



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

**Учебно-методическое пособие**  
к выполнению лабораторного практикума  
по дисциплине

**«Диагностика современных  
электронных систем»**

Авторы  
Павленко А. Н.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной, заочной форм обучения направления 23.04.03 Эксплуатация и ремонт автотранспортных средств

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»  
Павленко А.Н.





## Оглавление

<b>ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ</b> .....	<b>4</b>
<b>Лабораторная работа №1</b> .....	<b>5</b>
Изучение основных характеристик датчиков системы электронного впрыска топлива .....	5
<b>Лабораторная работа № 2</b> .....	<b>12</b>
Изучение характеристик датчика кислорода.....	12
<b>Лабораторная работа № 3</b> .....	<b>19</b>
Изучение характеристик датчиков массового расхода воздуха .....	19

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ

К выполнению практикума допускаются подготовленные студенты. Для этой цели в читальном зале института они знакомятся с лабораторным практикумом по курсу " Диагностика современных электронных систем "; уясняют цель и методику выполнения работы; отражают в отчете основные теоретические представления, используемые в работе.

Лабораторный практикум выполняется на приборах и оборудовании кафедры

«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» При выполнении практикума студент должен соблюдать правила техники безопасности:

1. Строго соблюдать указанную методику выполнения работы.
2. Не помещать на рабочие места посторонние предметы.
3. Не включать без разрешения преподавателя или лаборанта используемые в работе приборы и оборудование.
4. Строго выполнять правила эксплуатации приборов и оборудования.
5. Работать только на приборах и оборудовании, используемых в данной работе практикума.
6. При работе с химическими реактивами соблюдать осторожность, во избежание ожогов не допускать их попадания в лицо, на кожный покров, на одежду.
7. При обнаружении любой неисправности сообщать преподавателю или лаборанту.

Отчет по практикуму необходимо выполнять в отдельной тетради, на титульном листе которой написать:

" Диагностика современных электронных систем "

Лабораторный практикум студента группы (номер группы)  
(Фамилия, имя, отчество)

Объем отчета по одной работе обычно не превышает 3-4 страницы. Отчет должен соответствовать рекомендуемому содержанию, быть понятным, кратким, лаконичным, написанным без произвольных сокращений; текст, иллюстративный и табличный

материалы должны соответствовать известным требованиям оформления отчетов о НИР. В случае статистической обработки результатов эксперимента должны быть указаны доверительные интервалы экспериментально полученных значений и приведены графики полученных аппроксимирующих функций. В случае, если аппроксимация экспериментальных зависимостей не проводится, экспериментально полученные значения должны быть соединены прямыми линиями. В отчетах о работах, связанных с изучением микроструктур, должны быть изображены схемы микроструктур с указанием всех структурных и фазовых составляющих. Происхождение любой точки, линии и др. на схеме микроструктуры должно быть понятно студенту и любому, читающему отчет о работе. Под схемой микроструктуры должна быть приведена подрисовочная подпись с указанием материала, его марки, структурных составляющих и увеличения металлографического микроскопа. Результатом микроструктурного анализа является информация о структурных и фазовых составляющих сплавов, о том, что они собой представляют, как получаются. Отчет должен содержать заключение или выводы по работе.

Результатом выполнения ряда лабораторных работ являются экспериментальные данные. Для достоверного их определения необходимо получить массив измерений, не менее 5, и статистически его обработать, определив среднее значение измеряемой величины, среднеквадратическое отклонение и доверительный интервал.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

### **Изучение основных характеристик датчиков системы электронного впрыска топлива**

#### **Цель работы**

Изучение устройства и принципов работы датчиков. Получение навыков измерения параметров датчиков. Работа с измерительными приборами, а также получение знаний о устранении элементарных неисправностей систем, связанных с такими датчиками.

#### **1 Общие положения**

Датчики электронного впрыска с основным параметром – сопротивление представляют собой устройства, основанные на электронных компонентах – резисторах различных типов. Чаще всего в датчиках используются резисторы следующих типов: – терморезисторы (датчики температуры); – переменные резисторы (датчики положения механических элементов); – тензорезисторы

(датчики давления, в т.ч. и интеллектуального типа).

### **Терморезисторы**

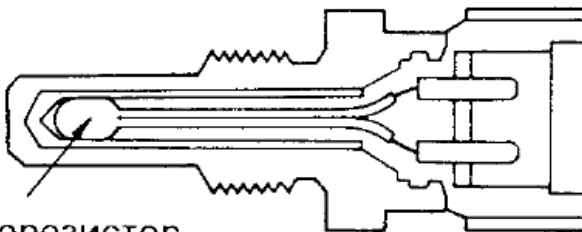
Терморезисторы – это электронные компоненты, изменяющие сопротивление в зависимости от температуры. Различают терморезисторы с положительным и отрицательным температурным коэффициентом, или иначе с прямой или обратной температурной зависимостью. Прямая зависимость означает, что сопротивление датчика увеличивается с ростом температуры, обратная – означает уменьшение сопротивления с ростом температуры. Данная характеристика зависит от материала в основе терморезистора. Наиболее распространены датчики с отрицательным коэффициентом или с обратной зависимостью. Такие датчики обычно используют для измерения температуры воздуха или охлаждающей жидкости в системах электронного впрыска или кондиционирования. Элементы с прямой зависимостью используются реже и в основном в составе сложных датчиков. Работают они чаще всего в областях высоких температур.

