизи специального диска с прямоугольными зубьями (рис.22,23). Диск имеет, как правило, число зубьев $z = (60-2)$, т.е. два зуба у него удалены. Это позволяет опреде-

лять не только частоту вращения вала, но и положение ВМТ первого цилиндра.

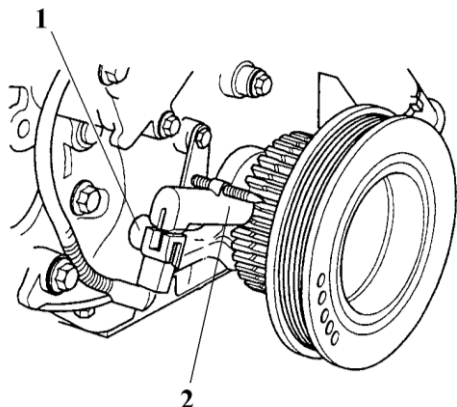


Рис.23. Установка индуктивного датчика на двигателе: 1- кронштейн датчика; 2 – индуктивный датчик

Датчик может рассматриваться как замкнутая магнитная цепь при установке его на двигатель (корпус – постоянный магнит – зубья шестерни – корпус). Постоянный магнит создает магнитный поток в указанной цепи. Величина этого потока зависит от напряженности поля магнита и магнитного сопротивления цепи. При приближении зуба шестерни, создающего импульсы потока, магнитное сопротивление уменьшается и магнитный поток увеличивается (рис. 24). При этом в катушке датчика

индуцируется напряжение $U = N \frac{d\Phi}{dt}$, где N – некоторый постоянный ко-

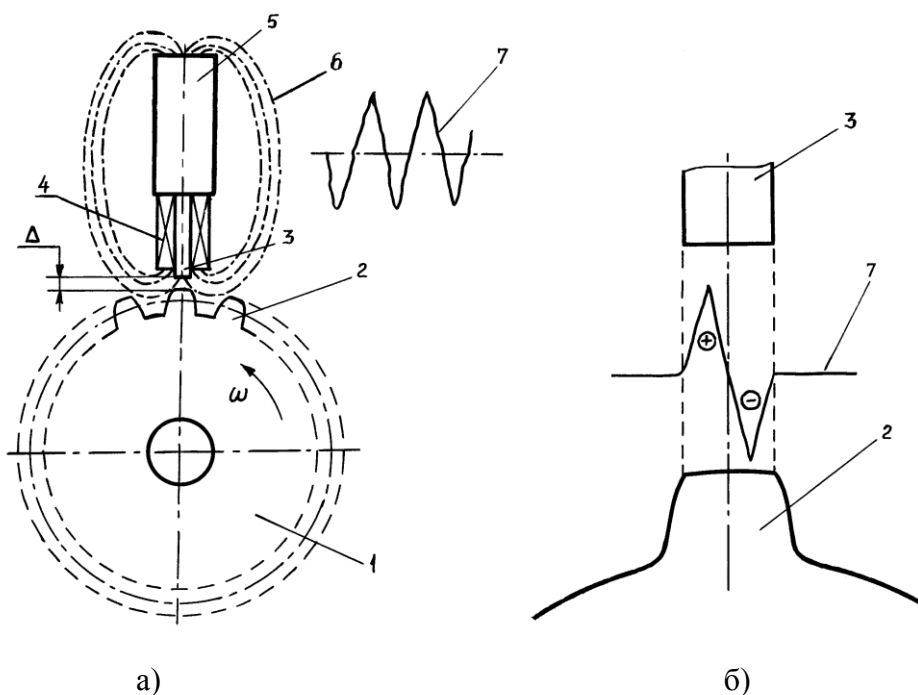


Рис.24. Схема формирования сигнала индуктивного датчика (а) при его взаимодействии с зубьями шестерни (специального диска) и связь формы сигнала с геометрией зуба (б): 1 – зубчатая шестерня (специальный диск); 2 – зуб; 3 – сердечник датчика; 4 – катушка; 5 – постоянный магнит; 6 – магнитные потоки; 7 – выходной сигнал датчика; ω - угловая скорость вращения шестерни; Δ - зазор между сердечником и зубом шестерни

эффицент, зависящий от конструктивных особенностей датчика; $\frac{d\Phi}{dt}$ -
градиент магнитного сопротивления Φ по времени t .

Полярность выходного напряжения датчика зависит от направления скорости изменения магнитного поля, которое определяется полярностью постоянного магнита, направлением навивки проводника в катушке и тем, уменьшается или увеличивается магнитное сопротивление при вращении объекта.

Направление вращения зубчатой шестерни, создающей импульсы напряжения, не оказывает влияние на полярность выходного сигнала. Напряжение на выходе датчика пропорционально количеству витков катушки и скорости изменения магнитного потока. Следовательно, выходное напряжение датчика пропорционально окружной скорости зубчатой шестерни и скорости изменения магнитного сопротивления.

Выходной сигнал датчика представляет собой пикообразный двухполярный импульс, симметричный относительно горизонтальной оси (рис.24). Абсолютные значения ширины импульса и высоты пика изменяются в зависимости от частоты вращения зубчатой шестерни и различны для разных датчиков. Однако точка, в которой пикообразный импульс пересекает горизонтальную ось, может быть определена с большой точностью, если использовать детектор пересечения нулевой точки. При этом также и положение вертикальной оси зуба шестерни (или спецдиска) определяется очень точно.

Использование современных материалов для постоянных магнитов позволяет выполнить датчик очень надежным, компактным и нечувствительным к вибрациям.

На рис. 25 представлена конструкция типичного индуктивного

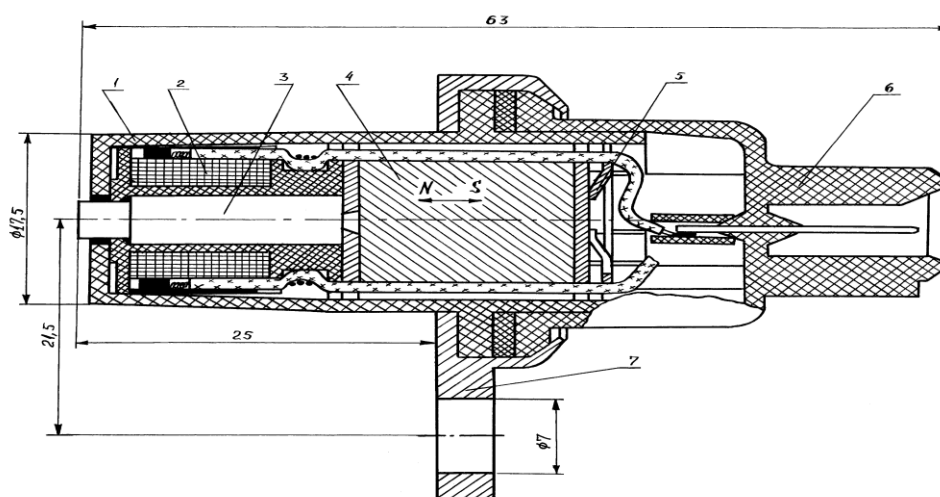


Рис. 25. Конструкция типичного индуктивного датчика перемещения: 1 – корпус; 2 – катушка; 3 – сердечник; 4 – постоянный магнит из феррита бария; 5 – кольцо пружинное; 6 – разъем датчика со штекерами; 7 – фланец крепления датчика

датчика, используемого в системах электронного управления двигателем.

Индуктивные датчики перемещения нашли широкое применение в автомобильной электронике благодаря ряду положительных особенностей. К ним можно отнести:

- простоту установки датчика на двигателе;
- прочность и надежность конструкции датчика;
- возможность применения датчика без усилителя и блока питания;
- широкий температурный диапазон работы: $-40 \dots +150$ °С.

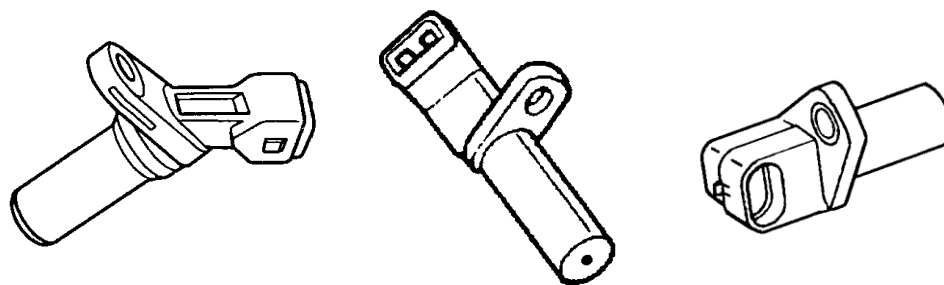


Рис. 26. Внешний вид типичных индуктивных датчиков, используемых в системах электронного управления автомобильными двигателями

Внешний вид типичных индуктивных датчиков, применяемых в системах электронного управления автомобильными двигателями, представлен на рис. 26.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Схема лабораторной установки представлена на рис. 27. Зубчатая шестерня 9 приводится во вращение электродвигателем 10, частота вращения которого может плавно изменяться в диапазоне $600 \dots 6000$ мин⁻¹ с помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) 1.

Исследуемый индуктивный датчик 6 устанавливается на подвижной платформе 4, которая может плавно перемещаться по горизонтали с помощью винта 3 с мелким шагом резьбы. При перемещении платформы 4 изменяется зазор Δ между датчиком и зубьями шестерни. Зазор Δ может точно задаваться и контролироваться с помощью набора автомобильных пластинчатых щупов. Частота вращения шестерни 9 измеряется при помощи второго индуктивного датчика 7, установленного с постоянным зазором вблизи специального маркерного штифта 8 шестерни 9. Выходной сигнал этого второго датчика подается на вход электронного частотомера 5. Сигнал исследуемого датчика выводится на электронный осциллограф 2.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с принципом действия и конструкцией индуктивных датчиков перемещения.

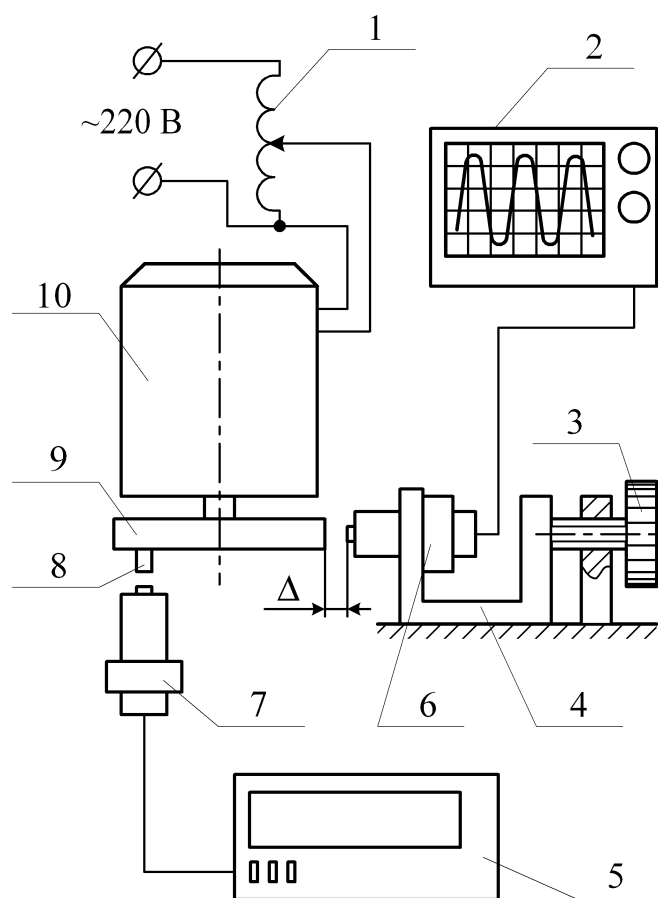


Рис.27. Схема лабораторной установки для исследования индуктивных датчиков: 1- ЛАТР; 2- осциллограф; 3 – регулировочный винт; 4 – подвижная платформа; 5 – электронный частотомер; 6,7 – индуктивные датчики; 8 – штифт; 9 – зубчатая шестерня; 10 - электродвигатель

ний в связи с принципом работы датчика. Сделать выводы по работе.

2. Изучить лабораторную установку.

3. По указанию преподавателя взять конкретный индуктивный и закрепить его на лабораторной установке.

4. Выставить определенный зазор Δ между датчиком и зубьями шестерни и определить зависимость амплитуды выходного сигнала от частоты вращения шестерни ($1000 \dots 4000 \text{ мин}^{-1}$). Провести аналогичные измерения с несколькими другими зазорами Δ .

5. Построить графики следующих зависимостей:

а) $U_{\text{вых}} = f(\Delta)$ при $n = \text{const}$ для различных частот вращения n ;

б) $U_{\text{вых}} = f(n)$ при $\Delta = \text{const}$ для различных значений Δ .

6. Проанализировать полученные зависимости, рассмотреть результаты испытаний

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип действия индуктивных датчиков перемещения.
2. Рассмотрите особенности конструкции индуктивных датчиков перемещения.
3. Для каких целей используются индуктивные датчики в системах управления автомобильными двигателями?

4. Опишите лабораторную установку для исследования индуктивных датчиков.
5. Расскажите об особенностях работы индуктивных датчиков.
6. Проанализируйте полученные экспериментальные зависимости работы индуктивного датчика и свяжите их с принципом его действия.
7. Каковы преимущества и недостатки индуктивных датчиков?

Лабораторная работа № 6 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК ДЛЯ ВПРЫСКИВАНИЯ БЕНЗИНА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить конструкцию электромагнитных форсунок различных типов и определить их рабочие характеристики.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принцип действия и конструкцию существующих типов электромагнитных форсунок для впрыскивания бензина, производимых различными фирмами мира.
2. На лабораторном стенде снять рабочую характеристику конкретного образца электромагнитной форсунки.
3. Определить статическую производительность форсунки.
4. Экспериментальным путем выявить неравномерность дозирования топлива при использовании комплекта форсунок (4 шт.).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электромагнитная форсунка для впрыскивания бензина представляет собой быстродействующий гидравлический дозирующий клапан с электромагнитным приводом запирающего элемента (рис.28). В системах топ-

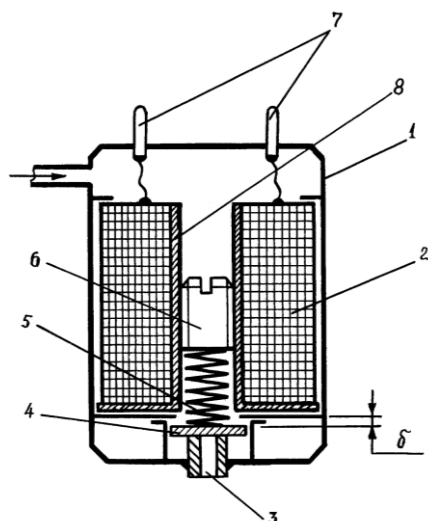


Рис. 28. Упрощенная принципиальная схема электромагнитной форсунки для впрыскивания бензина: 1 – корпус форсунки; 2 – обмотка электромагнита; 3 – канал распылителя; 4 – запирающий элемент клапана; 5 – возвратная пружина; 6 – регулировочный винт; 7 – выходные контакты; 8 – магнитопровод; δ - рабочий зазор в клапанном узле

ливоподачи с электронным управлением форсунки выполняют две основные функции:

- дозируют топливо в соответствии с длительностью электрических управляющих импульсов, формируемых электронным блоком управления по определенному алгоритму в зависимости от режимных параметров работы двигателя;

- распыливают (диспергируют) топливо до частиц требуемых размеров для достижения необходимой гомогенизации топливовоздушной смеси.

В отличие от карбюраторных систем подачи топлива, в системах впрыскивания бензина применение электромагнитных форсунок позволяет разделить эти две основные функции органов топливоподачи и совершенствовать их независимо друг от друга.

Принцип действия всех электромагнитных форсунок, независимо от их конструкции, одинаков и заключается в следующем (рис.28). При подаче на обмотку электромагнита прямоугольного электрического импульса определенной длительности τ , запирающий элемент клапана, преодолевая усилие возвратной пружины, перемещается вверх и открывает проточный канал распылителя, через который топливо поступает в двигатель. После прекращения действия импульса τ запирающий элемент под действием усилия возвратной пружины запирает клапан форсунки и подача топлива прекращается. При постоянном давлении топлива перед форсункой, впрыскиваемое его количество будет определяться длительностью открытия клапана форсунки (рис.29). Таким образом, электромагнитные форсунки работают в импульсном режиме.

В идеальном случае время открытия форсунки должно быть равно длительности управляющего электрического импульса τ . Однако в реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса из-за механической и электромагнитной инерционности конструкции, а также из-за влияния гидравлических явлений на процессы открытия форсунки и впрыскивания топлива.

Для оценки основных рабочих параметров форсунки используется ее характеристика - зависимость величины цикловой подачи топлива g_τ от длительности τ управляющего электрического импульса (рис. 29):

$$g_\tau = f(\tau).$$

По назначению форсунки подразделяются на конструкции, предназначенные для систем центрального или распределенного впрыскивания топлива.

