

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Утверждаю  
Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР  
\_\_\_\_\_ В.Л. Бибик  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011г.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ**

Методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу  
«Автоматика» для студентов специальности  
110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в  
агропромышленном комплексе», всех форм обучения

Издательство  
Юргинского технологического института (филиала)  
Томского политехнического университета  
2011

ББК  
УДК

**Исследование характеристик потенциометрических датчиков:**  
методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу  
«Автоматика» для студентов специальности 110304 «Технология обслуживания  
и ремонта машин в агропромышленном комплексе» всех форм обучения / Сост.  
Р.В. Чернухин. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института  
(филиала) Томского политехнического университета, 2011 г. – 16 с.

Рецензент

кандидат технических наук, доцент

А.А. Ласуков

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию  
методическим семинаром кафедры АИ ЮТИ ТПУ « » 2011 г.

Зав. кафедрой АИ  
к.т.н., доцент

О.Ю. Ретюнский

## 1. Цель работы:

1. Изучить назначение, конструкцию и принцип действия потенциметрических датчиков.
2. Освоить методику расчета потенциметрического датчика.
3. Научиться проводить проверку потенциметрических датчиков на примере датчика уровня топлива автомобиля.

## 2. Общие сведения

Потенциметрический датчик представляет собой реостат, включенный по схеме потенциометра. Потенциметрический датчик преобразует механические перемещения в изменения сопротивления реостата. Конструктивно потенциметрический датчик (рис. 1) состоит из каркаса 1, на который намотана в один слой обмотка 2 из тонкого провода. По виткам обмотки скользит движок (щетка) 3, который механически связан с объектом, перемещение которого надо измерить. Обмотка выполнена из изолированного провода, а дорожка, по которой скользит движок, предварительно очищена от изоляции.

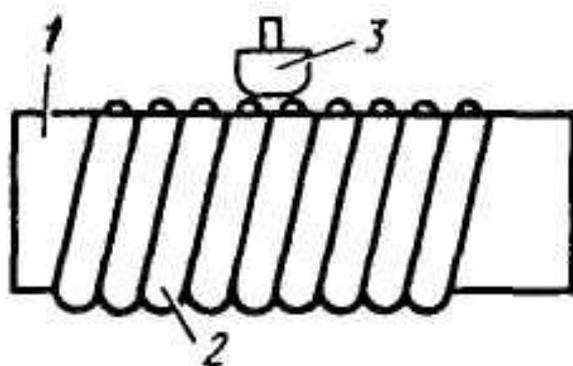


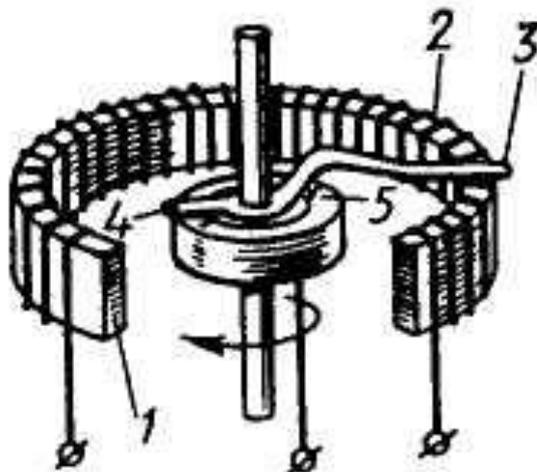
Рис.1. Конструктивная схема потенциметрического датчика

1 – каркас; 2 – обмотка; 3 – движок.

Каркас выполнен обычно плоским или в виде цилиндра. Материалом каркаса может быть изолятор (текстолит, гетинакс, пластмасса, керамика) или металл, покрытый слоем изоляции. Металлические каркасы благодаря лучшей теплопроводности позволяют получить большую мощность электрического сигнала на выходе датчика.

На рис. 2 приведена конструкция потенциметрического датчика для измерения угловых перемещений. Так же как и датчик линейных перемещений,

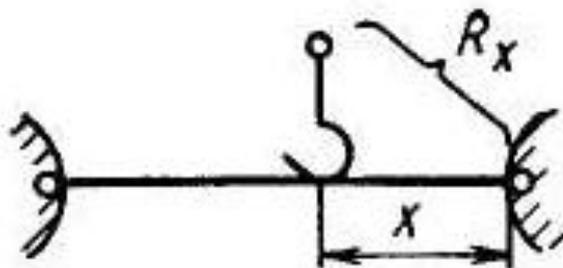
он состоит из каркаса 1 с обмоткой 2, по которой скользит движок 3. Для съема сигнала с перемещающегося движка служит добавочная щетка 4, скользящая по токосъемному кольцу 5. Выходное напряжение датчика угловых перемещений пропорционально углу поворота подвижной части первичного измерителя, соединенного с осью движка.