На рис. 6.1. приводится конструкция простого датчика температуры. Как видно, сам датчик достаточно компактен по размерам, но помещен в корпус с установочной резьбой и контактным разъемом. Для датчиков температуры воздуха обычно используют пластиковые тонкостенные корпуса для уменьшения теплоемкости корпуса и увеличения быстродействия датчика.

Датчики температуры жидкости (охлаждающей) помещаются в металлический герметичный корпус, который сам представляет герметичную

пробку для жидкостного канала. Некоторые датчики используют один вывод (второй соединен с корпусом).

Рис. 6.1. Конструкция датчика температуры.



Терморезистор

На рис. 1.2(а) приводится график характеристики датчика температуры охлаждающей жидкости автомобилей TOYOTA. Это датчик с обратной зависимостью и с достаточно большим диапазоном измерений.

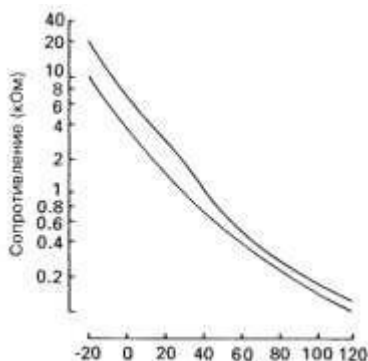


Рис. 6.2. Зависимость сопротивления датчика Toyota от температуры.

Диапазон сопротивлений датчика специально выбран в пределах от 200 Ом до 20 кОм. Этот диапазон одинаково далек от сопротивления проводки с возможными нарушениями контактов и от обрыва цепи, т.е. цепь датчика защищена от искажений показаний. В случае обрыва или замыкания система самодиагностики легко определяет неисправность.

### Переменные резисторы

Переменные резисторы – это электронные элементы, меняющие сопротивление в зависимости от положения подвижного элемента. Переменные резисторы, таким образом, удобно использовать в качестве датчиков положения подвижных элементов. Типичным применением датчика с переменным резистором является датчик положения дроссельной заслонки. В более новых автомобилях это может быть датчик положения педали газа (с сервоприводом заслонки). В некоторых датчиках положения заслонки имеются дополнительные контакты для фиксации положения холостого хода (полностью закрытая заслонка).

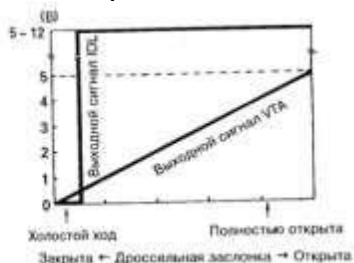
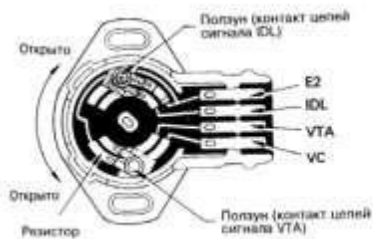


Рис. 6.3. (а) Конструкция датчика положения дроссельной заслонки; (б) Характеристика положения дроссельной заслонки.

На рисунке 6.3(а и б) представлен датчик положения дрос-

сельной заслонки автомобиля TOYOTA и его характеристика. Как видно, характеристика основного датчика практически линейная, что определяется свойствами напыления переменного резистора. Выходной сигнал имеет характеристику переменного напряжения, что обусловлено схемой включения.

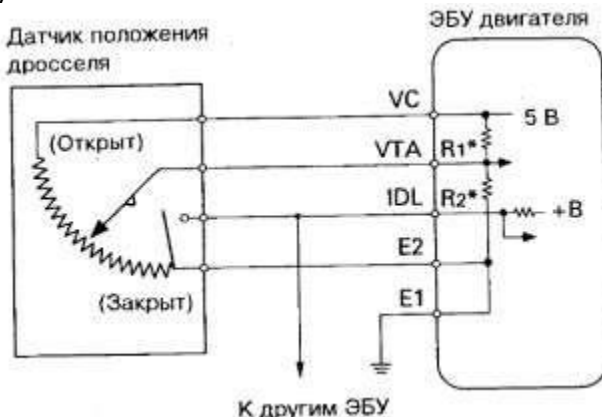


Рис. 6.4. Схема включения датчика положения дроссельной заслонки.