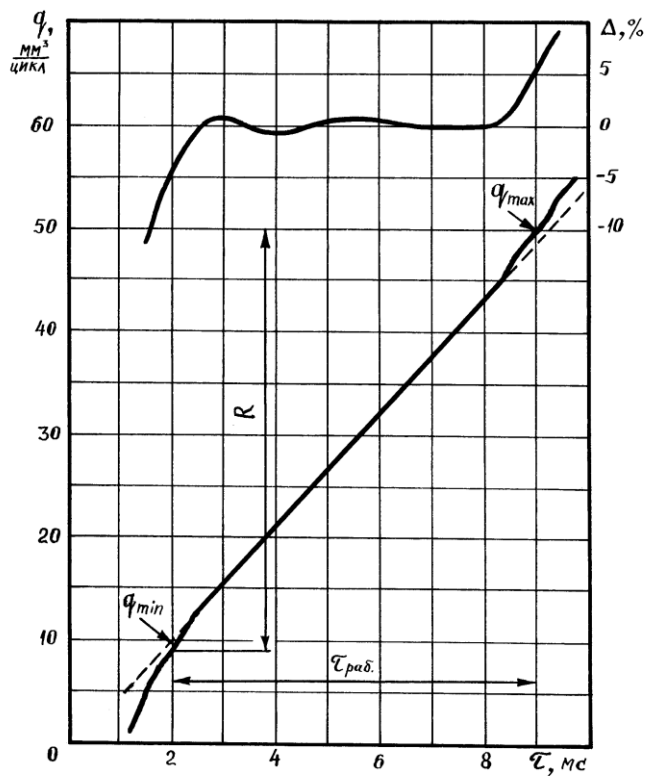


Рис. 29. Рабочая характеристика форсунки: R – динамический диапазон работы форсунки (кратность цикловых подач); Δ – погрешность дозирования топлива, %; $\tau_{\text{раб}}$ – рабочий диапазон длительностей управляющих электрических импульсов

Форсунки первого типа выполняют, как правило, с нижним (боковым) подводом топлива (рис.30а), причем их габаритные размеры по вертикали стараются уменьшить до минимально возможных значений для удобства размещения блока ЦВТ в подкапотном пространстве автомобиля.

Для распределенного впрыскивания бензина обычно применяют форсунки с верхним подводом топлива (рис. 30б), хотя известно использование для этих систем и модификаций форсунок с нижним подводом.

По величине сопротивления обмотки электромагнита форсунки можно подразделить на низкоомные (сопротивление 1,3...3,0 Ом) и высокоомные (12...16 Ом). При испытаниях форсунок первого вида на их обмотку нельзя подавать напряжение более 5 В во избежание сгорания обмотки.

На высокоомные форсунки можно подавать напряжение до 12 В. Это не относится к импульсным режимам управления форсункой. Так, при использовании форсирующего импульса для более быстрого открытия форсунки токи в течение 1,0...1,5 мс могут значительно превышать те, которые допустимы для данной форсунки при ее статическом открытии.

По величине рабочего давления топлива форсунки также можно разделить на два типа. Первый тип форсунок рассчитан на давление топлива 70...200 кПа. Такие форсунки применяют для систем ЦВТ. Второй тип форсунок предназначен для систем РВТ и работает при давлениях топлива 250...380 кПа.

Назначение форсунки определяет и угол конуса распыливания топлива – для ЦВТ он составляет 50...55°, для РВТ – 20...25°.

В последние годы при общем многообразии конструкций форсунок для впрыскивания бензина наметилось использование трех видов запирающих элементов клапана:

- плоского (дискового);
- конусного;
- сферического.

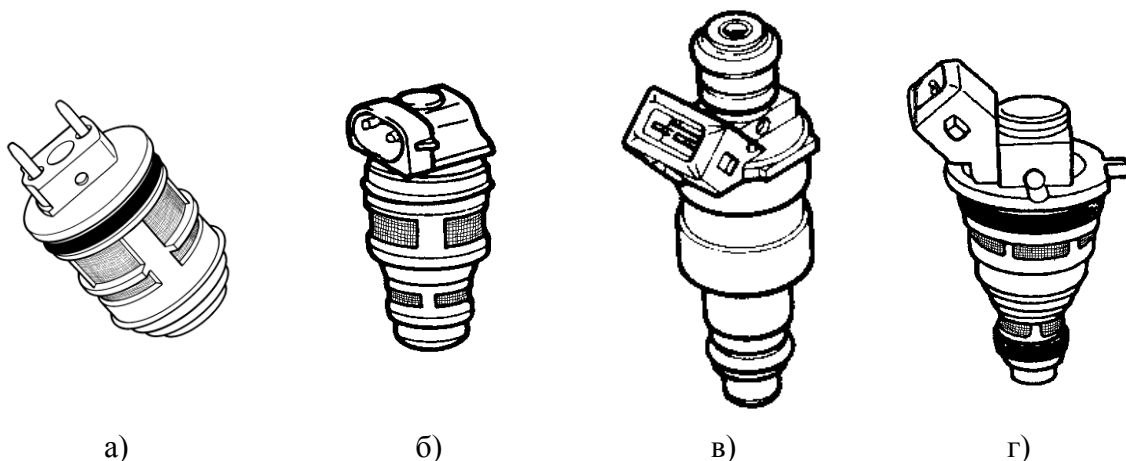


Рис.30. Внешний вид электромагнитных форсунок различных типов: а, б – с нижним подводом топлива для систем ЦВТ; в – с верхним подводом топлива для систем РВТ; г - с нижним подводом топлива для систем РВТ

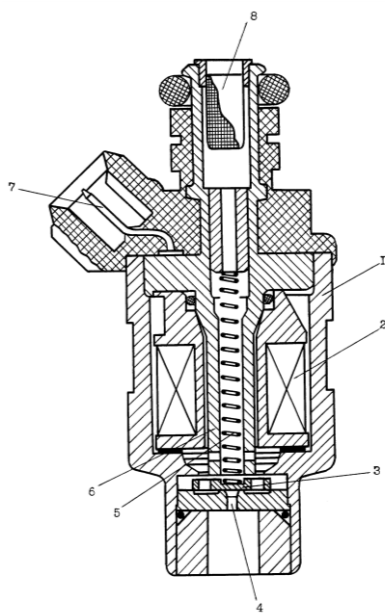


Рис. 31. Конструкция форсунки с плоским запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – запирающий элемент; 4 – канал распылителя; 5 – пружина; 6 – сердечник электромагнита; 7 – электрические контакты; 8 – топливный фильтр (сетка)

У форсунок с плоским запирающим элементом калиброванное отверстие клапана закрывается подпружиненным плоским элементом (якорем диаметром 9...12 мм из магнитомягкой стали), который для снижения его массы выполняется с проточками в центре и отверстиями на периферии. Масса запирающего элемента такой конструкции может составлять 0,5...1,0 г, что позволяет существенно повысить быстродействие форсунки.

Форсунки с плоским запирающим элементом традиционно выпускаются фирмой *Lucas* (Великобритания), а также рядом японских и американских фирм (рис.31).

При использовании конусных запирающих элементов клапан запирается конусом. При этом возможны два варианта

исполнения запирающего элемента – со штифтом (рис. 32) и без него (рис.33).

В первой модификации форсунок конусный запирающий элемент имеет в нижней части фасонный штифт, выполненный по аналогии со штифтом дизельной форсунки. Отверстие клапана в этом случае представляет собой кольцевую щель шириной 0,085 мм, образованную штифтом и распылителем. Такая конструкция клапана обеспечивает хорошую дисперсность распыливания топлива, но требует высокой точности изготовления в массовом производстве, поскольку такой запирающий элемент должен обеспечивать стабильность работы форсунок и их взаимозаменяемость. При этом масса запирающего элемента довольно велика – 3...4 г, что отрицательно сказывается на быстродействии форсунки.

К этому типу форсунок относятся конструкции фирмы *R.Bosch*. В настоящее время такие форсунки не устанавливаются на современные автомобильные двигатели в связи с тем, что появились более совершенные варианты конструкции запирающего элемента и клапана в целом.

Если штифт не используется, то имеется возможность снизить массу запирающего элемента и несколько повысить быстродействие форсунки (рис.33).

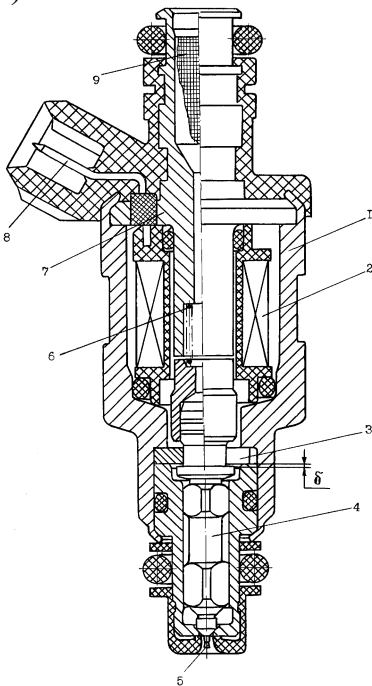


Рис. 32. Конструкция форсунки со штифтовым запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – дистанционное кольцо; 4 – запирающий элемент; 5 – штифт; 6 – пружина; 7 – сердечник электромагнита; 8 – электрические контакты; 9 – топливный фильтр (сетка)

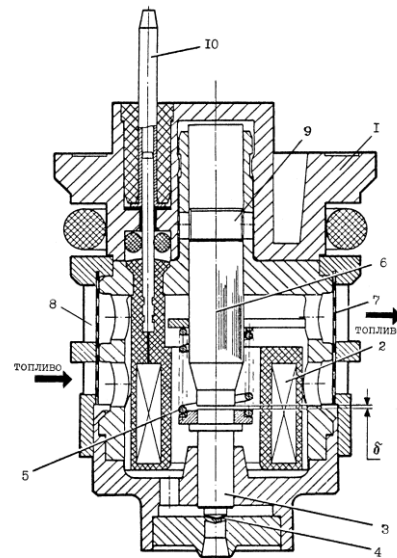


Рис. 33. Конструкция форсунки с конусным запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – запирающий элемент; 4 – канал распылителя; 5 – пружина; 6 – сердечник электромагнита; 7 – топливный фильтр (сетка); 8 – топливные каналы; 9 – регулировочный винт; 10 – электрические контакты

В целом можно отметить, что использование конусного запирающего элемента (со штифтом или без него) требует достаточно длинной направляющей части для обеспечения надежного сопряжения конусной запирающей поверхности с седлом клапана и достижения требуемой герметичности форсунки. Это в свою очередь приводит к повышенной массе подвижных частей форсунки и снижению ее быстродействия при одновременном повышении энергопотребления.

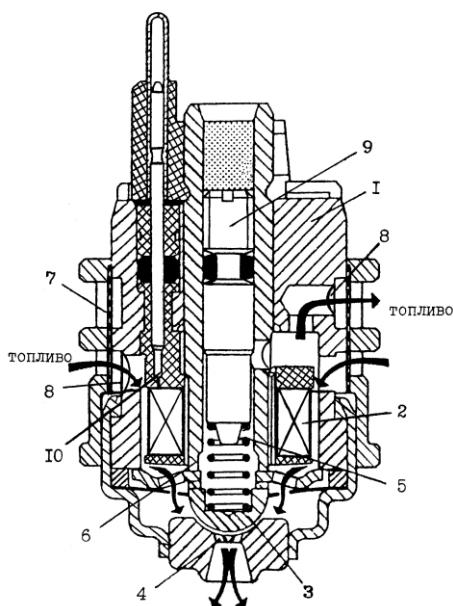


Рис.34. Типичная конструкция форсунки со сферическим запирающим элементом: 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита; 3 – запирающий элемент; 4 – канал распылителя; 5 – пружина; 6 – сердечник электромагнита; 7 – топливный фильтр (сетка); 8 – топливные каналы; 9 – регулировочный винт; 10 – электрические контакты

быстродействия, точности дозирования, улучшения распыливания топлива при одновременном возрастании надежности, снижении массы, габаритных размеров и стоимости. В последние годы появились малогабаритные форсунки, в конструкции которых широко использованы специальные пластики и современные технологии изготовления обмоток электромагнита.

Использование сферических запирающих элементов позволяет упростить технологию изготовления форсунки, поскольку сферические элементы обладают способностью к самоцентрированию в седле клапана и при этом обеспечивают хорошие герметизирующие свойства клапана. Технология изготовления сферических и полусферических тел вращения хорошо отработана в промышленности и не представляет затруднений. Масса такого элемента может составлять 1,5...2,0 г, что позволяет создать форсунку с достаточно высоким быстродействием. Форсунки со сферическими запирающими элементами производят фирмы *R.Bosch*, *Delphi*, *Aisan* (рис.34).

Для повышения дисперсности дробления топлива форсункой канал распылителя часто выполняется многосопловым, с тангенциальным расположением нескольких распыливающих отверстий.

Развитие электромагнитных форсунок всегда шло по пути повышения бы-

Для оценки рабочих свойств электромагнитных форсунок используют различные виды их испытаний. Наиболее распространены:

- *статическая проливка форсунок* (при полном постоянном открытии клапана);
- *калибровка форсунок* (определение цикловых подач на различных режимах работы форсунки, задаваемых оператором).

При первом виде испытания определяется статическая производительность q_{cmi} :

$$q_{cmi} = \frac{\Delta Q_i}{\tau},$$

где ΔQ_i - количество топлива, определенное за время замера объемным способом (для i -ой форсунки), см^3 ; τ - время замера, с.

Во втором виде испытаний определяется цикловая подача форсунки $q_{ци}$ при определенных значениях частоты f и длительности $\tau_{\text{э}}$ управляющих электрических импульсов):

$$q_{ци} = \frac{\Delta Q_i}{z}.$$

Здесь z – число циклов срабатываний форсунки за время замера τ .

Серия измерений $q_{ци}$ при фиксированных величинах f и различных $\tau_{\text{э}}$ дает возможность построить характеристику форсунки, т.е. зависимость $q_{ци} = \varphi(\tau_{\text{э}})$.

Кроме этого может определяться неравномерность подачи топлива δ_i различными форсунками, входящими в комплект:

$$\delta_i = \frac{q_{ци} - \bar{q}_{ци}}{\bar{q}_{ци}} \cdot 100\%,$$

где $\bar{q}_{ци}$ - средняя цикловая подача топлива форсунками в данном комплекте, вычисляемая по формуле

$$\bar{q}_{ци} = \frac{\sum_i q_{ци}}{i}.$$

Герметичность форсунок проверяется под давлением топлива. У неработающей форсунки, находящейся под давлением, не должно образовываться на носике распылителя и отрываться с него более одной капли (примерно 3 мм^3) в минуту. Для последних поколений форсунок этот показатель не должен превышать 1 капли в 2 минуты (т.е. менее $1,5 \text{ мм}^3/\text{мин}$).

В процессе эксплуатации электромагнитных форсунок в составе систем впрыскивания бензина может происходить их загрязнение, вызываемое рядом причин – низким качеством бензина, нагревом распылителей форсунок, повышенным количеством картерных газов и др. Загрязнение форсунок приводит к снижению мощности двигателя, затрудненному пуску, ухудшению разгона автомобиля и др. Современный рынок автохимии предлагает целую гамму специальных моющих жидкостей и очищающих присадок к топливу, которые по принципу действия можно разделить на две большие группы – препараты «ударного» и «мягкого» действия.

Компоненты препаратов первой группы подобраны таким образом, что они быстро и эффективно очищают форсунки от углеродистых и смоляных отложений, удаляют воду, защищают детали топливной системы от коррозии. Эти препараты предназначены для профессионального использования, так как требуют применения специального оборудования, позволяющего быстро проводить очистку (за 30...40 минут) без разборки топливной системы. При этом двигатель работает на холостом ходу не на бензине, а на моющей жидкости.

Препараты второй группы («мягкого» действия) рассчитаны на более широкое использование, так как предназначены для добавки прямо в топливный бак автомобиля. Они содержат сбалансированный набор компонентов, обладающих моющим и антикоррозийным действием. Регулярное применение этих присадок является эффективной профилактикой загрязнения форсунок и топливной системы в целом.

Практика показывает, что профилактическая очистка топливной системы с помощью моющих жидкостей или специальных присадок в конечном счете обходится дешевле, чем замена дорогостоящих форсунок.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Схема лабораторной установки для испытания электромагнитных форсунок для впрыскивания бензина представлена на рис. 35. Топливо из бака 9 поступает в электробензонасос 10 и далее через фильтр 13 тонкой очистки направляется под давлением в магистраль, откуда подается к регулятору давления 11 и далее к форсункам 8 и 16. Давление топлива в магистрали контролируется по манометру 14. Температура топлива контролируется с помощью полупроводникового датчика температуры, установленной в топливопроводе (на рис. 35 не показан). Установка включает несколько мерных емкостей 6 и 7 для определения производительности форсунок. Четыре одинаковых мерных цилиндра 6, объемом 100 см^3 каждый, предназначены для измерения производительности форсунок и оценки равномерности дозирования топлива форсунками 16, предназначенными

для систем РВТ. Мерный цилиндр 7 емкостью 250 см³ используется для исследования работы форсунки 8, применяемой в системе ЦВТ.