*Рис.2. Потенциометрический датчик угловых перемещений*

1 – каркас; 2 – обмотка; 3 – щетка (движок); 4 – добавочная щетка; 5 – токосъемное кольцо.

В некоторых автоматических приборах в качестве потенциометрического датчика используют так называемый реохорд (рис. 3). Он представляет собой натянутую проволоку, по которой скользит ползунок. Сопротивление реохорда пропорционально перемещению ползунка. Часто реохорд используют не в потенциометрической схеме, а включают в плечо мостовой схемы. В этом случае перемещение движка преобразуется в изменение сопротивления  $R_x$ .



*Рис.3. Конструкция реохорда*

### 3. Расчет потенциометрических датчиков

Расчет потенциометра сводится к расчету сопротивлений: определяются размеры каркаса для намотки, диаметр провода обмотки, количество витков, шаг намотки.

1) рабочая длина каркаса:

$$L = \alpha D \pi / 360_{(\text{мм})}, \quad (1)$$

где  $L$  – рабочая длина каркаса;

$\alpha$  – угол поворота;

$D$  – средний диаметр каркаса.

2) минимальное число витков:

$$n = 100 / \delta_p (\%) (\text{ВИТКОВ}), \quad (2)$$

где  $n$  – минимальное число витков %;

$\delta_p$  – разрешающая способность.

3) шаг намотки:

$$\tau = L / n (\text{мм}), \quad (3)$$

где  $\tau$  – шаг намотки.

4) диаметр провода с изоляцией:

$$d_{\text{и}} = \tau - 0,015 (\text{мм}), \quad (4)$$

где  $d_{\text{и}}$  – диаметр провода с изоляцией.

5) коэффициент нагрузки:

$$\beta = R_{\text{н}} / R = \frac{1 - \delta_{\text{max}}}{4\delta_{\text{max}}}, \quad (5)$$

где  $\beta$  – коэффициент нагрузки;

$\delta_{\max}$  – максимальная погрешность.

6) сопротивление потенциометра:

$$R = \frac{R_H}{\beta} \text{ (Ом)}, \quad (6)$$

где  $R$  – сопротивление потенциометра,

7) высота каркаса:

$$H = \left( R d^2 / 8 \rho n \right)^{1/2} b \text{ (мм)}, \quad (7)$$

где  $H$  – высота каркаса

$\rho$  – удельное сопротивление,

$b$  – толщина каркаса.

### **Пример расчета:**

Исходные данные:

$$R_H = 4400 \text{ Ом},$$

$$\delta_{\max} = 2,5 \%,$$

$$U = 26 \text{ В},$$

$$D = 45 \text{ мм},$$

$$\alpha = 330,$$

$$b = 2 \text{ мм},$$

$$\delta_p = 0,25 \%,$$

$$\rho = 0,49 \times 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{ м}.$$

Решение:

$$1) L = 330 \times 45 \times 3,14 / 360 = 129,5 \text{ (мм)};$$

$$2) n = 100 / 0,25 = 400 \text{ (ВИТКОВ)};$$

$$3) \tau = 129,5 / 400 = 0,324 \text{ (мм)};$$

- 4)  $d_{и} = 0,324 - 0,015 = 0,309$  (мм) (с учетом изоляции);  
 5) Выбираем  $d \approx 0,3$  (мм)  $= 0,3 \times 10^{-3}$  (м);  
 6)  $\beta = (1 - 0,025) / (4 \times 0,025) = 9,75$ ;  
 7)  $R = 4400 / 9,75 = 451,3$  (Ом);  
 8)  $H = \{ [3,14 \times 451,3 \times (0,3 \times 10^{-3})^2] / (8 \times 0,49 \times 10^{-6} \times 400) \} - 0,002 = 0,0793$  (м)  $= 79,3$  (мм).

**Задание:**

Рассчитать параметры потенциометрического датчика. Исходные данные для расчета взять из таблицы 1, согласно варианту.