Датчик положения дроссельной заслонки конструктивно расположен напротив привода заслонки на входе во впускной коллектор. Крепления датчика позволяют регулировать его начальную установку в пределах нескольких градусов. При сборке системы после ремонта или при настройке очень важно правильно установить датчик. Независимо от того, имеется ли отдельный контакт холостого хода или нет, система управления двигателем фиксирует положение Х.Х. и выбирает отдельный режим работы Х.Х. Неправильная установка начального положения датчика может привести к различным неисправностям, как:

- «плавание» оборотов Х.Х.
- остановка двигателя при резком сбрасывании газа;
- неустойчивая работа под нагрузкой на Х.Х. (включена АКП, кондиционер). Датчик должен устанавливаться так, чтобы при полностью отпущенной педали газа его показания классифицировались системой как положение холостого хода, а контакт IDL был замкнут (низкий уровень сигнала). Затем датчик поворачивается на некоторую величину по ходу заслонки, чтобы обеспечить зону режима Х.Х., в пределах которой при нажатии на газ блок управления не будет менять режим. Для правильной установки датчика, особенно не имеющего контакта



IDL, существуют специальные таблицы параметров, приводимые в фирменных руководствах по ремонту или общих справочниках регулировочных параметров электронных систем. В дальнейшем (после правильной установки), при эксплуатации автомобиля положение датчика менять не следует (например ради настройки АКП).

### ***Тензорезисторы (датчики давления)***

Тензорезистор – это электронный компонент, меняющий электрические характеристики (проводимость) при механических деформациях.

Конструктивно тензорезисторы представляют собой жесткие пластины (основу) с нанесенным пленочным покрытием на изолирующем слое. Материал напыления может быть различным. Например, в современных датчиках давления топлива в системах непосредственного впрыска используются полисиликоновые сопротивления на подложке из диоксида кремния SiO<sub>2</sub> (изолятор). Так как тензодатчики сильно подвержены влиянию температуры, их сопротивления соединяют по мостовой схеме, практически исключая влияние посторонних влияний. Для усиления сигнала и исправления нелинейностей в датчиках используют встроенные схемы преобразования (интеллектуальные датчики).

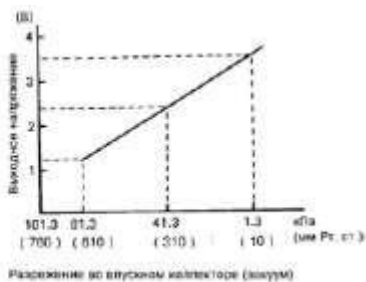
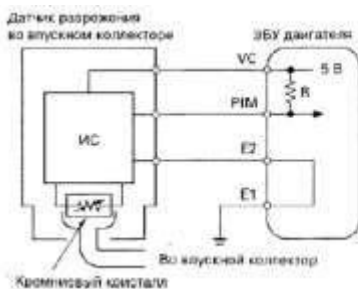
На рис. 6.5 показано устройство датчика абсолютного давления впускного коллектора автомобилей HONDA. Датчики других автомобилей практически ни чем не отличаются от показанного, кроме внешнего корпуса.



Рис. 6.5. Конструкция датчика абсолютного давления (MAP).

На рис. 6.6 (а и б) показаны схема включения датчика в цепь управления и выходная характеристика датчика. Датчик содержит внутри микросхему преобразования и выдает сигнал в виде изменяемого напряжения примерно от 1 до 4 вольт.

Рис. 6.6. (а) Схема включения датчика абсолютного давления коллектора; (б) Характеристика датчика MAP.



## 2 Приборы и оборудование

Для выполнения данной лабораторной работы необходимы датчики: температуры, положения дроссельной заслонки, датчик давления впускного коллектора. А также мультиметр, регулируемый источник питания, нагревательное устройство, термометр, устройство для создания вакуума.

## 3 Методика проведения работы

В ходе работы необходимо изучить конструкцию, расположение и произвести замеры характеристик 3-х датчиков.

### Часть 1. Температурный датчик

1. Опустить датчик и термометр в емкость с водой комнатной температуры.
2. Произвести измерение сопротивления датчик при помощи цифрового мультиметра.
3. Нагревая воду измерять сопротивление датчика с шагов в 5 $\cdot$ С: 20, 25, 30...80 $\cdot$ С.
4. Полученные данные занести в таблицу:

Температура жидкости, °С	Сопротивление датчика, кОм

5. По данным измерений построить график. При построении графика, полученную зависимость следует продолжить до значения -20 $\cdot$ С.
6. По графику делается вывод о температурном коэффициенте датчика.

### Часть 2. Датчик положения дроссельной заслонки

1. С помощью гибкого тросика поворачивать дроссельную заслонку с шагом в 5 мм.
2. Через каждые 5 мм проводить замер сопротивления датчика с помощью цифрового мультиметра
3. Полученные данные занести в таблицу:

Смещение тросика, мм	Сопротивление датчика, кОм

4. Перевести линейное смещение тросика в угол поворота дроссельной заслонки, принимая начальное положение за 5°, а конечное за 90°.
5. Построить график зависимости сопротивления датчика от угла поворота дроссельной заслонки, принимая напряжение питания датчика за 5В.