Персональный компьютер выполняет функции контроллера при управлении всей лабораторной установкой. Время проведения замера при впрыскивании топлива определяется с помощью электронного таймера, входящего в состав персонального компьютера 1. Погрешность измерения

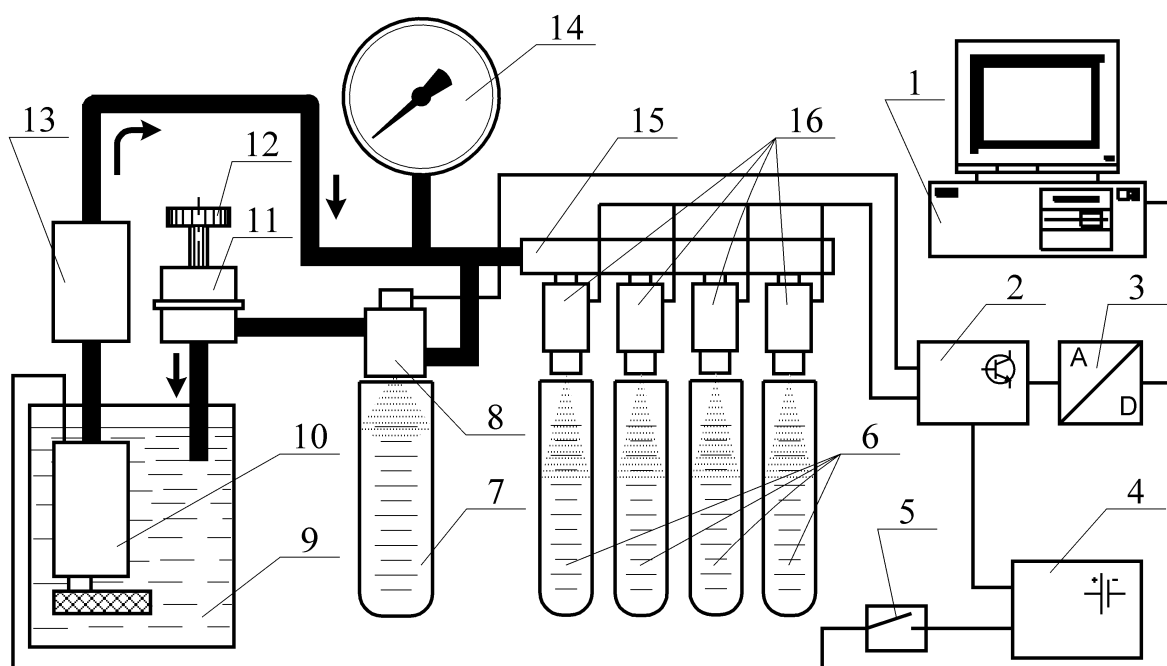


Рис. 35. Схема лабораторной установки для испытания электромагнитных форсунок для впрыскивания бензина: 1 – персональный компьютер; 2 – электронная схема преобразования сигналов; 3 – усилитель мощности; 4 – аккумуляторная батарея; 5 – электромагнитное реле; 6, 7 – мерные емкости; 8, 16 – электромагнитные форсунки; 9 – топливный бак; 10 – электробензонасос с фильтром грубой очистки топлива; 11 – регулятор давления топлива; 12 – винт регулировки давления топлива; 13 – фильтр тонкой очистки топлива; 14 – манометр; 15 – топливная рампа

времени составляет $\pm 0,1$ мс. Включение таймера синхронизировано с подачей на форсунки управляющих импульсов, что обеспечивает удобство и высокую точность измерения расхода (не хуже $\pm 0,5$ % по объему). Одновременно с этим для определения основных характеристик форсунок измеряется частота, длительность и количество управляющих электрических импульсов, поступающих на форсунки. Эти измерения проводятся с помощью специальной компьютерной программы.

Персональный компьютер имеет также программу для управления форсунками и позволяет варьировать независимо друг от друга длительность и частоту электрических управляющих импульсов в пределах 1,5...10 мс и 10...100 Гц соответственно.

Для возможности исследования процесса распыливания топлива форсунками установка имеет прозрачный стеклянный цилиндр диаметром 180 мм с постоянно открытым сливным каналом (на рис. 35 не показан). Путем стробоскопирования топливного факела можно визуальным образом приблизительно оценить дисперсность распыливания топлива.

Описанная лабораторная установка позволяет:

- определять характеристики форсунок при различных давлениях топлива и различных параметрах управляющих электрических импульсов;
- визуальным образом изучать процесс распыливания топлива форсунками;
- проверять работу электробензонасосов, стабилизаторов давления топлива и других гидравлических узлов систем впрыскивания топлива;
- производить отладку программы дозирования топлива.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить по конкретным экземплярам конструкцию форсунок различных типов.

2. По согласованию с преподавателем отобрать для испытаний одну форсунку, а также комплект форсунок, и смонтировать их на лабораторной установке.

3. Визуальным образом (с использованием стробоскопа) изучить процесс распыливания топлива форсунками при различных длительностях и частотах следования управляющих электрических импульсов.

4. Снять характеристику одной форсунки, изменяя длительность управляющих импульсов в пределах 2...8 мс и частоту их подачи на форсунку от 10 до 100 Гц. Построить зависимости $g_t = f(\tau)$ по результатам экспериментов.

5. Для комплекта форсунок определить неравномерность дозирования топлива при изменении длительности и частоты следования управляющих электрических импульсов в указанных пределах.

6. Проанализировать результаты экспериментов и сделать выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип действия электромагнитных форсунок.
2. Что понимается под характеристикой форсунки?
3. Как классифицируются форсунки по типу клапанного узла?

4. Опишите лабораторную установку и ее возможности.
5. Проанализируйте полученную характеристику конкретной форсунки.
6. Дайте сравнительный анализ конструкций форсунок различных типов.
7. Чем отличаются форсунки, предназначенные для систем ЦВТ и РВТ?

Лабораторная работа № 7 **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ** **ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНЫХ** **РАСХОДОМЕРОВ ВОЗДУХА**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить принципы действия и конструкцию автомобильных расходомеров воздуха, определить их основные характеристики.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принцип действия и конструкцию лопастных расходомеров воздуха фирмы *R.Bosch*.
2. Изучить принцип действия и конструкцию термоанемометрических расходомеров воздуха.
3. Исследовать макетную электронную схему термоанемометрического расходомера воздуха.
4. Определить на лабораторном стенде основные характеристики конкретного расходомера воздуха (выбранного по указанию преподавателя).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Расходомеры воздуха являются важнейшим элементом современных систем электронного управления двигателем. Их совершенство во многом определяет эффективность этих систем.

Первым нашел применение в системах управления двигателем лопастной расходомер, входивший в состав системы *L-Jetronic*, которая начала выпускаться фирмой *R.Bosch* в середине 70-х годов прошлого столетия. Затем аналогичный расходомер был применен в первом поколении системы *Motronic* этой же фирмы.

Действие лопастного расходомера, схематично показанного на рис. 36, основано на динамическом воздействии потока воздуха на воспринимающий элемент, выполненный в виде прямоугольной заслонки (лопасти). Под действием набегающего потока воздуха заслонка отклоняется до не

которого равновесного положения, при котором открывается определенная часть канала прямоугольного сечения. Уравновешивание заслонки в потоке достигается с помощью противоположно направленной силы, создаваемой спиральной пружиной с пологой характеристикой.

Для этого принципа измерения расхода справедлива зависимость

$$G_g = \rho S_o V_o = \frac{S_1 S_o \sqrt{2\rho(p_o - p_1)}}{\sqrt{S_o^2 - S_1^2}},$$

где соответственно: V_o - скорость потока в сечении 0-0; p_o и p_1 - давления потока в сечениях 0-0 и 1-1; S_o и S_1 - площади канала в сечениях 0-0 и 1-1; ρ - плотность потока, принятая одинаковой для всех сечений.

В рассматриваемом измерителе величина разности давлений ($p_o - p_1$) поддерживается постоянной, а величина площади сечения S_1 , однозначно

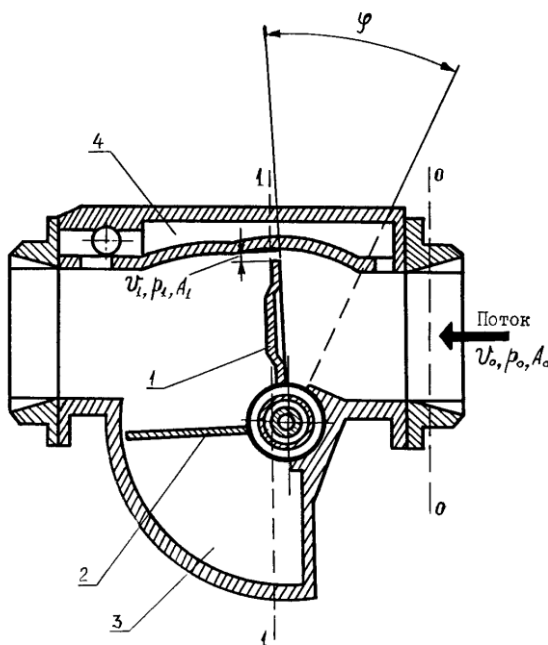


Рис. 36. Схема лопастного расходомера воздуха: 1 – измерительная заслонка; 2 – компенсационная (демпфирующая) заслонка; 3 – демпфирующая камера; 4 – байпасный канал

определяемая (за счет профилирования канала расходомера) углом φ поворота заслонки, является мерой расхода. Таким образом, величину расхода однозначно определяют по угловому положению измерительной заслонки.

Для сглаживания колебаний измерительной заслонки под действием пульсирующего потока воздуха во впускном тракте двигателя имеется пневматический демпфер, выполненный в виде дополнительной заслонки, которая жестко связана с измерительной и размещена в демпфирующей камере. Для работы на режиме холостого хода двигателя расходомер имеет

обводной (байпасный) канал, через который воздух и поступает в двигатель на этом режиме. Преобразование углового положения φ заслонки в электрический сигнал осуществляется с помощью специального логарифмического потенциометра, форма контактной дорожки которого обеспечивает требуемую рабочую характеристику расходомера $G_g = f(\varphi)$. Каждый

измеритель индивидуально калибруют для обеспечения заданной точности и взаимозаменяемости расходомеров в системах управления.

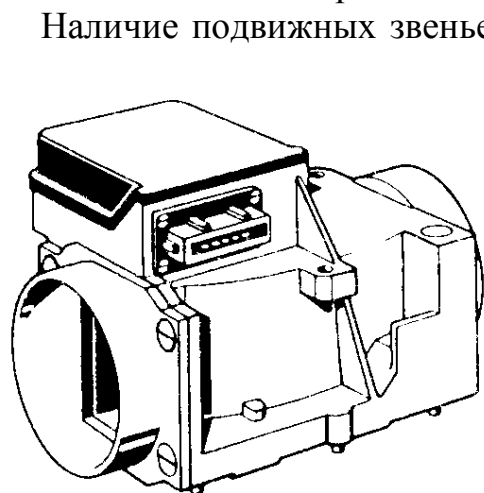


Рис. 37. Внешний вид лопатного расходомера воздуха, применяемого в первом поколении системы Motronic

Наличие подвижных звеньев и скользящих электрических контактов, а также значительное число преобразований первичного сигнала являются существенными и принципиальными недостатками лопатных расходомеров воздуха. Фирма *R.Bosch* обеспечивает высокие метрологические показатели расходомера за счет применения совершенной технологии изготовления отдельных элементов и всей конструкции в целом. Каждый такой измеритель индивидуально калибруется для обеспечения заданной точности и взаимозаменяемости расходомеров в системах управления двигателем.

Лопатные расходомеры, используемые в системах *L-Jetronic* и *Motronic*, идентичны по конструкции, но различаются по виду рабочей характеристики – у первого расходомера она имеет нелинейную форму, у второго – линейную. Кроме этого, расходомеры имеют несколько модификаций в зависимости от диапазона измеряемых расходов (обычно они охватывают диапазоны 12...320 кг/ч и 16...640 кг/ч). У расходомера *Motronic* нелинейность рабочей характеристики во всем диапазоне расходов не превышает 2,5 %.

Внешний вид расходомера системы *Motronic* показан на рис. 37. Масса такого расходомера составляет 1,8...2,4 кг (в зависимости от модификации).

Следующее поколение расходомеров воздуха было основано на термоанемометрическом принципе измерения расхода, который базируется на зависимости величины тепловой мощности W , рассеиваемой нагретым электрическим элементом (проволокой, пленкой, термистором), размещенным в потоке, от массового расхода G обтекающего потока:

$$W = k\Delta t G^n,$$

где k - коэффициент пропорциональности (постоянная величина); Δt - разность температур между нагретым элементом и потоком (в данном случае $\Delta t = const$, что достигается применением следящей системы в схеме термоанемометра); n - показатель степени (зависит от характера теплообмена между измерительным элементом и потоком, $n = const$).

Упрощенная схема термоанемометра постоянной температуры представлена на рис. 38. Измерительный (нагреваемый) и термокомпенсационный резисторы включаются в мостовую измерительную схему. При соединении входа операционного усилителя ОУ1 с диагональю моста усилитель благодаря своим свойствам будет поддерживать равновесие мостовой схемы (нулевой потенциал на входе усилителя), управляя силовым транзистором V2 и меняя таким образом силу тока, питающего мост. Следовательно, при изменении расхода (скорости) воздуха величина $R_{и}$ останется посто-

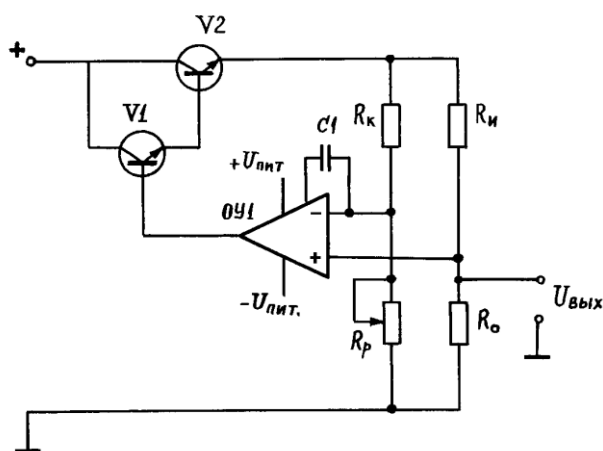


Рис. 38. Упрощенная схема термоанемометра постоянной температуры: $R_{и}$ и $R_{к}$ – соответственно измерительный и компенсационный терморезисторы; $R_{о}$ – опорный резистор; $R_{р}$ – регулировочный резистор, с помощью которого задается величина перегрева Δt измерительного элемента относительно среды

грева Δt измерительного резистора $R_{и}$ относительно температуры потока осуществляется переменным резистором $R_{р}$ в процессе настройки схемы. С увеличением перегрева чувствительность термоанемометра возрастает.

Компенсация изменения температуры среды осуществляется с помощью резистора $R_{к}$, включаемого в смежное с измерительным элементом $R_{и}$ плечо мостовой схемы.

Подобная схема, только несколько более усложненная для повышения стабильности работы, используется практически во всех современных термоанемометрических измерителях. Типичная градуировочная характеристика одного из термоанемометрических расходомеров фирмы R.Bosch показана на рис. 39.

Установка заданного перегрева Δt измерительного резистора $R_{и}$ относительно температуры потока осуществляется переменным резистором $R_{р}$ в процессе настройки схемы. С увеличением перегрева чувствительность термоанемометра возрастает.

Сигнал $U_{вых}$ с опорного резистора $R_{о}$ поступает на следующий каскад измерителя для дальнейшей обработки.

Установка заданного пере-

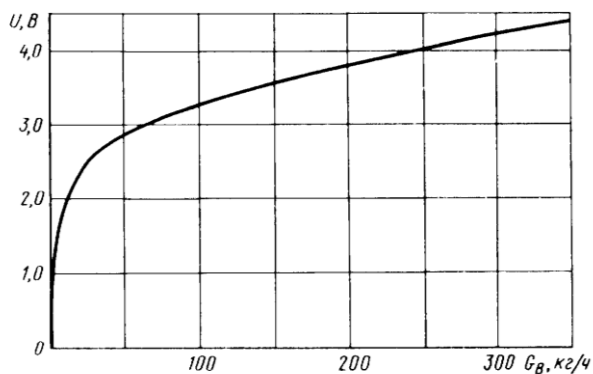


Рис. 39. Типичная градуировочная кривая термоанемометрического расходомера воздуха фирмы R.Bosch

Термоанемометрические расходомеры получили широкое распространение благодаря целому ряду своих преимуществ:

- высокому быстродействию;
- малым габаритам и массе;
- высокой чувствительности, особенно в области малых расходов воздуха;
- незначительному сопротивлению измерительного канала.

Однако вместе с тем эти расходомеры имеют и ряд недостатков. К ним можно отнести возможность загрязнения измерительного элемента расходомера с последующим изменением рабочей характеристики, чувствительность к обратным потокам воздуха в измерительном канале, снижение точности измерения расхода в пульсирующих потоках и др.

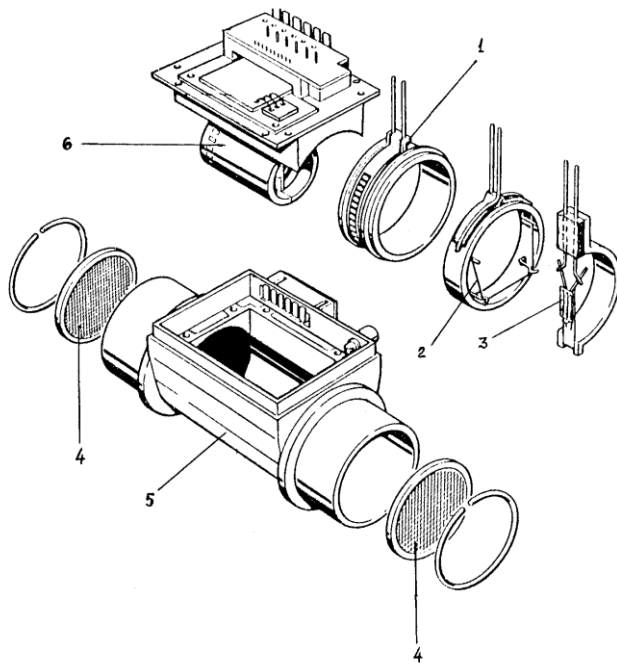


Рис. 40. Конструктивная схема термоанемометрического расходомера воздуха с проволочным измерительным элементом, применяемого в системе LH-Jetronic: 1 – прецизионный резистор; 2 – измерительный элемент в виде платиновой нити; 3 – термокомпенсационный элемент; 4 – сетки; 5 – пластиковый корпус; 6 – внутренний измерительный канал, в котором располагаются элементы 1-3 (на схеме показаны в увеличенном виде)

Конструктивно термоанемометрический расходомер воздуха представляет автономный блок, установленный обычно между воздухоочистителем и впускным трубопроводом. В свою очередь этот блок состоит из ряда узлов (рис. 40).