Таблица 1

*Исходные данные для расчета*

№ варианта	$R_H$ (Ом)	$\delta_{max}$ (%)	U (В)	D (мм)	$\alpha$	B (мм)	$\delta_p$ (%)	$\rho \cdot 10^{-6}$ (Ом·м)
1	4400	2,0	26	50	330	1,8	0,2	0,49
2	4400	3,0	26	55	330	2,5	0,2	0,42
3	4400	2,7	26	47	330	1,5	0,23	0,49
4	4400	2,3	26	52	330	2,3	0,25	0,42
5	4400	2,1	26	49	330	2,0	0,21	0,42

3.3 Результаты расчета свести в таблицу 2.

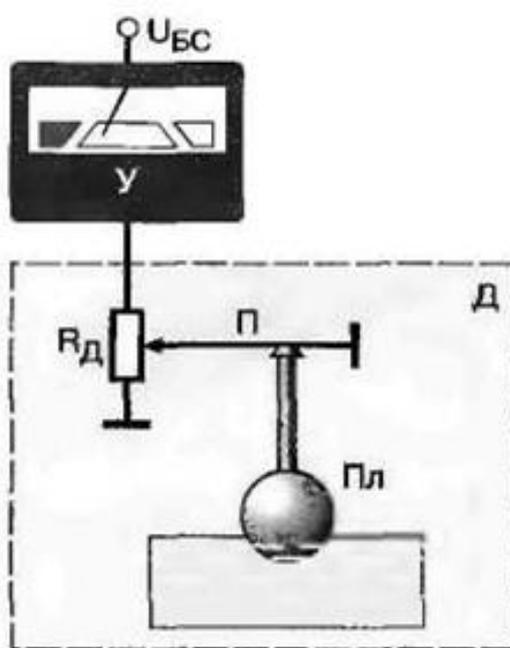
Таблица 2

*Результаты расчета*

L (мм)	n (вит)	$\tau$ (мм)	$d_{и}$ (мм)	$\beta$	R (Ом)	H (мм)

#### 4. Применение потенциометрических датчиков

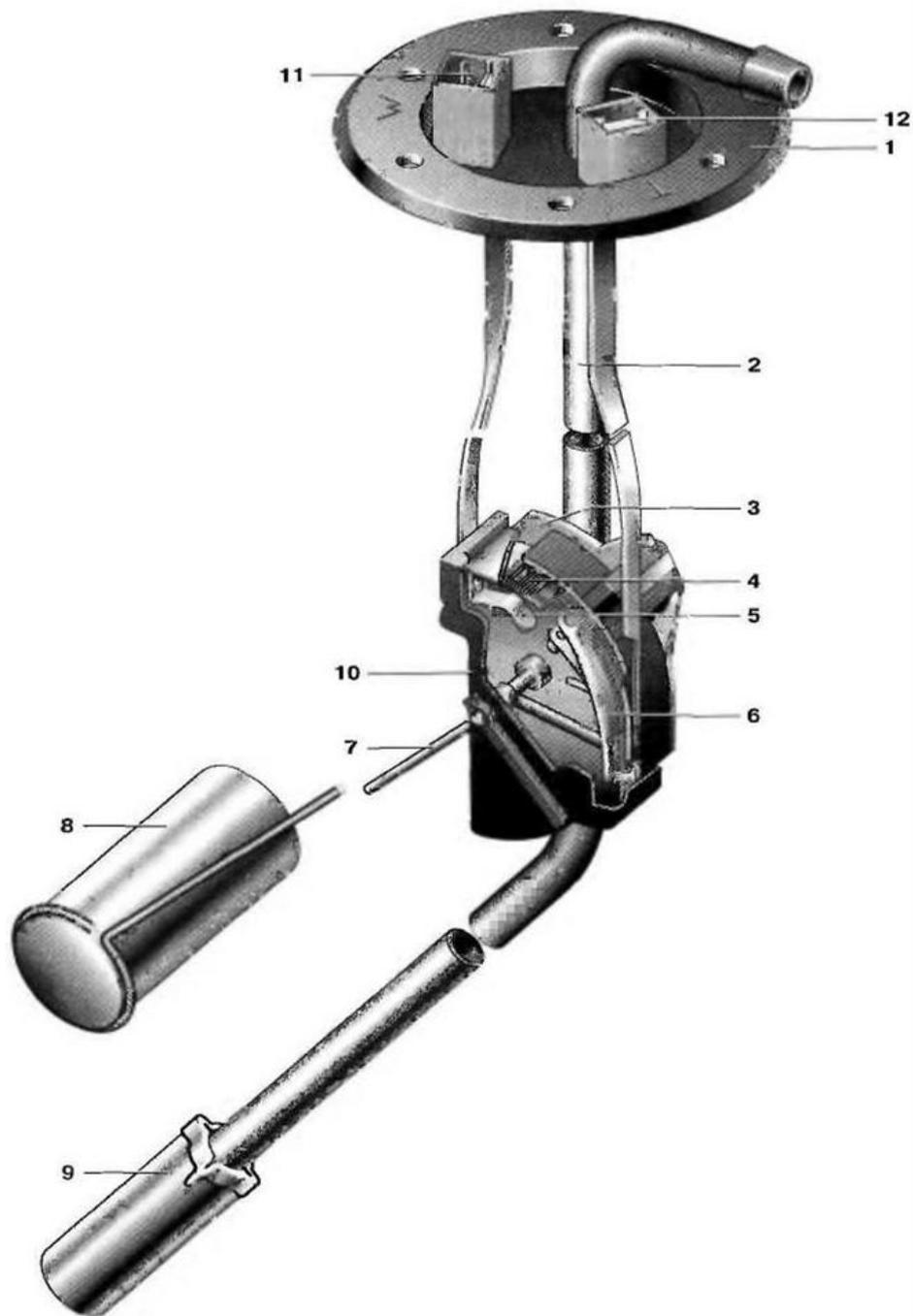
**Датчики уровня топлива.** В современных датчиках уровня топлива используются чувствительные элементы, представляющие собой полые металлические поплавки цилиндрической формы. Поплавок всегда находится на поверхности топлива. При изменении уровня топлива положение поплавка изменяется, одновременно перемещается ползунок реостата (рис.4), сопротивление в цепи электромагнитного или логометрического указателя уровня топлива изменяется и приводит к отклонению стрелки указателя уровня топлива.