### Часть 3. Датчик давления коллектора

1. Подать на датчик напряжение 5В, используя регулируемый источник питания.
2. Измерить напряжение на выходе датчика, создавая разрежение и измеряя его с помощью вакуумметра с шагом в 5кПа до значения 40кПа. Начальное измерение производить при атмосферном давлении. Поскольку датчик предназначен не для измерения вакуума, а для измерения абсолютного давления, таблица и график характеристики строятся именно на базе абсолютных давлений.
3. Полученные данные занести в таблицу:

Абсолютное давление, кПа	Выходное напряжение, В

4. Построить график зависимости выходного напряжения от входного давления.

### 4 Протокол отчета

Протокол отчета должен содержать:

1. Наименование марки и модели автомобиля от которого используется датчик.

2. Внешний вид датчика, форму разъема и назначение выводов.
3. Описание хода работы.
4. Таблицы и графики из соответствующих частей работы 1-3.

### **5 Контрольные вопросы**

1. Виды датчиков, использующих резисторы в конструкции.
2. Применение терморезисторов.
3. Применение переменных резисторов.
4. Применение тензорезисторов.
5. Что такое интеллектуальный датчик?
6. Неисправности, вызываемые неправильной установкой датчика положения дроссельной заслонки?
7. Что такое температурный коэффициент?
8. Зависимость между вакуумом во впускном коллекторе и абсолютным давлением, измеряемым датчиком?
9. Причина погрешности датчика MAP в высокогорных районах?
10. Внутреннее устройство датчиков давления.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2**

### **Изучение характеристик датчика кислорода**

#### **Цель работы**

Закрепить теоретические знания по кислородным датчикам, научиться идентифицировать кислородный датчик в системе двигателя, получить

навыки диагностики  $\lambda$ -зонда и навыки работы с измерительными приборами.

#### **1 Общие понятия**

Кислородный датчик или  $\lambda$  – зонд («лямбда-зонд») предназначен для определения содержания кислорода в отработанных газах и размещается в выпускном коллекторе недалеко от выпускных клапанов. Это обусловлено тем, что  $\lambda$  – зонд работоспособен при высокой температуре (от 300 до 600 $^{\circ}$ C), которая достигается только непосредственно на выходе двигателя. Чаще всего данный датчик размещают в месте соединения выходных патрубков

ков в один выхлопной коллектор. На некоторых автомобилях устанавливают второй  $\lambda$ -зонд после катализатора. Он отслеживает состояние катализатора и старение основного  $\lambda$ -зонда. Кислородный датчик является ключевым датчиком в системе обратной связи управления подачей топлива в современных системах впрыска.  $\lambda$ -зонд изначально сконструирован таким образом, что идеальное стехиометрическое соотношение топливо/воздух (14,5:1) соответствует примерно средним показаниям датчика. Система управления двигателем стремится все время поддерживать оптимальную смесь, однако из-за инерционности системы и погрешностей измерений этого трудно достичь. Кратковременные изменения состава газовой смеси могут привести (и приводят) к изменению показаний датчика. Поэтому скорость реакции системы искусственно занижена. Фактически блок управления цикл за циклом увеличивает обогащение смеси, пока датчик не покажет явно богатую смесь. Тогда начинается процесс снижения обогащения смеси до устойчивых показаний бедной смеси. Таким образом, система все время совершает колебания вокруг оптимального значения. Такой режим работы блока электронного впрыска называется  $\lambda$ -регулированием или «замкнутым циклом». В настоящее время в автомобилях используются  $\lambda$ -зонды двух принципиально разных типов: 1 – на основе диоксида циркония (платиноциркониевый электрод); 2 – на основе титана. Принципы работы датчиков, их подробное устройство, причины возникновения неисправностей и методы замены и ремонта рассматривается детально в лекционном материале.

Краткая характеристика обоих типов датчиков: Циркониевый датчик сам является генератором напряжения. Его выходной сигнал зависит от качества смеси и колеблется в пределах от 0 до 1 В. График зависимости напряжения от качества смеси достаточно пологий. Титановый датчик не является генератором напряжения, а меняет свое сопротивление в зависимости от качества смеси от  $<1$  кОм при богатой смеси до более 20 кОм при бедной.

Переключение происходит скачкообразно, т.е. датчик работает в ключевом режиме. От типа датчика зависит, соответственно, и схема его включения. Циркониевый датчик подключается к блоку управления как источник напряжения, а титановый – как нагрузка для внутреннего источника опорного напряжения.

Схемы включения циркониевого и титанового датчиков приведены на рис. 7.1(а и б). Как видно из схем, выходные сигналы датчиков поступают внутри блока управления на компаратор с опорным напряжением 0,45 В (схема автомобилей TOYOTA). Таким образом, плавность характеристики циркониевого датчика не играет для ЭБУ ни какой роли – компаратор выдает только 2 со-



стояния – «бедная смесь» и «богатая смесь».