Измерительный элемент этого расходомера представляет собой платиновую нить диаметром 100 мкм, закрепленную во внутреннем измерительном канале. Корпус расходомера имеет камеру для размещения электронного блока. На входе и выходе основного канала расходомера установлены защитные сетки, одновременно выполняющие функции элементов, стабилизирующих течение потока воздуха в основном и измерительном каналах.

В процессе работы электронный блок поддерживает постоянный перегрев нити относительно потока воздуха (на уровне 150 °С) путем регулирования силы тока измерительного моста в пределах 500...1200 мА.

Проблема загрязнения платиновой нити в процессе работы расходомера решается путем кратковременной (в течение 1 с) подачи повышенного напряжения на элемент, в результате чего температура его повышается до 1000 °С и загрязнения выжигаются.

В последующих модификациях этих расходомеров фирма *R.Bosch* использует пленочный измерительный элемент на твердой керамической подложке, который закреплен в специальном пластиковом модуле, установленном в корпусе расходомера (рис. 41). Другие фирмы (*Delphi*, *Hitachi* и т.д.) применяют гибкие пленочные элементы.

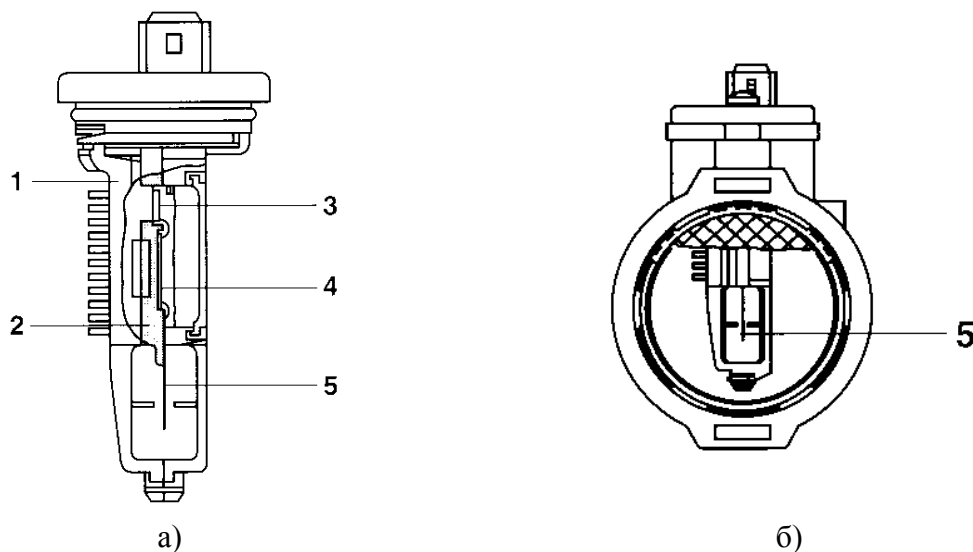


Рис. 41. Конструктивная схема измерительного модуля с пленочным чувствительным элементом (а) и его размещение в корпусе расходомера воздуха (б): 1 – радиатор; 2, 3 – элементы крепления пленочного чувствительного элемента; 4 – электронная гибридная схема обработки сигнала; 5 – пленочный чувствительный элемент на керамической подложке

Эти решения позволяют повысить безотказность и долговечность автомобильных расходомеров воздуха при одновременном снижении их стоимости.

Внешний вид расходомера воздуха фирмы *R.Bosch* с пленочным чувствительным элементом показан на рис.42.

Другим путем защиты чувствительного элемента от загрязнений и обратных вспышек является его размещение в байпасном воздушном канале расходомера. Благодаря этому датчик также менее чувствителен к пульсациям потока воздуха и при одновременном сохранении высокого быстродействия. Однако отрицательным последствием этого решения является

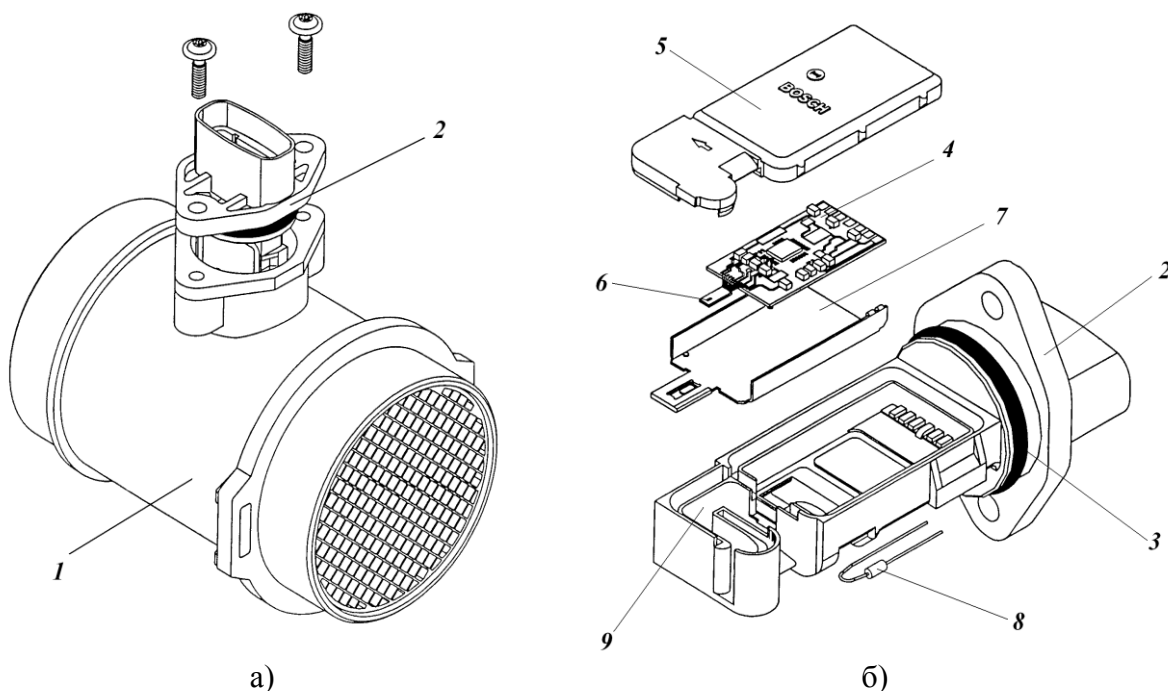


Рис. 42. Термоанемометрический расходомер воздуха последнего поколения фирмы *R.Bosch* (а) и его измерительный модуль (б): 1 – корпус расходомера; 2 – измерительный модуль; 3 – уплотнительное резиновое кольцо; 4 – гибридная интегральная схема; 5 – крышка измерительного канала; 6 — чувствительный элемент термоанемометра; 7 - крышка гибридной схемы; 8 – терморезистор; 9 – лабиринтный канал

несколько повышенная погрешность измерения расход воздуха, достигающая при этом способе измерения 4...6 %.

В последнем поколении термоанемометрических расходомеров воздуха фирмы *R.Bosch* чувствительный элемент в измерительном модуле размещен в специальном лабиринтном канале (рис.42), что также позволяет защитить его от загрязнений, обратных всплесков и уменьшить влияние пульсаций потока воздуха на показания расходомера. В этом расходомере применены также специализированные гибридные схемы высокой степени интеграции с возможностью настройки в процессе производства рабочей характеристики расходомера под требуемые параметры при использовании одного и того же чувствительного элемента. Таким образом, фирма значительно упростила технологию и снизила стоимость массового производства расходомеров этого типа.

Дальнейшее развитие автомобильных расходомеров воздуха будет направлено на повышение их надежности, увеличение точности измерений, снижение габаритов, массы и стоимости конструкций.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка для исследования расходомеров воздуха показана на рис.43. Она включает основание, к которому крепятся с помо-

щью стоек аэродинамическая труба постоянного действия (незамкнутого типа), вентиляторный агрегат 2 и ресивер 8. Конструкция крепления стоек позволяет перемещать аэродинамическую трубу вместе с вентиляторным агрегатом относительно ресивера. При этом между ресивером и аэродинамической трубой устанавливается исследуемый расходомер воздуха 3.

Вентиляторный агрегат типа АП-600 мощностью 600 Вт питается от лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа). Путем изменения напряжения питания можно регулировать расход воздуха в пределах от 15 до 180 м³/ч.

Ресивер объемом 0,15 м³ служит для уменьшения пульсаций потока перед объектом исследования 3. В процессе исследований расход воздуха измеряется при помощи сопла 7 по перепаду давлений между каналом сопла и атмосферой. Этот перепад определяется с помощью спиртового микроманометра 6 типа ММН-240.

Питание исследуемых расходомеров осуществляется стабилизированным напряжением 11,0 В. Выходной сигнал расходомера фиксируется

компьютером, в который он поступает через электронную схему сопряжения 5. Форма выходного сигнала расходомера выводится на компьютера.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

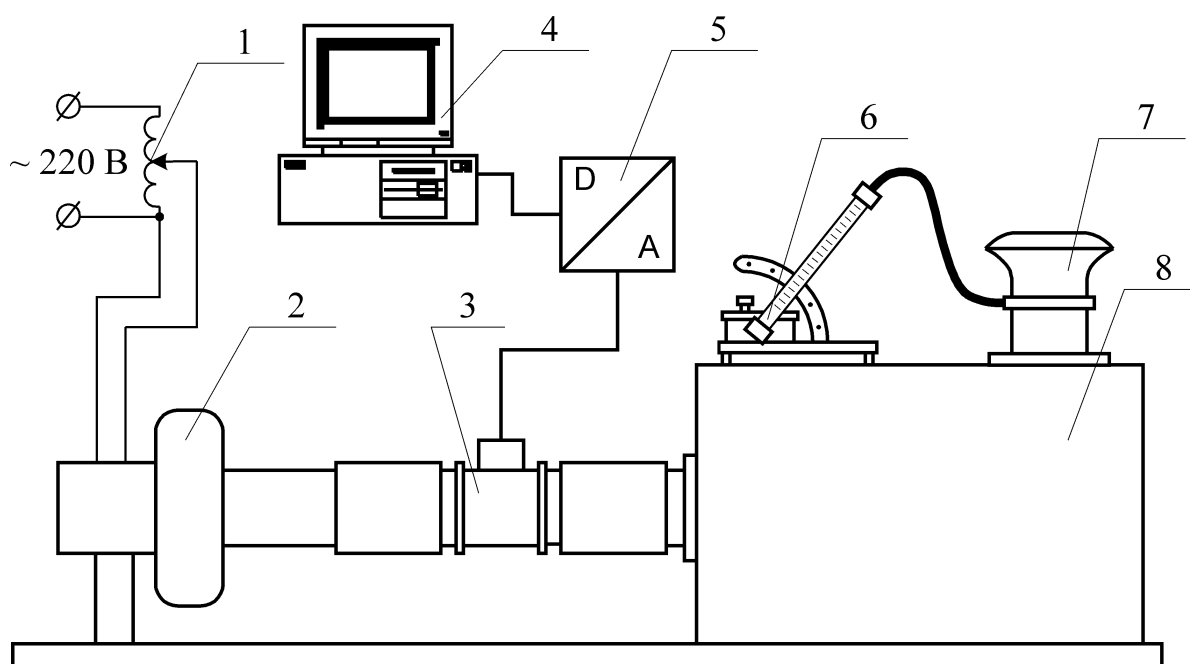


Рис.43. Лабораторная установка для исследования расходомеров воздуха: 1 – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР); 2 – вентиляторный агрегат; 3 – исследуемый расходомер воздуха; 4 – персональный компьютер; 5 – электронная схема сопряжения; 6 – микроманометр; 7 – расходомерное сопло; 8 – ресивер

1. Ознакомиться с принципом действия и конструкцией лопастного расходомера воздуха фирмы *R. Bosch*.

2. Изучить принцип действия и конструкцию различных типов термоанемометрических расходомеров воздуха.

3. Детально изучить конструкцию расходомеров воздуха с расположением измерительного элемента в байпасном канале.

4. Ознакомиться с лабораторной установкой для исследования расходомеров воздуха.

5. Изучить макетную схему термоанемометра, ее настройку и регулировку.

6. Используя возможности лабораторной установки определить рабочую характеристику $U_{вых} = f(G_v)$ одного из расходомеров воздуха (по указанию преподавателя).

7. Проанализировать результаты лабораторной работы и сделать выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип действия и конструкцию лопастного расходомера воздуха. Укажите его преимущества и недостатки.

2. Опишите принцип действия термоанемометра и проанализируйте его рабочую характеристику.

3. Расскажите о конструкции термоанемометрического расходомера, проанализируйте его преимущества и недостатки.

4. Дайте сравнительную оценку различным измерительными элементами (провода, пленка) термоанемометрических расходомеров.

5. Опишите и проанализируйте конструкцию расходомера воздуха с байпасным каналом.

6. Опишите лабораторную установку для исследования расходомеров воздуха.

Лабораторная работа № 8 ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ, КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЯТОРОВ ХОЛОСТОГО ХОДА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить принципы действия и конструкцию регуляторов холостого хода, определить их основные рабочие характеристики.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Изучить принципы регулирования холостого хода двигателей с впрыскиванием топлива.

2. Изучить принцип действия регулятора с шаговым двигателем, определить его рабочую характеристику.

3. Изучить принцип действия и конструкцию регулятора с двухобмоточным моментным электродвигателем.

4. Изучить конструкцию регулятора с воздействием на дроссельную заслонку.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Задачей подсистемы холостого хода (х.х.) системы управления бензиновым двигателем является поддержание заданной частоты вращения вала в различных условиях эксплуатации. Управление холостым ходом позволяет достичь экономичной и малотоксичной работы двигателя, а также скорректировать изменения частоты вращения, вызванные колебаниями нагрузки на этом режиме (например, при включении различных бортовых потребителей энергии).

Частота вращения вала на х.х. двигателя регулируется путем изменения количества воздуха, поступающего в двигатель. Для этого могут использоваться два принципиально различных пути:

- дросселирование проходного сечения байпасного канала (в обход дроссельной заслонки);
- перемещение самой дроссельной заслонки.

При пуске двигателя количество поступающего в него воздуха увеличивается для облегчения запуска. Затем на режиме прогрева двигателя количество воздуха регулируется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости, обеспечивая необходимую для двигателя частоту вращения вала. После прогрева двигателя на основании сигнала ряда датчиков (частоты вращения вала, температуры охлаждающей жидкости, положения дроссельной заслонки) определяется его нагрузка (включение кондиционе-

ра, условия работы автоматической трансмиссии, включение вентилятора охлаждения радиатора и др.) и устанавливается требуемая частота х.х.

Для дросселирования сечения байпасного канала применяется пропорциональный клапан, управляемый электронным блоком (рис. 44). При этом дросселирующий элемент такого клапана может совершать поступательное или поворотное перемещение.

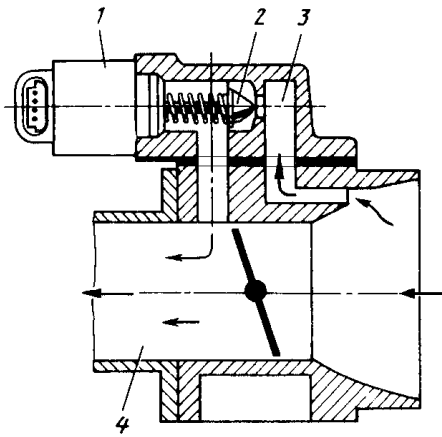


Рис. 44. Схема подсистемы холостого хода: 1 – регулятор холостого хода; 2 - дросселирующий элемент регулятора; 3 – байпасный канал; 4 - основной канал узла дроссельной заслонки

Устройство для осуществления поступательного перемещения дросселирующего элемента включается в себя шаговый двигатель (ШД), связанный через передачу «винт-гайка» с самим элементом. Позиционирование дросселирующего элемента ведется с использованием контура дальней обратной связи – по сигналам датчика частоты вращения вала. Полный диапазон линейного перемещения элемента достигает обычно 10 мм при общем количестве шагов 256. Рабочий диапазон перемещений составляет несколько миллиметров, что достаточно для плавного и быстрого регулирования расхода воздуха на х.х.

Существуют несколько основных типов ШД. В автомобильных системах управления наиболее часто применяются двигатели с постоянными магнитами, поэтому рассмотрим принцип их действия более детально.

Такие двигатели включают статор с обмотками ротор, содержащий постоянные магниты со сложной многополюсной конфигурацией (рис. 45а). Чаще всего эти двигатели имеют две независимые обмотки, реже – четыре. Чередующиеся полюса ротора имеют прямолинейную форму и расположены параллельно оси двигателя. Благодаря намагниченности ротора в таких двигателях обеспечивается значительный магнитный поток и, как следствие, больший момент, чем у двигателей других типов.

Показанный на схеме двигатель (рис. 45а) имеет 3 пары полюсов ротора и 2 пары полюсов статора. Статор содержит 2 независимые обмотки, каждая из которых намотана на двух его противоположных полюсах. Такой двигатель имеет величину шага 30 градусов.

С помощью электронного коммутатора формируются импульсы напряжения, которые подаются на обмотки управления, расположенные на статоре ШД. При подаче тока на одну из обмоток, ротор стремится занять

такое положение, когда разноименные полюса ротора и статора находятся друг напротив друга. В зависимости от последовательности возбуждения обмоток происходит то или иное дискретное изменение магнитного поля в рабочем зазоре устройства. При угловом перемещении оси магнитного поля обмоток управления ШД его ротор дискретно поворачивается вслед за магнитным полем.