*Рис.4. Схема включения датчика уровня топлива в цепь контрольного прибора*

*У – указатель; Д – датчик; R<sub>д</sub> – реостат датчика; П – ползунок реостата; Пл – поплавок датчика.*

На легковых автомобилях, как правило, используются логометрические измерители уровня топлива с реостатными датчиками (рис. 5). Фланец 1 датчика крепится к топливному баку. К фланцу приварена приемная трубка 2 с сетчатым фильтром 9. Пластмассовый корпус 10 датчика крепится к опорной пластине 3. В корпусе размещены реостат 4, с обмоткой из нихромовой проволоки и неподвижный контакт 5 включения контрольной лампы резерва топлива. Контакт 5 соединен со штекером 11, а нижний конец реостата – со штекером 12.



*Рис. 5. Датчик уровня топлива*

*1 – установочный фланец; 2 – приемная труба; 3 – опорная пластина; 4 – реостат; 5 – контакт включения сигнальной лампы резерва топлива; 6 – ползунок; 7 – рычаг; 8 – поплавок; 9 – сетчатый фильтр; 10 – корпус; 11, 12 – штекеры.*

Ползунок 6 реостата установлен на вращающейся оси и связан с подвижным рычагом 7, на конце которого закреплен пластмассовый поплавок 8. Корпус датчика установлен на верхней крышке топливного бака, а рычаге поплавком – внутри. При понижении уровня топлива поплавок с рычагом перемещается вниз, а ползунок по обмотке реостата – в сторону уменьшения

сопротивления реостата. В нижнем положении поплавок контакты 5 и 6 замыкаются, и включается сигнальная лампа, оповещающая водителя о снижении уровня топлива до минимального значения и необходимости произвести заправку. Характеристики датчика уровня топлива автомобилей ВАЗ–2106 приведены в табл. 1.

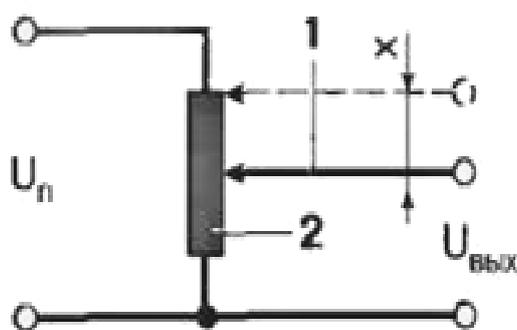
Таблица 3.