Рис. 7.1. (а) Схема включения циркониевого кислородного датчика. (б) Схема включения титанового кислородного датчика.

### Виды датчиков по подключению

Кислородные датчики бывают одно-, двух-, трех- и четырехпроводные. Датчики с одним и двумя проводами не содержат нагревательного элемента. С тремя и четырьмя проводами – содержат нагревательный элемент.

На рис. 7.2. приведен двухпроводный датчик (второй провод – заземление). Такой датчик имеет бесспорное преимущество перед однопроводным, так как качество контакта с корпусом имеет большое значение для правильной работы датчика. Однопроводный датчик контактирует с корпусом через резьбовое соединение с выхлопным коллектором, через соединение коллектора с двигателем, а затем через заземление двигателя.



Рис. 7.2. Двухпроводной кислородный датчик



На рис. 7.3 приведен трехпроводный кислородный датчик, содержащий нагревательный элемент. Нагреватель подключается через белые провода (полярность значения не имеет). Датчик с нагревателем начинает работать значительно раньше (при достижении температуры 3000С), независимо от прогрева двигателя.

Рис. 7.3. Трехпроводной кислородный датчик.

Четырехпроводный кислородный датчик (рис. 7.4) сочетает пре- имущества нагрева и отдельного контакта с корпусом. Таким образом,

четырехпроводный датчик может считаться самым совершенным на сегодняшний день.



Рис. 7.4. Четырехпроводной кислородный датчик.

Следует отметить, что подогрев встречается не всегда на циркониевых датчиках и обязательно на титановых, так как титановые особо чувствительны к температуре. Также титановые датчики (сам измерительный элемент) должны быть двухпроводными, так как их схема включения не предусматривает контакта датчика с корпусом.

### **Старение кислородных датчиков**

Подробно причины старения кислородных датчиков и изменение их характеристик рассматриваются в лекционном материале. Здесь приведены примеры контрольных осциллограмм датчиков – от полностью работоспособного (рис. 7.5 (а)), до полностью вышедшего из строя(рис.

7.5(г)).

Естественно, что на приведенных рисунках отражены лишь варианты поведения датчика, выходящего из строя. Например, химическое

«отравление» внешнего электрода вообще приводит к остановке ионного обмена. Та- кой датчик не будет выдавать

напряжения на выходе. Поведение работоспособного датчика также зависит от метода испытаний. Некоторые системы впрыска меняют качество смеси в режиме замкнутого цикла достаточно плавно, что не позволяет судить о скорости реакции датчика.

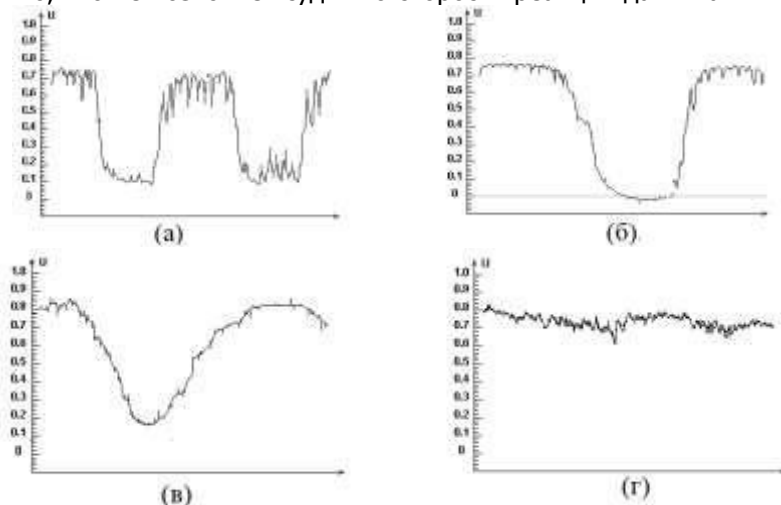


Рис. 7.5. (а) Полностью исправный кислородный датчик. (б) Датчик с первыми признаками старения. (в) Датчик с существенными признаками старения. (г) Неисправный датчик.

## 2 Приборы и оборудование

Для выполнения работы понадобится автомобиль с установленными на нем датчиком кислорода и осциллограф или мотортестер с функцией осциллографа.

## 3 Методика проведения работы

Выполняя работу, следует соблюдать меры предосторожности и правила для диагностики кислородных датчиков.

### *Меры предосторожности*

1. Не отключайте разъем датчика при заведенном двигателе или включенном зажигании.
2. Не используйте для измерений стрелочный (аналоговый) мультиметр.
3. Не допускайте замыкания на корпус или общий «+» питания сигнального выхода циркониевого датчика или питающего и сигнального выходов титанового датчика.
4. Проверка должна производиться на прогревом двигателя при оборотах нормального Х.Х. + 1200.
5. Так как измерения производятся вблизи горячих дета-



лей, следует избегать их касания.