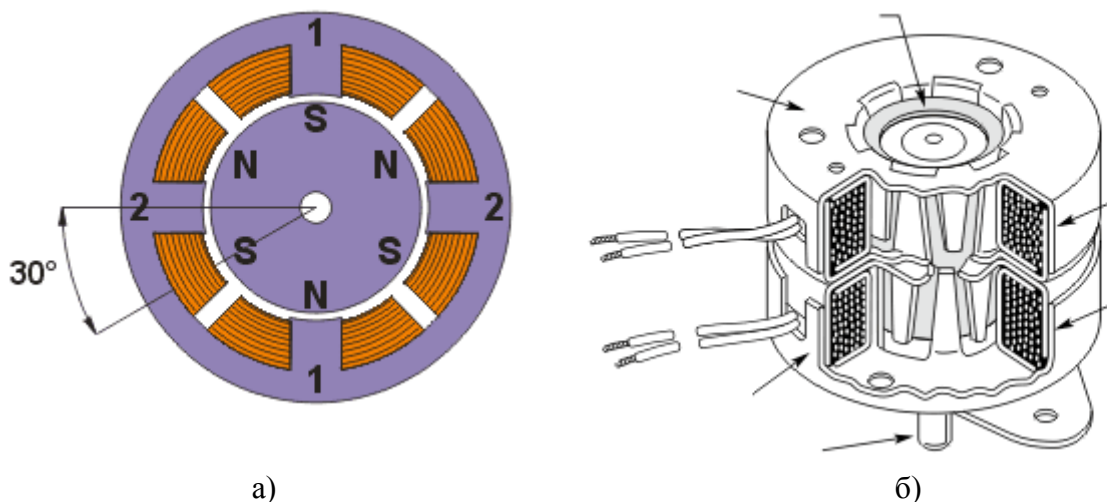


Рис. 45. К принципу действия шагового двигателя с постоянными магнитами (с активным ротором)

Двигатели с постоянными магнитами обычно имеют от 24 до 48 шагов на оборот. Для осуществления непрерывного вращения нужно включать фазы попеременно. При этом практически обеспечивается угол шага $7,5 \dots 15$ градусов.

Упрощенная конструкция шагового двигателя с постоянными магнитами в разрезе показана на рис. 45б.

В зависимости от конфигурации обмоток шаговые двигатели делятся на биполярные и униполярные. Биполярный двигатель имеет одну обмотку в каждой фазе, которая для изменения направления магнитного поля должна переполюсовываться драйвером. Для двигателя такого типа требуется мостовой драйвер.

Любой ШД характеризуют следующие параметры и показатели:

- тип ротора ШД (активный или пассивный);
- число фаз (обмоток управления) m и электрическая схема их соединения;
- величина одиночного шага ротора θ ;
- номинальное напряжение питания $U_{\text{ном}}$;
- номинальный вращающий момент $M_{\text{ном}}$ на валу;
- момент инерции ротора J_p и др.

Для каждого ШД существует максимально допустимая частота следования управляющих импульсов, которую он способен обрабатывать.

В общем случае закон поворота ротора определяется последовательностью, скважностью и частотой управляющих импульсов, а также типом и конструктивными параметрами ШД.

На рис. 46 показана конструкция регулятора х.х. на основе шагового двигателя. В корпусе 4 размещены 2 обмотки статора. Ротор 5 установлен в подшипнике 3 и при повороте через передачу «винт-гайка» перемещает возвратно-поступательно дросселирующий элемент 1 устройства. Регулятор имеет электрический разъем 6 для соединения с блоком управления.

К положительным особенностям ШД можно отнести следующее:

- угол поворота ротора определяется числом импульсов, которые поданы на обмотки, при этом сохраняется однозначная зависимость положения ротора от управляющих импульсов, что в ряде случаев позволяет обеспечить позиционирование без специальной обратной связи;
- ШД обеспечивает полный момент в режиме остановки (если его

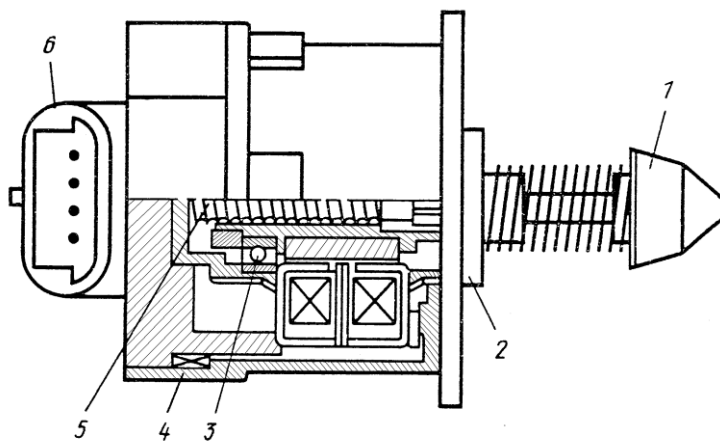


Рис. 46. Конструкция регулятора холостого хода на базе шагового двигателя: 1 – конусный запирающий элемент; 2 – фланец крепления; 3 – подшипник; 4 – корпус регулятора; 5 – винтовая часть подвижного элемента; 6 – электрический разъем

обмотки запитаны);

- ШД позволяет достичь прецизионного позиционирования и высокой повторяемости (современные шаговые двигатели имеют точность 3-5% от величины шага, причем эта ошибка не накапливается от шага к шагу);

- возможность быстрого старта-остановки-реверсирования;
- высокую надежность, связанную с отсутствием щеток (срок службы ШД фактически определяется сроком службы подшипников);
- возможность получения очень малых скоростей вращения при нагрузках, связанных непосредственно с валом ШД без промежуточного редуктора;

- может быть реализован довольно широкий диапазон скоростей, причем скорость пропорциональна частоте управляющих импульсов.

Однако ШД имеют и свои недостатки:

- возможна потеря контроля положения ротора при работе без обратной связи;

- потребление энергии не снижается даже без нагрузки;
- возможны затруднения при работе на высоких скоростях;
- эти двигатели обладают невысокой удельной мощностью;
- для управления ШД необходима относительно сложная электронная схема.

На рис. 47 показан внешний вид регуляторов х.х. на основе шаговых двигателей. В зависимости от требуемого закона регулирования расхода воздуха через байпасный канал, форма дросселирующего элемента и его геометрические размеры могут иметь несколько вариантов. Сам шаговый двигатель выполняется, как правило, с двумя (реже – с четырьмя) обмотками управления.

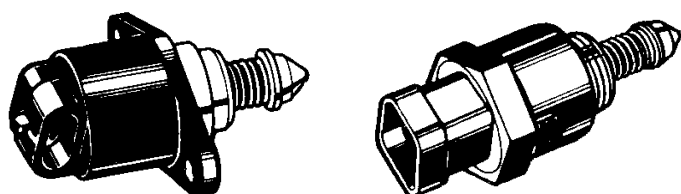


Рис. 47. Различные варианты конструктивного исполнения регуляторов холостого хода на основе шаговых двигателей

В устройствах с поворотным движением дросселирующего элемента закон изменения расхода несколько иной. Фирма *R.Bosch* разработала и выпускала в различное время несколько вариантов таких регуляторов.

Действие одного из них, созданного для систем *KE-Jetronic* и *L-Jetronic*, основано на том, что ротор устройства при повороте под действием электромагнитных сил скручивал специальную спиральную пружину, имеющую пологую характеристику (рис.48). Регулируя ток в обмотке электромагнита, и одновременно используя усилие указанной возвратной пружины, можно довольно точно позиционировать ротор с дросселирующим элементом. Характерной особенностью этого устройства является наличие односекционной статорной обмотки и, соответственно, двухштырькового разъема для подключения ее к блоку управления (рис. 48б). Угол поворота ротора в этой конструкции ограничивается величиной 60° при помощи регулировочного винта 7.

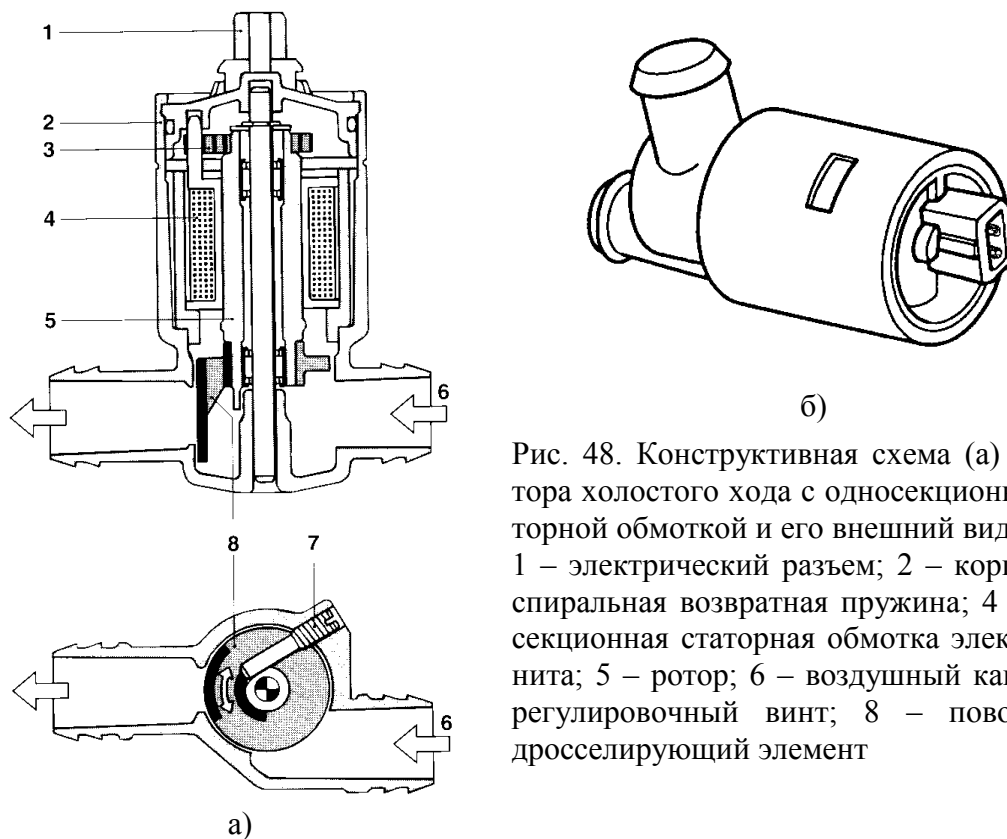


Рис. 48. Конструктивная схема (а) регулятора холостого хода с односекционной статорной обмоткой и его внешний вид (б): 1 – электрический разъем; 2 – корпус; 3 – спиральная возвратная пружина; 4 – односекционная статорная обмотка электромагнита; 5 – ротор; 6 – воздушный канал; 7 – регулировочный винт; 8 – поворотный дросселирующий элемент

Более совершенная конструкция регулятора х.х. была разработана фирмой *R.Bosch* для последующих поколений систем впрыскивания топлива. Его конструктивная схема представлена на рис. 49.

Основным узлом этого устройства является коллекторный моментный электродвигатель, имеющий двухсекционную обмотку, размещенную в роторе. На статоре размещены два постоянных магнита и щетки. При питании обмоток ротора возникают магнитные потоки, взаимодействующие с постоянными магнитами. В зависимости от соотношения этих магнитных потоков ротор занимает определенное угловое положение. На оси ротора закреплен дросселирующий элемент, обеспечивающий при повороте изменение прямоугольного проходного сечения канала устройства. Такая конструкция позволяет достаточно точно позиционировать ротор в зависимости от соотношения токов, питающих различные секции обмотки. Угол поворота ротора составляет 90° .

Обычно этот регулятор включается в байпасный канал с помощью резиноканевых шлангов, закрепленных хомутами. Корпус регулятора крепится скобой или также хомутом к впускному трубопроводу двигателя.

Такой регулятор обладает достаточно высоким быстродействием и позво-

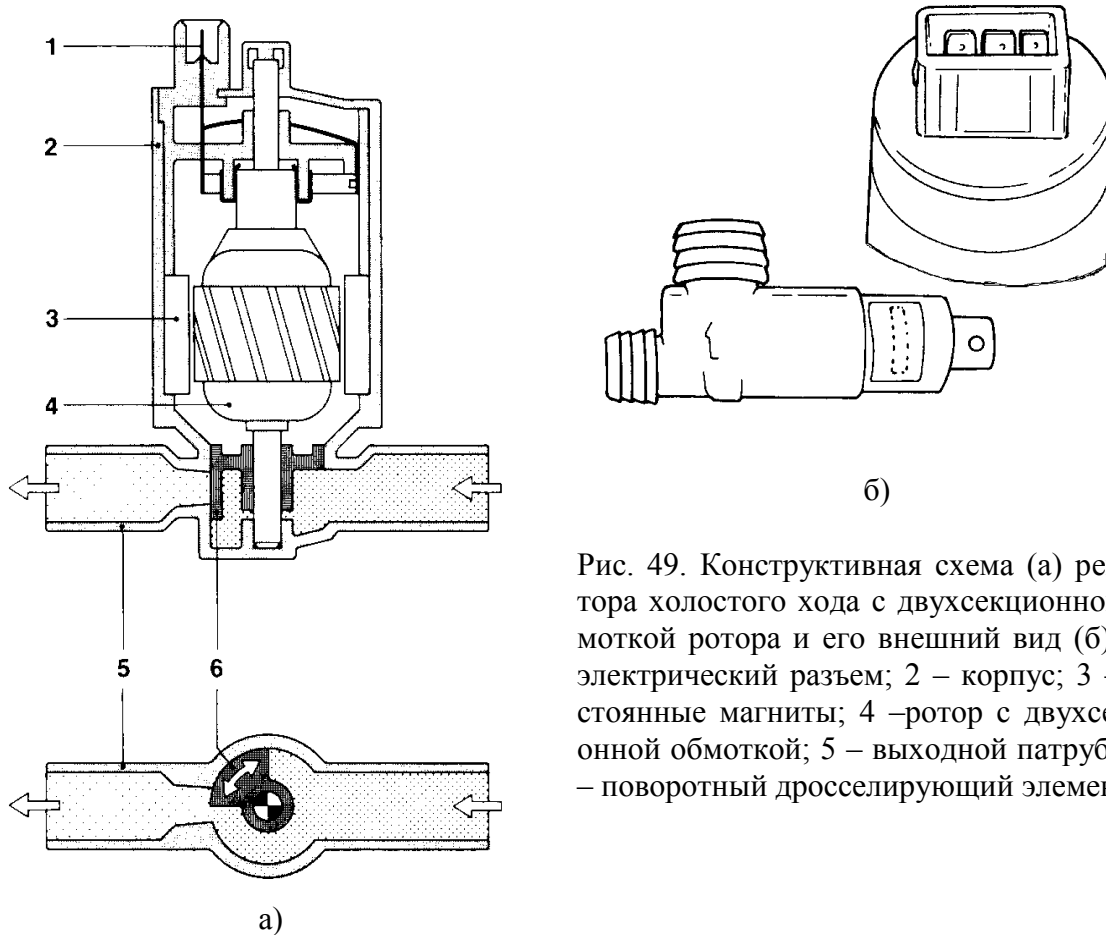


Рис. 49. Конструктивная схема (а) регулятора холостого хода с двухсекционной обмоткой ротора и его внешний вид (б): 1 – электрический разъем; 2 – корпус; 3 – постоянные магниты; 4 – ротор с двухсекционной обмоткой; 5 – выходной патрубок; 6 – поворотный дросселирующий элемент

ляет обеспечить скорость изменения проходного сечения канала примерно $8 \text{ см}^2/\text{с}$. Пропускная способность регулятора составляет около $54 \text{ м}^3/\text{ч}$ при перепаде давления 62 кПа между атмосферой и байпасным каналом. Максимальный потребляемый ток у этого устройства не превышает $1,1 \text{ А}$. Внешне этот регулятор можно отличить по трехштырьковому разъему для подключения двухсекционной обмотки к блоку управления (рис. 49б).

Описанная конструкция регулятора в последние годы уступает место более компактному и легкому устройству, монтируемому с помощью фланца прямо на впускном трубопроводе (рис. 50). Принцип его действия такой же, как и у выше рассмотренных регуляторов с одно- и двухсекционными обмотками.