*Характеристика датчика указателя уровня топлива*

Тип датчика	Номинальное напряжение, В	Полное сопротивление реостата. Ом	Длина рычага поплавка, мм	Угол наклона рычага от вертикали при пустом баке, град.
БМ150 Д	12	350	290	38

**Датчики положения дроссельной заслонки.** Эти датчики также потенциометрического типа. Выходной сигнал представляет собой напряжение, пропорциональное перемещению  $X$  токосъемного контакта 1 (рис. 6), которое, в свою очередь, зависит от положения дроссельной заслонки:

$$U_{\text{вых}} = f(X)$$

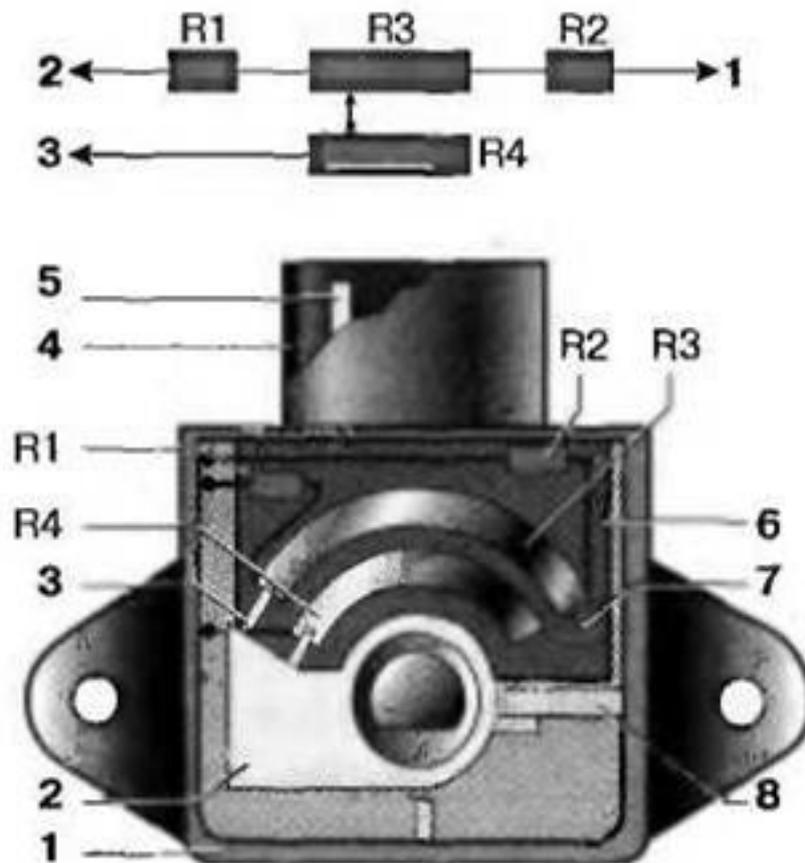


*Рис.6. Принцип действия потенциометрического датчика*

*1 – токосъемный контакт (ползунок); 2 – резистор*

Датчик положения дроссельной заслонки DKG–1 0280122001 (Германия) или НРК1–8 (Россия) автомобилей ГАЗ (рис. 7) установлен на корпусе узла дроссельной заслонки и механически связан с осью дроссельной заслонки и подключается к электрическому жгуту системы управления через трехконтактный соединитель. Датчик представляет собой переменный резистор на керами-

ческой подложке и состоит из корпуса 1, печатной платы с резисторами R1, R2, R3, R4 и подвижных контактов 3, установленных на поворотной втулке 2, закрепленной на оси дроссельной заслонки 8. При изменении положения дроссельной заслонки изменяется величина падения напряжения на переменном сопротивлении. Это напряжение подается в блок управления, который учитывает его при расчете длительности импульсов управления форсунками и угла опережения зажигания.