- б. При измерениях осциллографом корпус прибора и корпус автомобиля должны заземляться.

В ходе работы изучается представленный образец датчика, установленный на рабочий автомобиль и подключенный к системе.

1. Определить типа датчика. Определение типа датчика следует начинать с внешнего осмотра. Датчик с любым количеством выходов, кроме 4-х, не может быть титановым, так как титановый обязательно требует нагрева. Далее следует выяснить, какие провода относятся к нагревателю и исключить их из дальнейших исследований. Определить, что датчик титановый можно по наличию опорного напряжения 1 В (относительно корпуса) на одном из входов при включении зажигания и некоторого низкого напряжения на втором входе (это в действительности выходной сигнал).

У циркониевого датчика один из выходов (4-х проводной датчик) должен быть соединен с корпусом автомобиля. Это следует проверять при

выключенном зажигании и при снятом разъеме датчика со стороны проводки автомобиля (не на датчике). Оставшийся провод (должен быть черный) и является сигнальным. На сигнальном проводе циркониевого датчика появляется напряжение менее 0,9 В, но более 0,2 В при запуске двигателя, даже если разъем датчика отключен. Проще всего отличать датчики именно по наличию или отсутствию неизменного опорного напряжения 1В на одном из выводов, кроме подогрева. Датчики с выводами менее 4-х можно автоматически относить к циркониевым.

2. Выполнить тестирование датчика с помощью осциллографа. Тестирование датчика проводится с помощью осциллографа. Наилучшие результаты достигаются с применением цифрового осциллографа или приставки к персональному компьютеру. Применение цифрового прибора обусловлено необходимостью наблюдать за достаточно медленными процессами, но с хорошим разрешением по времени и одновременно широким диапазоном напряжений. Для наблюдения за изменением показаний датчика в режиме замкнутого цикла необходимо устанавливать временную шкалу прибора на значение 50-100 мс/дел. При таком разрешении луч на аналоговом осциллографе становится видимым глазом и практически не оставляет полосы засветки на экране. Цифровой осциллограф позволяет рисовать график характеристики независимо

- от временного разрешения.
3. Компьютерный осциллограф-приставка позволяет рассматривать характеристику датчика на большом экране и делать выводы о скорости реакции по данным в памяти. В ходе работы проведите снятие показаний датчика в режиме замкнутого цикла, а также проверьте реакцию на резкое увеличение или уменьшение обогащения смеси. Вызвать такие процессы в двигателе можно резким нажатием на газ (ЭБУ производит дополнительный впрыск топлива) и резким отпусканием педали газа (ЭБУ прерывает подачу топлива на несколько циклов). Сделайте выводы о работоспособности датчика по скорости реакции и по минимальному и максимальному
  4. напряжениям (должно быть ниже 0,2В и выше 0,7В соответственно).

#### **4 Протокол отчета**

1. Отчет по работе должен содержать:
2. Данные автомобиля (марка, год, двигатель).
3. Тип датчика и обоснование определения типа.
4. Минимальное и максимальное напряжение датчика.
5. Время реакции на резкое изменение качества смеси.
6. Снимки экрана осциллографа.
7. Вывод о работоспособности датчика.

#### **5 Контрольные вопросы**

1. Что называется кислородным датчиком?
2. Какое второе название кислородного датчика и почему оно возникло?
3. Типы кислородных датчиков?
4. Объясните схемы включения датчиков различных типов.
5. Объясните основные меры предосторожности при тестировании датчиков.
6. Объясните причину, по которой нельзя использовать аналоговый мультиметр для тестирования кислородных датчиков.
7. Объясните основные причины старения кислородных датчиков.
8. Объясните суть понятия «замкнутый цикл».
9. Объясните преимущества и недостатки датчиков с различным количеством проводов и с подогревом и без.
10. Объясните причину расположения кислородного датчика вблизи выпускных каналов двигателя.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Изучение характеристик датчиков массового расхода воздуха

Цель работы: научиться идентифицировать датчик такого типа в системе двигателя, получить навыки диагностики расходомера воздуха и навыки работы с измерительными приборами.