Такой регулятор модульного исполнения при массе менее $0,2 \text{ кг}$ имеет габаритные размеры $71 \times 53 \times 53 \text{ мм}$ и отличается высокими рабочими характеристиками. При постоянной времени менее 30 мс он работает в диапазоне расходов $2 \dots 50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

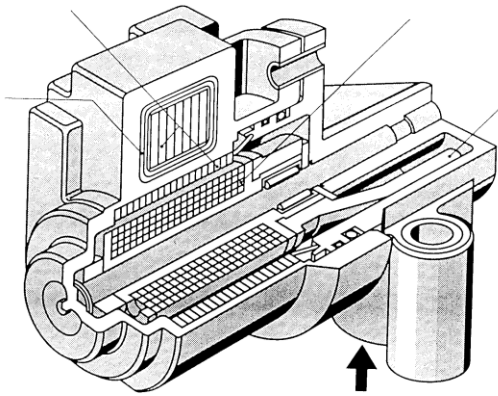


Рис. 50. Регулятор х.х. фирмы *R.Bosch* модульного исполнения: 1 – обмотка статора; 2 – Eisenjoch; 3 – постоянный магнит; 4 - дросселирующий элемент; направление входа воздуха показано стрелкой

ментными электроприводами и менее удобны для размещения на двигателе. Однако на ранних этапах развития систем впрыскивания топлива они

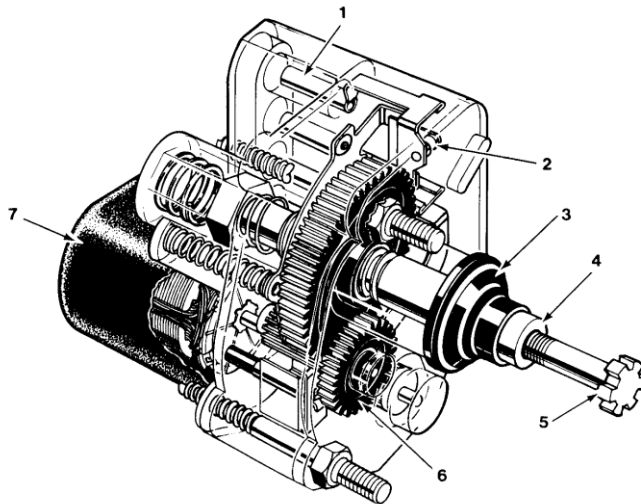
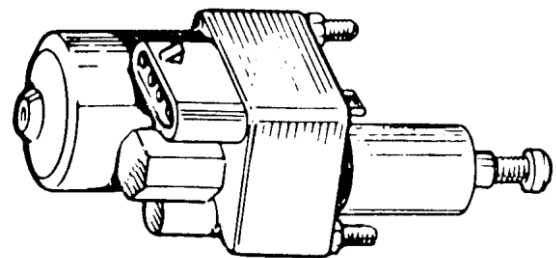
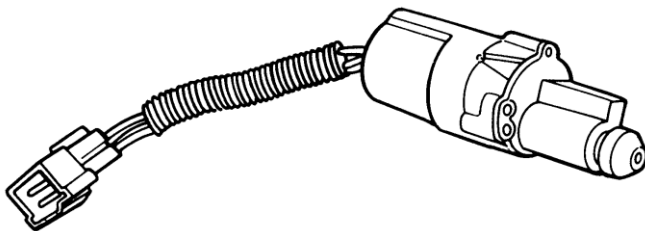


Рис. 51. Устройство привода дроссельной заслонки: 1 - электрический разъем; 2 – контактный выключатель; 3 – защитный чехол; 4 – вал; 5 – шток; 6 - редуктор; 7 – электродвигатель постоянного тока



Его работоспособность сохраняется при изменении напряжения питания от 6 до 16 В и температурах окружающей среды - 40...+ 130 °С.

Для регулирования расхода воздуха на режиме х.х. путем перемещения самой дроссельной заслонки используются малогабаритные двигатели постоянного тока, кинематически связанные через редуктор с цилиндрическим штоком (рис.51), который и воздействует на подпружиненный рычаг дроссельной заслонки. Такие устройства значительно больше по габаритам, чем конструкции с шаговыми или моментными

использовались вследствие своей простоты. В настоящее время эти устройства полностью вытеснены малогабаритными и надежными конструкциями с шаговыми или моментными двигателями, однако их можно встретить на старых моделях автомобилей зарубежного производства.

Внешний вид различных устройств привода дроссельной заслонки показан на рис. 52.

а)

б)

Рис. 52. Устройства привода дроссельной заслонки различных фирм: а – *Ford*; б – *General Motors*

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

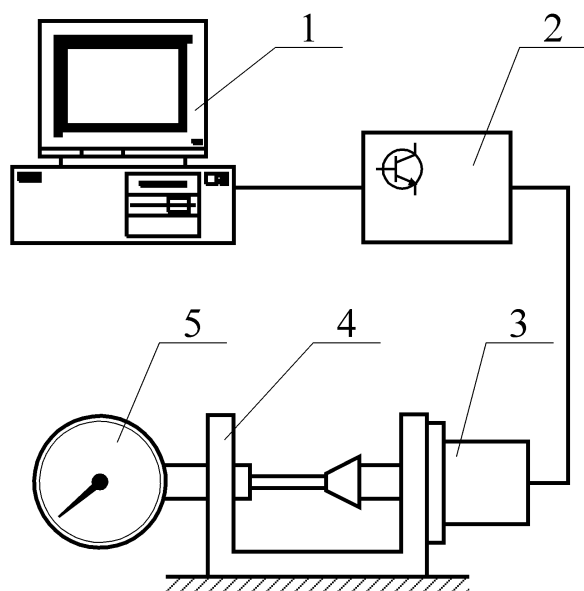


Рис. 53. Схема лабораторной установки: 1 – персональный компьютер; 2 – электронный блок усиления мощности; 3 - исследуемый регулятор х.х. с шаговым двигателем; 4 – стойка; 5 – индикаторная головка часового типа

Схема лабораторной установки для исследования регуляторов х.х. с шаговыми двигателями представлена на рис.53. Регулятор 3, включающий корпус с ШД и электрическим разъемом, а также шток с дросселирующим элементом, закрепляется на стойке 4 установки. Напротив регулятора 3 на стойке крепится индикаторная головка 5 часового типа, стержень которой контактирует со штоком регулятора. Перед началом испытаний необходимо шток установить в крайнее (исходное) положение для движения от корпуса регулятора. После этого шкала индикаторной головки выставляется в нулевое положение. Регулятор 3 через разъем подключается к электронному блоку усиления мощности 2, который связан с персональным компьютером 1. С помощью специальной программы компьютера на регулятор подаются электрические управляющие импульсы, счет которых ведется также этой программой. Определяя количество поданных на регулятор электрических импульсов и фиксируя соответствующие перемещения штока регулятора, можно найти кинематическую характеристику регулятора $h = f(i)$, где h – перемещение штока (мм), i – количество поданных на ШД управляющих электрических импульсов.

Проводя измерения в процессе выдвигания и втягивания штока (наброс и сброс нагрузки), можно выявить гистерезис регулятора с ШД.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Детально ознакомиться с принципами действия и конструкцией различных регуляторов холостого хода.

2. Изучить лабораторную установку.
3. Установить регулятор с ШД на лабораторной установке и выставить его шток в исходное положение (для движения его от корпуса). Закрепить индикаторную головку на лабораторной установке и выставить ее шкалу в нулевое положение.
4. С помощью персонального компьютера задавать количество поданных на обмотки ШД управляющих импульсов i , фиксируя при этом величину перемещения h штока регулятора. Произвести измерения во всем диапазоне возможных перемещений штока, включая режимы его выдвижения и втягивания (сброса и наброса нагрузки).
5. На основании сделанных измерений i и h построить график зависимости $h = f(i)$.
6. Проанализировать полученную кинематическую характеристику регулятора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите цели и способы регулирования холостого хода двигателя.
2. Опишите принцип действия и конструкцию регулятора с ШД.
3. Опишите принцип действия и конструкцию регулятора на базе коллекторного моментного электродвигателя с двухсекционной роторной обмоткой.
4. Опишите принцип действия и конструкцию регулятора с односекционной статорной обмоткой.
5. Проанализируйте достоинства и недостатки ШД.
6. Опишите принцип действия регулятора с воздействием на дроссельную заслонку, укажите его недостатки.
7. Дайте сравнительный анализ различных устройств для регулирования холостого хода двигателей с электронным управлением.

Лабораторная работа № 9
ИЗУЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА
(λ -ЗОНДОВ)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить принципы действия, конструкцию, методы и средства диагностики отечественных и зарубежных датчиков концентрации кислорода.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с принципами действия λ -зондов.
2. Изучить конструкцию и особенности работы λ -зондов.
3. Практически ознакомиться с порядком проведения диагностики λ -зонда на двигателе.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В современных автомобильных двигателях с системами впрыскивания топлива и трехкомпонентными каталитическими нейтрализаторами, необходимо достаточно точно контролировать состав топливоздушную смеси (ТВС) для обеспечения высокоэффективной работы нейтрализатора - коэффициент избытка воздуха α должен поддерживаться на уровне $1,0 \pm 0,02$ на

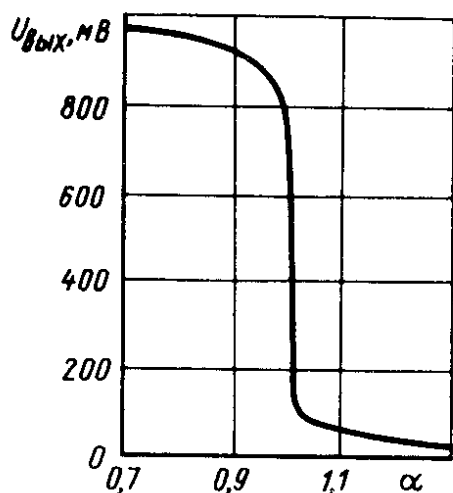


Рис. 54. Типичная рабочая характеристика λ -зонда

Типичная характеристика λ -зонда является релейной (рис. 54).

Обычно λ -зонд начинает работать при температуре не ниже $300 \dots 350^\circ\text{C}$. Поэтому для быстрого прогрева датчика после пуска холод-

ного двигателя его стараются разместить как можно ближе к головке цилиндра. Как правило, его устанавливают в месте соединения ветвей выпускного коллектора (рис. 55). В то же время слишком близкое расположение λ -зонда к выпускным каналам головки цилиндра может вызвать его перегрев при больших нагрузках двигателя. Максимальная рабочая темпе-

* За рубежом отношение «воздух/топливо» обозначается символом λ , отсюда и получил свое название датчик

рента избытка воздуха α должен поддерживаться на уровне $1,0 \pm 0,02$ на большинстве частичных нагрузок двигателя. Для этого применяются так называемые датчики концентрации кислорода (λ -зонды*), устанавливаемые в выпускной системе двигателя и генерирующие электрический сигнал определенного уровня в зависимости от концентрации свободного кислорода в отработавших газах (ОГ). Обычно выходное напряжение λ -зонда изменяется примерно от $100 \dots 200$ мВ при использовании в двигателе бедной ТВС, до $800 \dots 900$ мВ при богатой ТВС. Таким образом, типичная характеристика λ -зонда является релейной (рис. 54).

ратура датчика составляет 800...850°C (кратковременно допустим перегрев до 930°C). Поэтому выбор места установки датчика в выпускной системе двигателя имеет большое значение, причем здесь приходится находить компромисс между двумя указанными требованиями.

Для ускорения функционирования λ -зонда после пуска двигателя применяют конструкции датчика со встроенным электроподогревателем, который позволяет за 20...30 секунд довести его до рабочей температуры и ввести в работу системы управления двигателем.

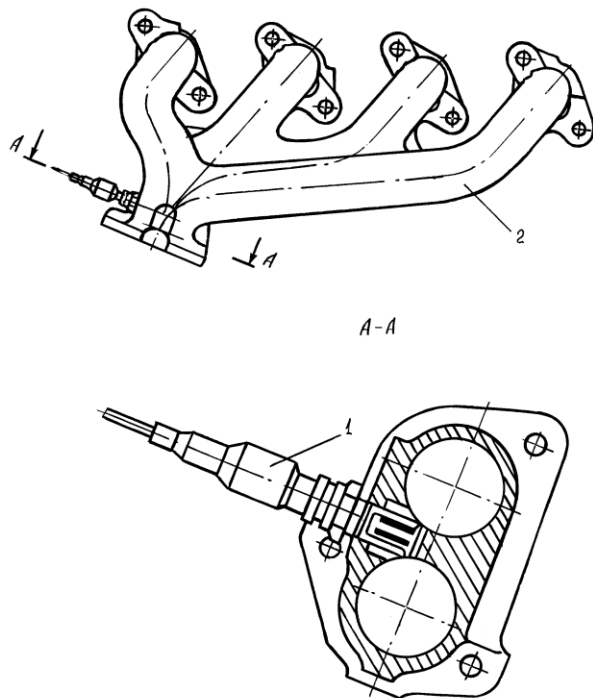


Рис. 55. Установка датчика кислорода в выпускном коллекторе: 1- датчик; 2- выпускной коллектор в выпускной системе.

Датчики кислорода на основе ZrO_2 и TiO_2 дают практически одинаковые результаты, хотя они и не взаимозаменяемы. Внешний их вид показан на рис. 56.

В настоящее время существует два типа датчиков концентрации кислорода. Первые имеют чувствительный элемент из двуоксида циркония ZrO_2 , вторые из двуоксида титана TiO_2 . Оба датчика реагируют на парциальное давление кислорода в выпускной системе, но физические принципы их действия различны.

Циркониевый датчик можно рассматривать как гальванический элемент, генерирующий различные выходные напряжения в зависимости от концентрации кислорода в ОГ. У титановых датчиков используется принцип изменения электропроводности двуоксида титана при изменении парциального давления кислорода

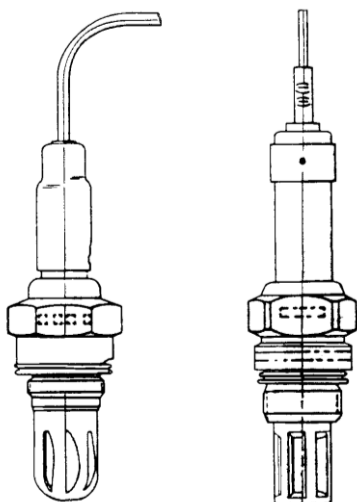


Рис. 56. Датчики концентрации кислорода: слева – на основе ZrO_2 , справа – на основе TiO_2

Чувствительный элемент датчика любого типа снаружи закрыт защитным кожухом с продольными пазами. Размеры и расположение пазов обеспечивают выход твердых частиц ОГ наружу. Кроме механической защиты чувствительного элемента этот кожух частично предохраняет его от термоударов при работе на переходных режимах работы двигателя.

Защитный кожух может иметь различные типоразмеры (с широкими или узкими пазами) в зависимости от модели двигателя и места установки датчика. По окружности кожух завальцовывается в корпус. На корпусе датчика выполнена резьба $M\ 18 \times 1,5$ для крепления датчика в выпускном трубопроводе. При изготовлении датчика резьба покрывается специальным высокотемпературным графитосодержащим смазывающим материалом для защиты резьбы от пригорания.

При установке момент затяжки датчика ключом ($S=22$) должен составлять $40 \dots 60$ Нм.

Для эффективной работы λ -зондов в подсистеме стабилизации состава ТВС наиболее важны следующие их показатели, которые чаще всего и характеризуют эксплуатационные качества системы управления двигателем.

1. Достаточно четкая и стабильная в процессе эксплуатации кривая переходного процесса при переходе через стехиометрический состав смеси (со значительной амплитудой выходного сигнала в зоне обогащенной смеси и малой в зоне ее обеднения).

2. Малое время перехода от высокого уровня выходного сигнала к низкому и обратно.

Большая и стабильная амплитуда кривой переходного процесса требуется для правильного выбора порогового напряжения при отладке подсистемы стабилизации состава смеси. Высокое быстродействие датчика кислорода необходимо для обеспечения требуемой реакции контура обратной связи на переходных режимах работы двигателя.

В таблице 4 приведены основные рабочие показатели современных датчиков кислорода.

Таблица 4

Основные рабочие показатели современных датчиков кислорода

Рабочие показатели	Значения показателей при температуре ОГ	
	350 °С	850 °С
Уровень сигнала (мВ) при богатой смеси ($\alpha = 0,97$, выброс CO = 1%)	850 ±70	710 ±70
Уровень сигнала (мВ) при бедной смеси ($\alpha = 1,1$)	20±50	55±30
Время переходного процесса (мс) от богатой смеси к бедной (600 мВ...300 мВ)	менее 100	менее 100
Время переходного процесса (мс) от бедной смеси к богатой (300 мВ...600 мВ)	менее 100	менее 60

Диагностировать кислородные датчики можно прямо в составе автомобиля. Простейшим способом диагностики датчика является его проверка с помощью цифрового мультиметра с высоким входным сопротивлением в режиме измерения постоянного напряжения. Для этого двигатель прогревают до рабочей температуры охлаждающей жидкости и через переходник подключаются к сигнальному проводу λ -зонда (или к двум проводам – в зависимости от модификации датчика). Если мультиметр покажет в процессе измерения среднее значение напряжения 450...500 мВ, то еще нельзя делать вывод о работоспособности или неработоспособности датчика, поскольку симметричный выходной сигнал исправного λ -зонда будет осредняться мультиметром до указанных значений. Для дальнейшей проверки следует отсоединить вакуумный шланг от воздушной камеры стабилизатора давления топлива (конечно, если проверка идет на двигателе с системой РВТ). Топливоздушная смесь при этом должна обогатиться за счет повышения давления в системе и исправный λ -зонд должен на это отреагировать повышением среднего уровня сигнала до 550...650 мВ.

Если же при экспресс-проверке λ -зонда с помощью мультиметра среднее значение сигнала мало (менее 350 мВ) или велико (более 550 мВ), то возможно двигатель в процессе измерений работал соответственно на бедной или богатой смеси. В этом случае заключение о пригодности датчика кислорода сделать нельзя. Следует выяснить причину изменений состава смеси. Для бедной смеси такими причинами могут быть неконтролируемые протечки воздуха во впускной тракт, засорение топливного фильтра или форсунки и др. Богатая смесь может быть вызвана неисправностью стабилизатора давления топлива, расходомера воздуха и т.п.

Таким образом, диагностика кислородного датчика с помощью мультиметра является довольно несовершенным способом. Более достоверно проверить работоспособность λ -зонда можно только с помощью осциллографа (конечно, если отсутствуют специальные средства диагностики или самодиагностики системы управления двигателем).

Осциллограф подключается к выходу датчика и двигатель прогревается до нормальной температуры с включенным контуром обратной связи по сигналу λ -зонда. Осциллограммы выходного сигнала датчика кислорода для различных случаев показаны на рис. 57.

У исправного датчика (рис.57а) колебания сигнала равномерные с крутыми фронтами и частотой 0,5...10 Гц. При этом максимальный уровень сигнала составляет 750...800 мВ, а минимальный - ниже 200 мВ.

При неисправном датчике (рис.57б) его выходной сигнал (если он есть) практически мало меняется (колебания отсутствуют) на протяжении достаточно длительного промежутка времени и в среднем составляет 400...600 мВ. Такой датчик, безусловно, подлежит замене.