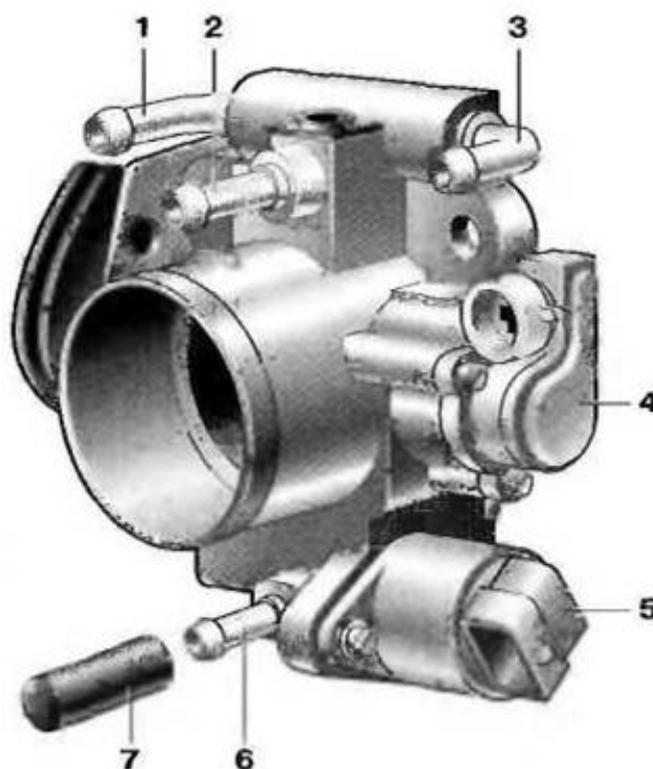
*Рис. 7. Датчик положения дроссельной заслонки*

*1 – корпус; 2 – поворотная втулка; 3 – подвижный контакт; 4 – штекерная колодка; 5 – штекер; 6 – печатная плата; 7 – упор; 8 – ось дроссельной заслонки; R1, R2, R3, R4 – резисторы.*

При выходе из строя датчика блок управления переходит на резервный режим работы, используя данные своей памяти и данные массового расхода топлива. Параметры датчиков приведены в табл.4

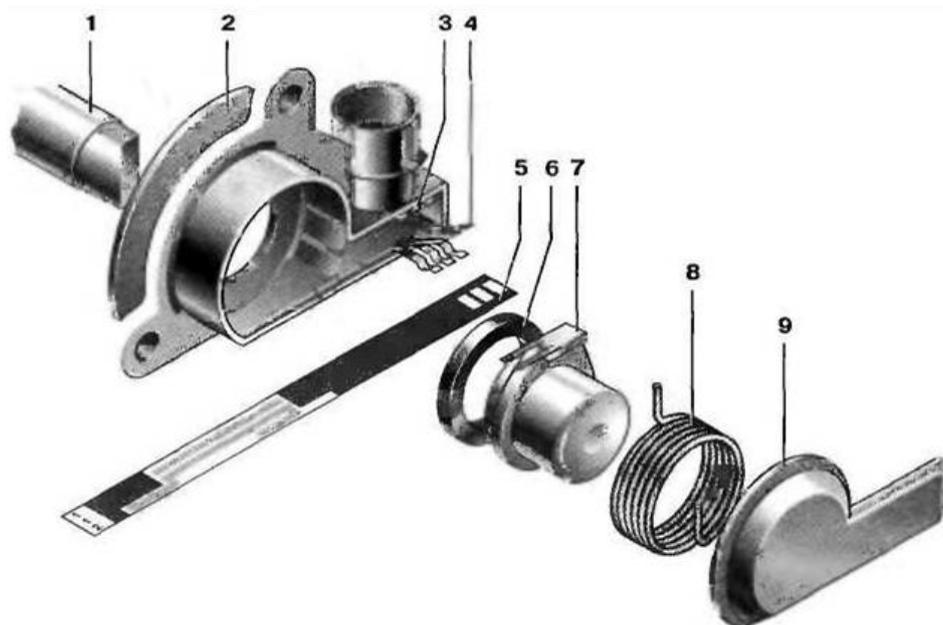
*Параметры датчиков положения дроссельной заслонки*

Тип датчика	Напряжение питания, В	Напряжение при закрытом дросселе, В	Напряжение при открытом дросселе (>90%), В	Сопротивление между выводами 1 и 2, кОм	Вид зависимости	Чувствительность, мВ/град
DKG-1 0280122001 (Германия)	5,0±0,1	0,25...0,65	3,9...4,7	1,8...2,0	Линейная	39 (в зоне 10...90°)
НРК1-8 (Россия)	5,0±0,1	0,25..0,65	3,9...4,7	1,8...2,0	Линейная	39 (в зоне 10...90°)



*Рис. 8. Дроссельный патрубок*

*1 – патрубок подвода охлаждающей жидкости; 2 – патрубок системы вентиляции картера на холостом ходу; 3 – патрубок отвода охлаждающей жидкости; 4 – датчик положения дроссельной заслонки; 5 – регулятор холостого хода; 6 – иштуцер для продувки адсорбера; 7 – заглушка.*