#### 1 Общие понятия

Датчики массового расхода воздуха преобразуют массу воздушного потока в определенный выходной сигнал напрямую, не прибегая к дополнительным вычислениям и коррекциям. Одной из разновидностей датчиков массового расхода воздуха является термоанемометрический датчик. В основу датчика положен принцип компенсационного нагрева определенного элемента датчика, охлаждаемого воздушным потоком. Нагрев называется компенсационным, так как элемент датчика нагревается только до определенной температуры относительно проходящего воздуха. Энергия тратится на восстановление температуры элемента, охлаждаемого воздушным потоком. Чем больше проходящий воздушный поток, тем сильнее он охлаждает термоэлемент датчика и тем больше требуется энергии на компенсационный нагрев. Электронная часть датчика измеряет как раз потребляемую на нагрев энергию. При этом соблюдается условие поддержания постоянной относительной температуры термоэлемента датчика. Конструктивно датчик представляет собой цилиндр с натянутой внутри платиновой нитью и помещенным в центре терморезистором. Нить играет роль одновременно и нагревателя, и датчика собственной температуры. Диаметр нити около 70 мкм. Терморезистор служит для измерения температуры проходящего воздуха. Эта температура является базовой величиной для нагрева нити. Платиновая нить имеет прямую зависимость сопротивления от температуры (положительный температурный коэффициент). При остывании нить теряет сопротивление, соответственно падение напряжения на ней уменьшается.

На рис. 8.1 показан общий вид конструкции датчика массового расхода воздуха с термоэлементом на основе платиновой нити. Нить натянута внутри корпуса чувствительного элемента и лежит целиком в плоскости, перпендикулярной оси корпуса. Оба конца нити соединены с электрическими контактами в верхней части сборки чувствительного элемента. Платиновая нить и терморезистор соединены в одну аналоговую схему управления, построенную на основе операционного усилителя. Электрически

схема нагревателя и терморезистора датчика представляет собой мост Уилсона.

Причем терморезистор и нагреватель (нить) включены в разные плечи моста. Падение сопротивления нити приводит к разбалансированию моста и появлению напряжения между контрольными точками. Это напряжение подается на усилитель, питающий схему, что приводит к повышению напряжения питания и протекающего тока и позволяет восстанавливать температуру нити до требуемого уровня. Выходной сигнал снимается с прецизионного резистора  $R_{вых}$ . Изменение тока, протекающего через нить, приводит к изменению напряжения на резисторе.

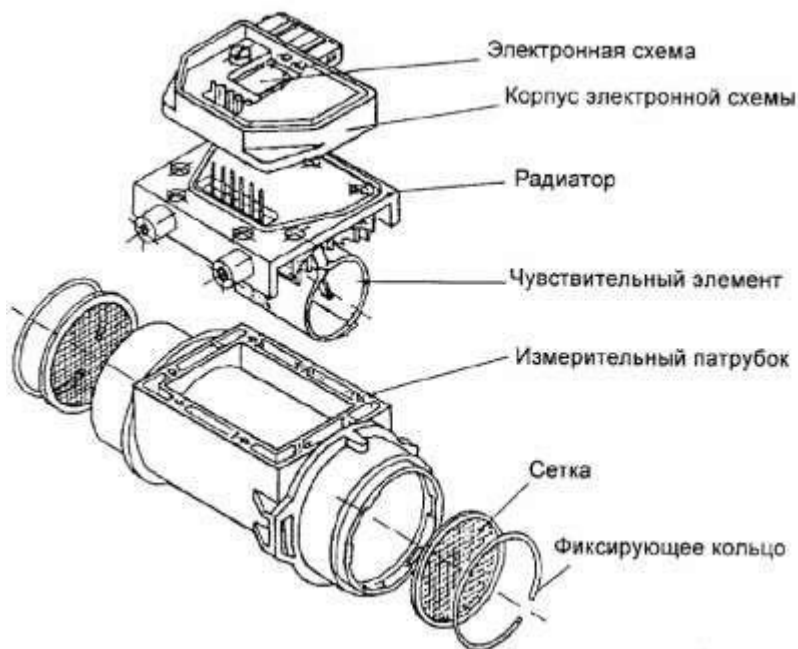


Рис. 8.1. Конструкция датчика массового расхода воздуха.

На рис. 8.2 приведена электрическая схема датчика расхода воздуха. Как видно, схема состоит из 2-х основных частей: электрического резисторного моста и операционного усилителя. Левое плечо моста включает терморезистор ( $R_{тр}$ ) и делитель ( $R_1$  и  $R_2$ ), предназначенный для настройки баланса моста. Правое плечо включает саму нить ( $R_n$ ) и выходной резистор ( $R_{вых}$ ). Более подробно работа расходомера, варианты устройства управляющей схемы, а также неисправности датчиков такого типа рассматриваются в лекционном материале.