При резком отпуске педали газа исправный датчик реагирует на изменение состава смеси буквально за доли секунды (рис. 57в). Аналогичная картина наблюдается и при резком нажатии педали газа и обогащении смеси (рис. 57г). Такой датчик хорошо выполняет свои функции в цепи обратной связи для поддержания стехиометрического состава смеси на заданных режимах работы двигателя.

Наиболее достоверно диагностика λ -зонда может быть проведена с помощью специализированного сканера. Процедура диагностирования ведется в следующей последовательности.

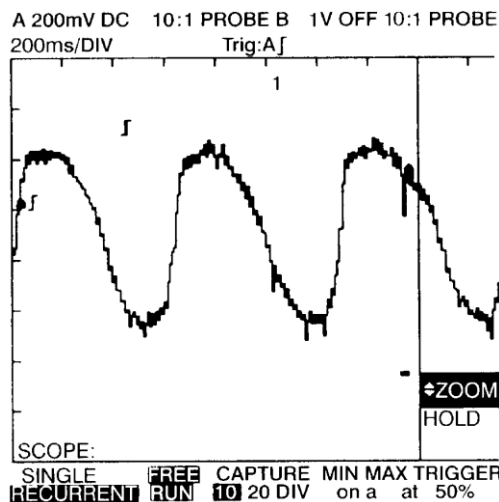
1. Определяется расположение диагностического разъема на автомобиле и к нему подключается сканер.

2. Двигатель прогревается на режиме холостого хода до нормальной рабочей температуры, после чего на сканере устанавливается режим записи параметров λ -зонда.

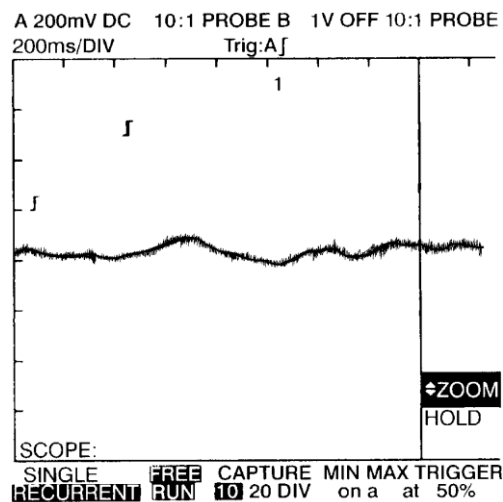
3. При повышенной частоте вращения вала двигателя (примерно 2400...2600 мин⁻¹) производится запись выходного сигнала λ -зонда. Система управления двигателем при этом работает с включенной цепью обратной связи (λ -зонд подключен к системе).

4. Проанализировать запись выходного сигнала и определить его основные параметры.

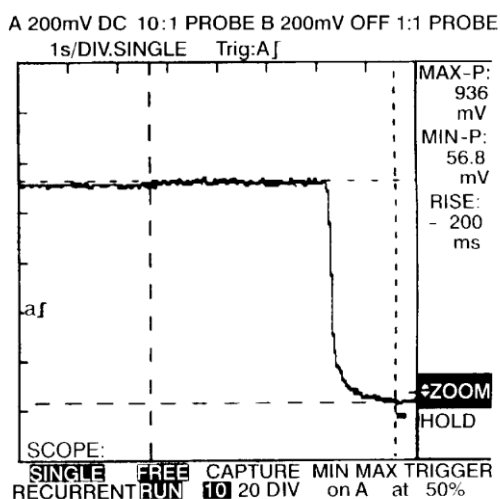
5. В случае исправности системы топливоподачи и λ -зонда амплитуда его сигнала должна равномерно изменяться в пределах от 100...300 мВ до



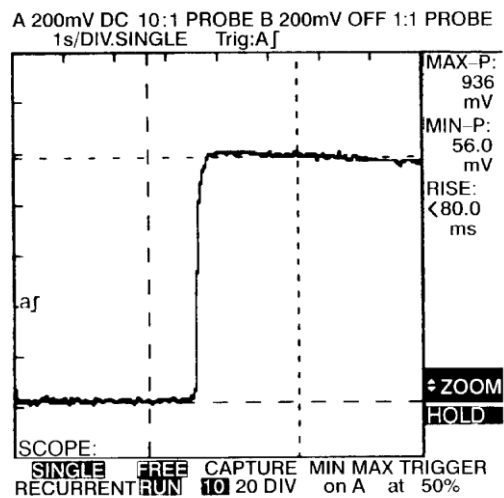
а)



б)



в)



г)

Рис. 57. Осциллограммы выходного сигнала датчика кислорода для различных случаев: а – датчик исправен и выполняет свои функции; б - датчик неисправен и требует замены; в – датчик хорошо обрабатывает переходный процесс от богатой к бедной смеси; г – датчик хорошо обрабатывает переходный процесс от бедной к богатой смеси

600...900 мВ с частотой 3...10 Гц при постоянной частоте вращения вала двигателя. У исправного датчика фронты сигнала должны быть крутые.

В соответствии с современным стандартом бортовой диагностики *OBD-II* в системе управления должно быть установлено два λ -зонда – один на входе трехкомпонентного каталитического нейтрализатора, второй – на выходе. В соответствии с процедурой контроля *OBD-II* сравнение сигналов

этих двух датчиков позволяет подсистеме диагностики выявить неработающий нейтрализатор и выдать соответствующий код неисправности. Если водитель длительное время не воспринимает этот сигнал, то у современных автомобилей предусмотрено принудительное выключение двигателя до устранения неисправности нейтрализатора.

На рис. 58 показаны осциллограммы выходных напряжений двух λ -зондов – на входе и выходе каталитического нейтрализатора.

Современные датчики кислорода имеют ресурс около 160 000 км пробега автомобиля. Однако такой ресурс предполагает нормальные, а не экстремальные условия эксплуатации.

Основными причинами преждевременного выхода из строя λ -зондов могут быть:

- длительный перегрев датчика (при температурах более 900 °С) из-за неисправностей двигателя (поздние углы опережения зажигания, работа на обедненных смесях и т.п.);
- работа на этилированном бензине (тетраэтилсвинец вызывает быстрое «отравление» датчика);
- наличие в выхлопной системе кремния (входящего в состав силиконовых герметиков);

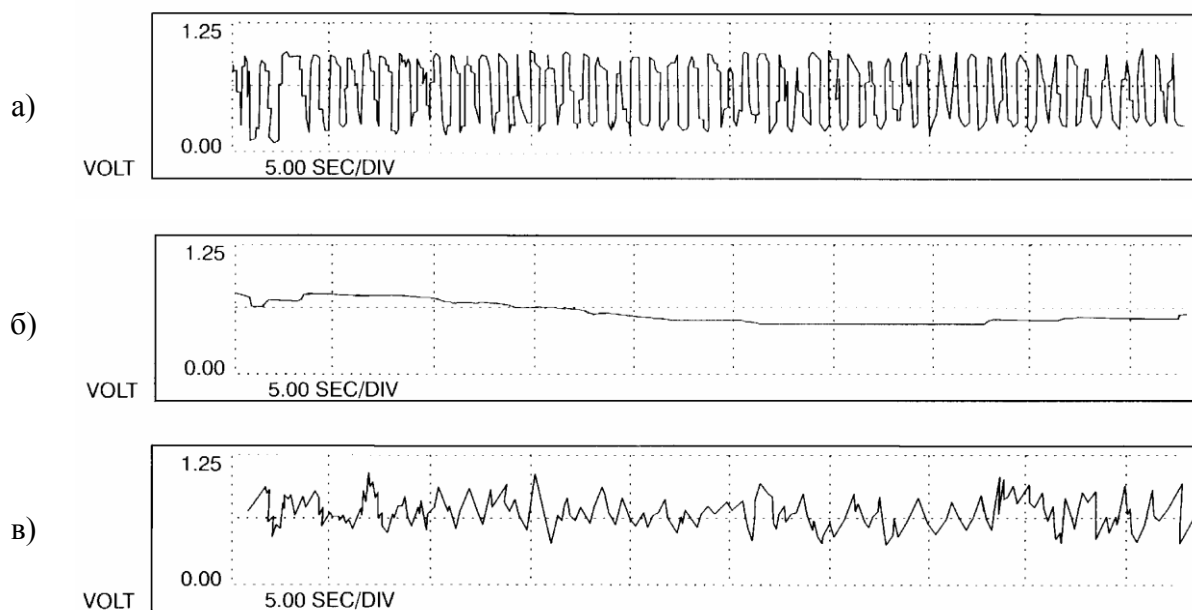


Рис. 58. Осциллограммы сигналов датчиков кислорода, установленных до и после каталитического нейтрализатора: а – сигнал датчика на входе нейтрализатора; б – сигнал датчика на выходе исправного нейтрализатора; в – сигнал датчика на выходе неисправного нейтрализатора

- закоксовывание датчика из-за недопустимо большого содержания в ОГ частиц сгорающего моторного масла;
- засорение датчика частицами сажи при длительной работе на очень богатой топливовоздушной смеси;
- попадание в выпускную систему антифриза из системы охлаждения двигателя, приводящее также к «отравлению» датчика.

Одним из первых и наиболее заметных симптомов выхода из строя λ -зонда является повышенный расход топлива.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Практически изучить конструкцию и особенности предложенных преподавателем образцов λ -зондов.
3. На работающем двигателе проверить λ -зонд с помощью осциллографа.
3. Проверить датчик на работающем двигателе с помощью диагностического сканера.
4. Сравнить результаты диагностирования λ -зонда с помощью различной аппаратуры.
4. Сделать выводы и оформить отчет по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова цель применения и функции λ -зонда?
2. Исходя из каких соображений выбирается место установки датчика кислорода? Для чего применяется электроподогрев λ -зонда?
3. Проанализируйте рабочую характеристику λ -зонда и осциллограмму его выходного сигнала при нормальной работе.
4. Как определить неисправность датчика кислорода?
5. Каковы основные причины выхода из строя λ -зондов?
6. Каким требованиям должен удовлетворять датчик кислорода для работы в цепи обратной связи системы управления топливopодачей двигателя?
7. Сравните осциллограммы выходных сигналов исправного и вышедшего из строя λ -зонда.
8. Сравните осциллограммы датчиков кислорода на входе и выходе каталитического нейтрализатора при его исправном состоянии и после выхода из строя.

Лабораторная работа № 10

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить методы и средства диагностики отечественных и зарубежных автомобильных бензиновых двигателей с электронным управлением.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с основами положениями диагностики автомобильных бензиновых двигателей с электронным управлением.
2. Изучить применяемую аппаратуру для диагностики двигателей.
3. Практически выполнить диагностику системы управления двигателем в составе автомобиля.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Диагностика современного двигателя с электронным управлением является важнейшим этапом технического обслуживания автомобиля. На основании ее результатов принимается решение о выполнении ремонтных или регулировочных работ. Пренебрежение своевременным проведением диагностики может привести к материальным потерям и даже к аварийным ситуациям.

Классическими задачами диагностики автомобильного двигателя являются:

- поиск неисправностей;
- определение работоспособности отдельных узлов;
- проверка правильности функционирования различных узлов (при выполнении регулировок, контроле качества и т.п.);
- прогнозирование остаточного ресурса узлов и деталей двигателя.

Следует отметить, что за последние десятилетия, с связи с широким распространением систем электронного управления двигателем и автомобилем в целом, в корне изменилось как само понятие диагностики, так и технология и средства ее проведения. Электронные системы управления открывают широкие возможности в области диагностики, которые, однако, необходимо грамотно использовать. Для этого нужна соответствующая квалификация обслуживающего персонала, специальные диагностические приборы и оборудование, а также высокая культура эксплуатации автомобильной техники. Под последним следует понимать не только квалифицированное обслуживание узлов и агрегатов автомобиля в установленные

сроки, но и выполнение всех операций по диагностике и сервису на высоком уровне с применением современной техники и технологии.

В настоящее время необходимо комплексно подходить к диагностике автомобильного двигателя, т.е. не рассматривать систему электронного управления как объект диагностики в отрыве от всего двигателя. Это связано с тем, что двигатель является сложным техническим объектом и все процессы, протекающие в нем, тесно взаимосвязаны. Например, неисправность такого механического узла, как термостат, может приводить к пониженной температуре охлаждающей жидкости в рубашке охлаждения и, соответственно, к переобогащению топливовоздушной смеси, состав которой корректируется по датчику температуры охлаждающей жидкости. Однако на первый взгляд причиной такой неисправности может быть выход из строя расходомера воздуха, λ -зонда или других электронных компонентов системы управления.

Необходимо четко понимать, что вопросы диагностики и эксплуатации нельзя изучить сидя за столом с учебником или соответствующим руководством. Настоящий опыт можно приобрести только в результате многолетней практической деятельности.

Существует ряд общих правил работы с системами электронного управления двигателем, которые необходимо знать и соблюдать. Правила эти заключаются в следующем.

1. Не следует запускать двигатель с использованием источника напряжения более 12 В (например, зарядное устройство с выходным напряжением 16 В).

2. Не отсоединять аккумулятор при работающем двигателе.

3. Не подключать (или отключать) электронный блок или другой компонент системы управления при включенном бортовом питании (ключ зажигания находится в положении «Вкл»).

4. Не подключать к цепям (или отключать) измерительные приборы (тестеры, мультиметры и др.) при включенном зажигании.

5. Не проводить электросварку в любых точках автомобиля, не отсоединив блок управления от разъема жгута системы.

6. Никогда не менять полярность включения любого компонента системы управления.

7. Не прокладывать антенный кабель или другой жгут проводов вблизи блока управления.

На первом этапе диагностики двигателя проводится субъективный контроль, заключающийся в визуальной и слуховой оценке работоспособности систем и агрегатов двигателя. Если субъективный контроль не поз-

воляет выявить неисправности, необходимо проведение объективного контроля с применением инструментальных средств диагностики, которые представляют собой аппаратуру и соответствующее программное обеспечение, с помощью которых и осуществляется контроль. Инструментальные средства диагностики подразделяются на встроенные (входящие в состав бортовых систем автомобиля) и внешние (автономные).

Встроенные инструментальные средства предусмотрены конструкцией современного автомобиля. Они включают датчики и контрольные приборы для измерения частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости, давления масла и т.п. Они практически всегда используются при диагностике и сами могут являться ее объектами.

Современные автомобильные двигатели оборудованы электронными системами, осуществляющими управление отдельными узлами (агрегатами) и их контроль. В процессе эксплуатации происходит постоянный обмен данными в системе и сравнение (самодиагностика) с нормативными значениями отдельных параметров, занесенными в ее оперативную память. Возникающие несоответствия в работе узлов фиксируются в памяти системы как ошибки. Об их наличии сигнализирует контрольная лампа *CHECK ENGINE* («Проверь двигатель») или лампа *MIL* (лампа индикации неисправности – *Malfunction Indicator Lamp*), расположенная на приборной панели автомобиля. Получение результатов самодиагностики может производиться двумя путями – при помощи блинк-кодов или сканированием.

На любом из этих путей необходимо использовать диагностический разъем, который может быть расположен в салоне или (что относительно редко) в моторном отсеке автомобиля. В каждом отдельном случае в руководстве по диагностике конкретной модели автомобиля указывается местонахождение этого разъема. Например, на автомобиле ВАЗ-2112 он расположен под приборным щитком (рис.59а).

Следует отметить, что в предыдущем поколении подсистем диагностики *OBD I* (*On Board Diagnostic*) применялись 12-гнездовые разъемы (рис.59а). В соответствии с современным стандартом бортовой диагностики *OBD II** устанавливается использование 16-гнездового разъема (рис.59б).

* Стандарт *OBD II* принят в США и с 1996 г. все автомобили продаваемые в этой стране соответствуют его требованиям. В Европе с 1 января 2000 г. принят аналогичный стандарт *EOBD* (*European On Board Diagnostic*), что позволит унифицировать диагностические системы различных европейских производителей. С введением *OBD II* и *EOBD* бортовая диагностика стала обязательной подсистемой автомобиля.

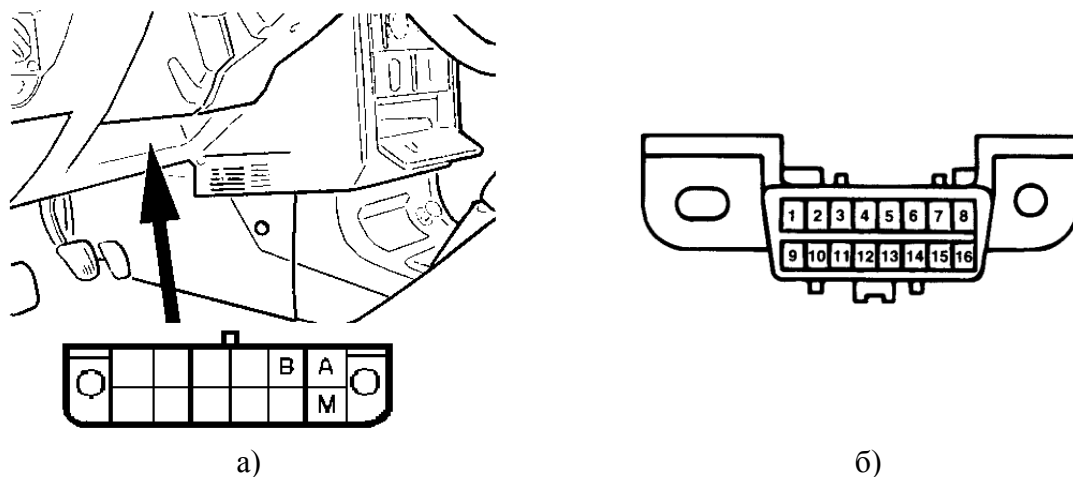


Рис. 59. Расположение и вид 12-гнездового диагностического разъема на автомобиле ВАЗ-2112 (а) и 16-гнездовой разъем современной подсистемы диагностики *OBD II* (б)

С введением стандартов *OBD II* (*SAE J1850 VPW, ISO 9141*) и *EOBD* (*ISO 14230-4*) процесс диагностики электронных систем автомобиля унифицируется, поскольку они предусматривают:

- применение стандартного 16-гнездового диагностического разъема, каждое гнездо которого имеет строго определенное назначение;
- стандартное расположение диагностического разъема на автомобиле;
- использование унифицированного индикатора неисправности *MIL*;
- единый стандартный список кодов неисправностей;
- постоянный мониторинг всех подсистем двигателя и автомобиля, обеспечивающих нормы токсичности ОГ (каталитического нейтрализатора и λ -зондов, рециркуляции ОГ, подачи вторичного воздуха, улавливание паров топлива и т.п.);
- сохранение в памяти электронного блока управления значений параметров при появлении неисправностей (кодов ошибок);
- использование единого протокола обмена информацией при диагностике электронных систем;
- доступ к информации бортовых электронных систем не только с помощью специализированных, но и универсальных сканеров;
- единство терминов, определений и их сокращений, применяемых для описания электронных систем автомобиля и их отдельных компонентов.