*Рис. 9. Датчик положения дроссельной заслонки*

*1 – ось дроссельной заслонки; 2 – корпус; 3 – контакты разъема; 4 – прижимная пружина; 5 – резистивная пластина; 6 – сальник; 7 – контакты ползунка; 8 – возвратная пружина; 9 – крышка*

Датчик положения дроссельной заслонки 2112–1148200 автомобилей ВАЗ (рис. 8 и 9) установлен сбоку на дроссельном патрубке и связан с осью дроссельной заслонки. Датчик представляет собой потенциометр, на один вывод которого подается опорное напряжение контроллера, равное 5 В, а другой вывод соединен с «массой» автомобиля. С третьего вывода потенциометра (от ползунка) выходной сигнал датчика подается к контроллеру. При закрытой дроссельной заслонке выходной сигнал датчика должен быть в пределах 0,3...0,7 В. Когда дроссельная заслонка открывается (при нажатии на педаль газа), напряжение на выходе датчика начинает расти и при полностью открытой дроссельной заслонке составляет 4,05...4,75 В. Отслеживая величину выходного напряжения датчика положения дроссельной заслонки, контроллер рассчитывает величину угла опережения зажигания и длительность импульса впрыска.

#### 4. Оборудование и материалы

1. Датчик уровня топлива БМ150Д;
2. Датчик положения дроссельной заслонки 2112–1148200;
3. Транспортир;
4. Мультиметр М–830В

#### 5. Порядок проведения работы

1. Изучить конструкцию и принцип действия потенциометрических датчиков и зарисовать схему.
2. Произвести расчет датчика в соответствии со своим вариантом. Результаты занести в таблицу 2.
3. Изучить назначение, конструкцию и принцип действия автомобильных датчиков.
4. Построить график зависимости сопротивления датчика от угла наклона рычага  $R_d = f(\alpha)$ , для чего:
  - а) один контакт мультиметра соединить с контактом датчика, а другой с корпусом датчика.
  - б) установить поплавок датчика в положение, соответствующее полному баку.
  - в) поворачивая рычаг на  $10^0$  снять показания мультиметра;
  - г) результаты измерений занести в таблицу 5

Таблица 5

*Результаты измерений*

Угол поворота рычага	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Сопротивление, Ом										

5. Определить угол наклона рычага при срабатывании аварийной лампы резерва топлива. Определить сопротивление датчика в этом режиме и отметить момент срабатывания аварийной лампы на графике.
6. Сравнить полученные данные с нормативными и сделать заключение о работоспособности датчика уровня топлива.
7. Сделать выводы по работе

Таблица 6

*Нормативные значения сопротивления датчика уровня топлива*

При полном баке	При половине уровня бака	При пустом баке
7 Ом и менее	100...135 Ом	315...345 Ом

## **6. Техника безопасности при проведении работ**

При проведении работ соблюдать требования инструкции по охране труда и пожарной безопасности в лаборатории.

## **7. Содержание отчета**

1. Цель работы;
2. Схема потенциометрического датчика;
3. Рабочие формулы, расчет датчика и таблица с результатами расчета;
4. Таблица 5
5. График зависимости  $R_d = f(\alpha)$ ;
6. Выводы

## **8. Контрольные вопросы**

1. Назначение потенциометрического датчика.
2. Как устроен потенциометрический датчик?
3. Что такое функциональный потенциометрический датчик?
4. Изменением какого параметра можно уменьшить погрешность от ступенчатости выходного напряжения в потенциометрическом датчике?

## **Список литературы**

1. Келим Ю. М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. — 384 с.: ил. — (Серия «Профессиональное образование»).
2. В.В. Литвиненко, А.П. Майструк Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. — М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. — 176 с.: ил.: табл.
3. Соснин Д. А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматизации современных легковых автомобилей: Учебное пособие. М.: СОЛОН-Р, 2001, 272 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу  
«Автоматика» для студентов специальности  
110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в  
агропромышленном комплексе» всех форм обучения

Составитель

Чернухин Роман Владимирович

Печатается в редакции составителя

Подписано к печати 26.04.11.

Формат 60 84/16. Бумага офсетная

Плоская печать. Усл. печ. л. 0,93. Уч. изд. л. 0,84.

Тираж 25 экз. Заказ № 1361 . Цена договорная.

ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.

652050, Юрга, ул. Московская, 17.