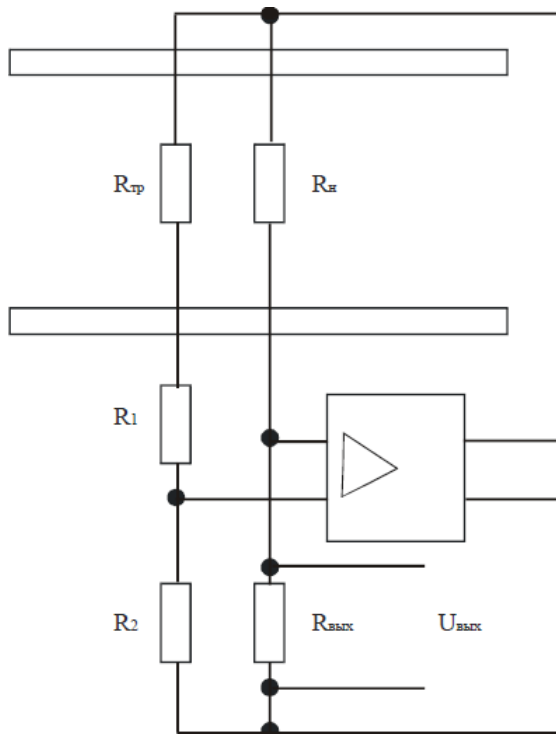


Рис. 8.2. Электрическая схема датчика массового расхода воздуха

## 2 Оборудование и материалы

Для выполнения работы понадобится автомобиль с установленным на нем датчиком массового расхода воздуха, измерительная аппаратура (цифровой мультиметр) и регулируемый источник питания.

## 3 Порядок выполнения работы Часть 1. Выполняется на автомобиле

1. Определить расположение датчика в системе питания двигателя. Типичным местом расположения датчика массового расхода является воздуховод от воздушного фильтра до воздушного коллектора электронного впрыска. Датчик легко определяется по электрическому разъему на корпусе.
2. Проверить работу системы самоочистки датчика. Самоочистка датчика осуществляется при выключении зажигания и представляет собой прокаливание нити нагрева в течение короткого времени. Визуально это заметно при отсоединении датчика от патрубка воздушного фильтра.

3. Замерить характеристику датчика. Замер характеристики датчика осуществляется цифровым мультиметром или осциллографом. Для замера необходимо соединить вход «земля» прибора с корпусом автомобиля и обнаружить сигнальный провод на выходном разъеме датчика. Характеристики снимаются в зависимости от оборотов двигателя. Пренебрегая изменяющимся сопротивлением воздушного фильтра и воздуховода, а также коэффициентом наполнения цилиндров, можно приблизительно считать, что поток воздуха пропорционален оборотам двигателя. Для понимания зависимости сигнала датчика от потока воздуха этого вполне достаточно. Результаты измерений заносятся в таблицу:

№ замера	Обороты двигателя	Выходной сигнал, В

Измерения производятся через каждые 500 об/мин, начиная с 1000.

### **Часть 2. Выполняется на снятом датчике**

1. Изучить внутреннее устройство датчика. Изучение внутреннего устройства датчика и измерение характеристики нити нагрева производится на специальном стенде. Стенд представляет собой разобранный датчик с измерительными приборами и источником питания.
2. Составить зависимость сопротивления нити нагрева от мощности нагрева, которая определяет температуру нити, и убедиться в том, что температурный коэффициент нити является положительным. С датчика снимается схема управления и открывается контактная колодка непосредственно нити нагрева и терморезистора. Амперметр подключается в цепь питания нити. С помощью регулятора источника питания изменяется подаваемое на нить напряжение и, соответственно, мощность. Мультиметром замеряется падение напряжения на нити, амперметром – протекающий ток. Согласно закону Ома, при таких измерениях на обычном сопротивлении (резисторе) получилась бы абсолютно линейная зависимость. Однако нить меняет сопротивление при нагреве, поэтому характеристика V-A получится нелинейная. По данным напряжения и тока вычисляется потребляемая мощность нагрева и сопротивление нити в каждой точке. Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу:

№ замера	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт	Сопротивление нити, Ом

3. По полученным данным построить 2 графика:
  - вольт-амперная характеристика (V-A);
  - зависимость сопротивления от мощности нагрева.

#### 4 Протокол отчета

Отчет по работе должен содержать:

1. Данные автомобиля и схему расположения датчика в подкапотном пространстве.
2. Указание измерительного прибора для снятия показаний датчика и выбранный диапазон измерений.
3. Таблицу зависимости показаний датчика от оборотов двигателя.
4. Схему расположения контактов внутренней колодки датчика при снятой схеме управления и электрическую схему подключения нити нагрева к измерительным приборам.
5. Таблицу результатов измерений характеристик нити нагрева.
6. Графики зависимости характеристики V-A и сопротивления от мощности нагрева.
7. Выводы по работе.

#### 4 Контрольные вопросы

1. Что называется датчиком массового расхода воздуха (ДМР)?
2. В чем преимущество ДМР перед другими методами измерения воздушного потока?
3. Где расположен ДМР в подкапотном пространстве автомобиля?
4. Что является выходным сигналом ДМР и как он изменяется в зависимости от измеряемой величины?
5. Какой элемент является основой ДМР?

Диагностика современных электронных систем

6. Что представляет собой электрическая схема датчика?
7. Что такое температурный коэффициент и как он влияет на работу ДМР?
8. Какую роль играет терморезистор в измерительном патрубке датчика?
9. Что представляет собой функция самоочистки нити нагрева?
10. Какие факторы влияют на преждевременный выход ДМР из строя?