Такая унификация очень удобна при эксплуатации, диагностике и ремонте автомобиля.

Рассмотрим процесс проведения самодиагностики системы управления автомобильного двигателя с помощью блинк-кодов. Блинк-коды – это формируемые электронной системой коды неисправности ее отдельных узлов или подсистем. Для их индикации используется контрольная лампа *CHECK ENGINE* или специальный световой индикатор, по числу и длительности миганий которого определяется значение кода. Реже для этой же цели используют звуковые сигналы.

Для включения режима самодиагностики системы управления двигателем обычно необходимо замкнуть на «массу» один из контактов специального диагностического разъема, располагаемого под приборной панелью или в подкапотном пространстве автомобиля. К этому же разъему может подключаться и диагностический компьютер (сканер). Расшифровка кодов ведется по специальной таблице, предназначенной для автомобилей данной фирмы.

Рассмотрим, как ведется самодиагностика двигателей с электронным управлением автомобилями ВАЗ. Для этого необходимо найти диагностический разъем (например, у модели ВАЗ-2112 он находится под панелью приборов около места водителя – рис. 59а). Затем при выключенном зажигании необходимо соединить небольшим отрезком провода (в простейшем случае – канцелярской скрепкой) контакт **В** с контактом **А** (последний всегда соединен с «массой» автомобиля). После включения зажигания (без пуска двигателя) бортовой компьютер автоматически переводится в режим самодиагностики. Об этом свидетельствует выдача кода «12» контрольной лампой *CHECK ENGINE* («включение – пауза 2 секунды – включение – пауза 0,5 секунды – включение»). Код «12» повторяется трижды, что свидетельствует об исправности системы самодиагностики бортового компьютера. Сам код «12» не является кодом неисправности.

Далее компьютер осуществляет диагностику системы управления двигателем и выдает коды неисправностей, повторяя каждый из них трижды. Вот некоторые коды неисправностей системы управления с контроллером «Январь-4» (полный перечень кодов приводится в руководствах по диагностике и ремонту автомобилей ВАЗ с электронными системами управления):

- 13 – обрыв в цепи λ -зонда;
- 14 – замыкание в цепи λ -зонда;
- 15 – обрыв в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости;
- 16 – повышенное напряжение бортовой сети;
- 17 – пониженное напряжение бортовой сети;
- 19 – неисправность в цепи датчика положения коленчатого вала;

- 21 и 22 – неисправности датчика положения дроссельной заслонки;

- 33 и 34 – неисправности расходомера воздуха;
- 35 – отклонение частоты вращения вала от заданного значения на холостом ходу;
- 51 – ошибка ППЗУ;
- 52 – ошибка ОЗУ.

Проведя считывание кодов неисправностей, следует выключить зажигание и через 10 секунд разомкнуть контакты **A** и **B** диагностического разъема.

После проведения диагностики и устранения выявленных неисправностей необходимо стереть коды из памяти бортового компьютера, для чего достаточно отключить аккумуляторную батарею от кузова автомобиля на время не менее 10 секунд (при этом зажигание должно быть выключено!). Коды неисправности можно стереть и с помощью прибора DST-2M, который дает такую возможность без отключения аккумуляторной батареи.

Проведение самодиагностики возможно и с помощью специального внешнего прибора - сканера, подключаемого к диагностическому разъему (рис.60). Из-за индивидуальных особенностей бортовых систем и средств

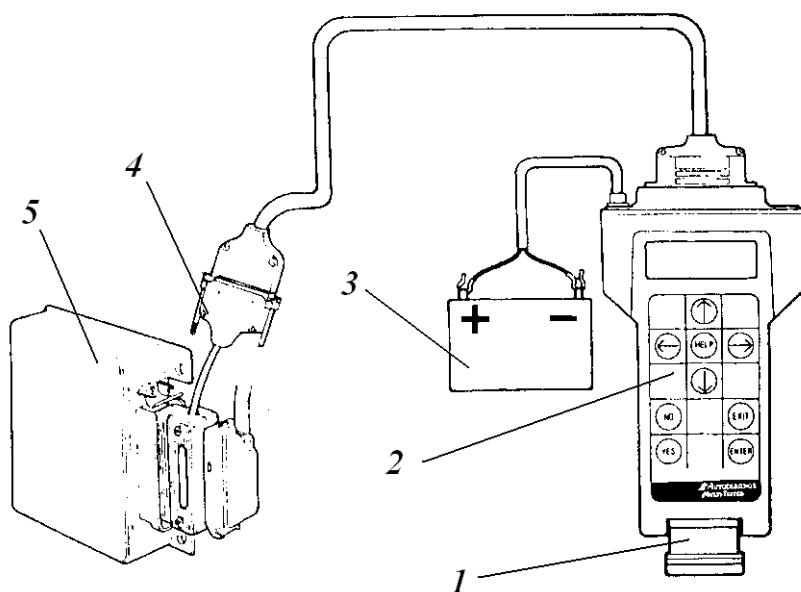


Рис. 60. Подключение сканера к диагностическому разъему электронного блока управления: 1 – картридж; 2 – сканер; 3 – аккумуляторная батарея; 4 – диагностический разъем; 5 – блок управления

их контроля, считывание данных обеспечивают для различных моделей отечественных автомобилей только специально для этого приспособленные приборы. С введением стандарта *OBD II* это можно будет сделать с помощью унифицированных аппаратных средств.

У некоторых моделей сканеров возможна запись текущих значений диагностических параметров при

движении автомобиля. Отечественный прибор DST-2M позволяет даже

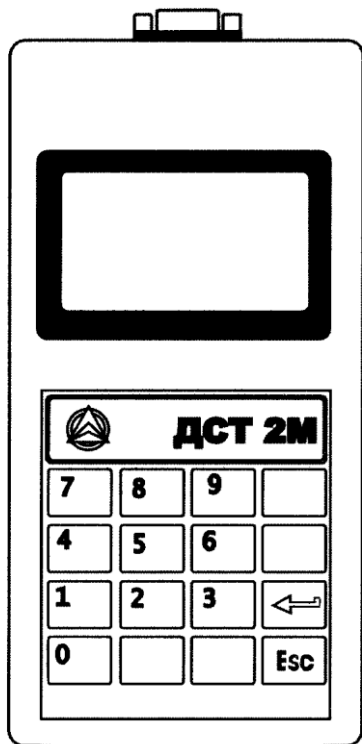


Рис. 61. Внешний вид универсального отечественного сканера DST-2M

производить некоторую корректировку программы управления двигателем. Поскольку этот прибор является одним из наиболее популярных в нашей стране, рассмотрим его более подробно (рис.61).

DST-2M представляет собой универсальный сканер, предназначенный для диагностики электронных систем управления, применяемых на автомобилях ВАЗ, ГАЗ и УАЗ. Прибор имеет картриджную архитектуру. Программное обеспечение по каждой системе управления записано в памяти соответствующего картриджа, которые могут быть и комбинированными. Например, имеется картридж «ВАЗ/ГАЗ», охватывающий наиболее распространенные в стране модели автомобилей. Ведется разработка картриджей для прибора DST-2M, которые позволят его применять и для диагностики автомобилей зарубежного производства.

Таким образом, комплектация сканера является гибкой и определяется исходя из конкретных требований пользователя.

Сканер DST-2M предназначен для выполнения следующих функций:

- автоматическое определение типа тестируемого блока управления (при использовании комбинированных картриджей);
- считывание идентификационных данных блока управления (версия контроллера, версия и дата калибровок и т.д.);
- считывание и расшифровка кодов неисправностей, извлеченных из памяти тестируемого блока управления;
- стирание кодов неисправностей (очистка памяти);
- вывод на дисплей текущих значений параметров тестируемой системы в графическом и/или цифровом виде (только для картриджа «ВАЗ/ГАЗ») в реальном масштабе времени (до 8 параметров одновременно);
- управление исполнительными механизмами для проверки их работоспособности;
- коррекция программы управления (содержимого памяти) при условии поддержки этой функции блоком управления (регулировка содержа-

ния СО на режиме холостого хода, изменение частоты вращения вала на холостом ходу и т.п.);

- специальные тесты (тест механических потерь, тест прокрутки и т.п.) при условии поддержки этих тестов блоком управления;
- запись и временное хранение в памяти прибора массива текущих параметров, в том числе и во время движения автомобиля;
- кадровый просмотр записанного массива данных;
- перенос записанного массива данных на жесткий диск персонального компьютера (при наличии программы DST-Link, поставляемой на отдельном компакт-диске).

В таблице 5 приведены типы блоков управления, диагностируемых с помощью сканера ДСТ-2М (информация дана по состоянию на 1 августа 2003 г.).

В практике диагностики отечественных автомобильных двигателей с электронным управлением удобны также программные сканеры типа МТ-2Е и АВТОАС-СКАН. Они представляют собой специализированные диагностические программы, поставляемые в виде CD-дисков, которые устанавливаются на персональный компьютер. Эти программы содержат необходимую информацию по протоколам обмена с различными блоками управления. При наличии специального интерфейсного адаптера компьютер через СОМ-порт подключается к диагностическому разъему и связывается с блоком управления, что позволяет вести диагностику с помощью персонального компьютера.

Таблица 5

Типы блоков управления, диагностируемых с помощью сканера ДСТ-2М

Модели ВАЗ	Модели ГАЗ и УАЗ
GM ISFI (система РВТ);	МИКАС 5.4, МИКАС 5.4. КЗ, МИКАС 7.1., МИКАС 7.2
GM EFI-4 (система ЦВТ);	Автрон М 1.5.4
Январь 4, Январь 5.1, Январь 5.1.1., Январь 5.1.2;	МКД-105
VS 5.1	-
Bosch 1.5.4, Bosch 1.5.4.N, Bosch MP 7.0, Bosch MP 7.0E3 (Евро-III)	-

Возможности программных сканеров МТ-2Е и АВТОАС-СКАН примерно одинаковы и соответствуют возможностям сканера ДСТ-2М. Отличиями является большее количество выводимых на дисплей текущих параметров тестируемой системы в реальном масштабе времени (у первого

сканера – 16 параметров, у второго – 25). Оба сканера дают возможность набора и вывода на дисплей компьютера тех параметров, которые интересуют пользователя (рис.62). Кроме этого сканер АВТОАС-СКАН позволяет строить графики взаимозависимости различных параметров (типа $Y=f(X)$).

Информация о других, наиболее распространенных в России средствах диагностирования автомобильных электронных систем, приведена в приложении III.

Для более сложной диагностики используется комплексное диагностическое оборудование, применяемое на станциях технического обслуживания. В большинстве случаев это специализированные стенды или диагностические комплексы, используемые для проверки отдельных узлов и агрегатов. Многие модели такого оборудования включают персональный компьютер, который позволяет распечатывать протокол диагностической операции и хранить в памяти значения диагностических параметров для разных моделей автомобилей.



Рис.62. Вид монитора персонального компьютера с установленным программным сканером АВТОАС-СКАН

В таблице 6 дана примерная последовательность операций диагностирования автомобильного бензинового двигателя с электронным управлением.

Таблица 6

Примерные операции и последовательность их выполнения в процессе диагностики автомобильного двигателя с электронным управлением

Система или агрегат	Параметр или узел	Прибор или стенд	Назначение диагностической операции и особенности ее выполнения
Система топливоподачи	Электробензонасос, топливный фильтр, топливopроводы, стабилизатор давления топлива	Манометр, вакуумный насос, набор шлангов, штуцеров и переходников	Измерение давления топлива в различных точках системы с целью определения работоспособности ее отдельных элементов, в том числе рабочего давления бензонасоса и работоспособности стабилизатора давления
	Электромагнитные форсунки	Автомультиметр (тестер), сканер	Измерение сопротивления обмоток форсунок, измерение длительности управляющего импульса форсунок на различных режимах работы двигателя
	Датчик температуры охлаждающей жидкости	Автомультиметр (тестер), сканер	Измерение сигнала датчика в зависимости от температуры двигателя
Контур обратной связи с λ -зондом	λ -зонд, электронный блок управления	Сканер, мотор-тестер, осциллограф, газоанализатор	Измерение выбросов CO, CH и определение значений α на различных режимах работы двигателя, измерение сигнала λ -зонда при различной частоте вращения вала двигателя
Подсистема зажигания	Датчики углового положения коленчатого и распределительного валов. Катушки зажигания, высоковольтные провода, угол опережения зажигания	Сканер, мотор-тестер, осциллограф, стробоскоп	Измерение параметров подсистемы по различным программам мотор-тестера и определение работоспособности отдельных узлов по форме осциллограмм. Измерение вторичного (высокого) напряжения (пробивного напряжения на свечах и т.п.). Измерение угла опережения зажигания на различных частотах вращения вала двигателя.
Подсистема холостого хода	Регулятор холостого хода, датчик положения дроссельной заслонки, расходомер воздуха	Сканер, автоматомультиметр, газоанализатор	Определение работоспособности регулятора холостого хода, проверка правильности установки датчика положения дроссельной заслонки, измерение расхода воздуха при различных режимах работы двигателя, регулировка выбросов CO и CH с отработавшими газами.
Подсистема самодиагностики блока управления	Проверка различных систем	Сканер	Считывание кодов неисправностей, проведение проверочных тестов системы управления двигателем. Удаление кодов неисправностей из памяти системы управления.

В процессе диагностики современных автомобильных двигателей необходимым также является применение газоанализаторов, которые позволяют определить выбросы токсичных компонентов с ОГ. Количество измеряемых токсичных компонентов у выпускаемых моделей газоанализаторов находится в пределах 2...4. Кроме этого, некоторые модели газоана-

лизаторов дают возможность по анализу ОГ определить состав смеси (коэффициент избытка воздуха α) и содержание O_2 на выпуске.

Для современных автомобильных двигателей, насыщенных электроникой, применение специализированного диагностического оборудования является объективной необходимостью.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Практически изучить описанные процедуры диагностики на двигателе в составе автомобиля.
3. С помощью преподавателя ознакомиться с работой специального диагностического оборудования.
4. Провести с помощью преподавателя диагностику конкретного автомобиля отечественного или зарубежного производства.
5. Подготовить отчет по выполненной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение процедуры диагностики двигателя.
2. Назовите задачи диагностики.
3. Расскажите о стандартах диагностики *OBD I* и *OBD II*.
4. Опишите процедуру самодиагностики электронных систем управления двигателем.
5. Расскажите об аппаратуре, применяемой для диагностики электронных систем управления двигателем.
6. Расскажите о возможностях сканера ДСТ-2М.
7. Расскажите о программных сканерах МТ-2Е и АВТОАС-СКАН.
8. Опишите примерные операции при диагностировании двигателя с электронной системой управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В таком небольшом учебном пособии, как это, трудно представить весь материал, необходимый специалисту для практической деятельности в области систем электронного управления автомобильными двигателями. В последние десятилетия автомобильная электроника стремительно развивалась и совершенствовалась, в результате чего появилось много разнообразных конструкций и компонентов систем, которые просто невозможно даже упомянуть в данной работе. Подготовленное пособие по замыслу авторов должно стать для будущих специалистов лишь первым шагом в их практической деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильный справочник: Пер. с англ. 2-е изд., переработ. И доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с., ил.
2. Казедорф Ю., Войзетшлегер Э. Системы впрыска зарубежных автомобилей. Устройство, регулировки, ремонт: Пер. с нем. – М.: Изд-во «За рулем», 2000. – 256 с., ил.
3. Электронное управление автомобильными двигателями/ Покровский Г.П., Белов Е.А., Драгомиров С.Г. и др. – М.: Машиностроение, 1994. – 336 с., ил.
4. Росс Твег. Системы впрыска бензина. Устройство, обслуживание, ремонт: Практ. пособие. – М.: Изд-во «За рулем», 2003. – 144 с., ил.
5. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля. Учебное пособие. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с., ил.
6. Гаврилов К.Л. Диагностика электрооборудования автомобилей. Практ. руководство. – М.: СОЛОН-Пресс, 2001. – 89 с., ил.
7. Системы впрыска топлива бензиновых двигателей. Пер. с англ. Т. 1-4. – М.: Легион, 1996 – 1999.
8. Ч. Уайт. Диагностика двигателя. Коды неисправностей. Руководство. – СПб.: Алфамер Паблишинг. – 2003. – 256 с., ил.
9. Automotive Electric/Electronic Systems. Bosch/SAE. – 1994. – 380 pp.
10. T. Denton. Automobile electrical and electronic systems. – SAE. – 1995. – 312 pp., il.
11. R.N. Brady. Automotive electronics and computer systems. – New Jersey. – 2001. – 446 pp., il.
12. Каталог диагностического оборудования AmEuro. - 2003. – 96 с., ил.
13. Лещенко В.П. Кислородные датчики. – М.: Легион-Автодата, 2003. – 112 с.