

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра приборостроения
и информационно-измерительных технологий

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ»**

Составители

Л.М. САМСОНОВ
В.И. БУРЛАКОВ

Владимир 2007

УДК 629.113.05
ББК 39.38.т 048.7
М54

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент
зав. кафедрой технико-технологических дисциплин
Владимирского государственного педагогического университета

Л.Н. Шарьгин

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к лабораторным работам по курсу
М54 «Проектирование автомобильных измерительных приборов» / Вла-
дим. гос. ун-т ; сост. : Л. М. Самсонов, В. И. Бурлаков. – Владимир :
Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 72 с.

Содержат рекомендации к выполнению восьми лабораторных работ по дисцип-
лине «Проектирование автомобильных измерительных приборов».

Предназначены для студентов специальности 200101 – приборостроение очной
формы обучения, также могут быть использованы студентами приборостроительных
специальностей по другим дисциплинам.

Табл. 10. Ил. 39. Библиогр.: 14 назв.

УДК 629.113.05
ББК 39.38.т 048.7

Курс «Проектирование автомобильных измерительных приборов» относится к основным профилирующим предметам для инженеров, обучающихся по специальности 200101 – приборостроение. Знание этого курса подготавливает специалиста к проектно-конструкторской и производственно-технологической профилирующей деятельности. Поэтому наряду с освоением лекционного материала студент должен на лабораторных занятиях познакомиться с конструкциями измерительных приборов и получить навыки практической работы с ними.

При подготовке к оформлению методических указаний большую помощь оказал студент группы П-102 В.С. Гагин.

Лабораторная работа № 1 ДАТЧИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Цель работы: изучить устройство и конструкцию датчиков автомобильных приборов (рассматриваются датчики температуры, давления и реле-прерыватель).

1. Датчики температуры

На рис. 1 приведен эскиз датчика указателя температуры охлаждающей жидкости типа ТМ-106.

Датчик неразборный и поэтому ремонту не подлежит. Датчик ввертывается в головку блока цилиндров.

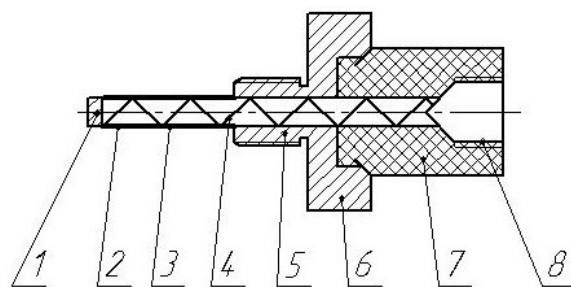


Рис. 1. Датчик указателя температуры ТМ-106: 1 – терморезистор; 2 – теплоприемник; 3 – бумажный электроизолятор; 4 – спиральная пружина; 5 – цилиндрическая часть с резьбой; 6 – шестигранник под ключ; 7 – пластмассовая вставка; 8 – бронзовая втулка, предназначенная для крепления электрического контакта

В бронзовом теплоприемнике 2 установлен терморезистор 1, меняющий свое электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Для улучшения теплового и электрического контакта терморезистор прижимается пружиной 4. Один полюс терморезистора через теплоприемник соединяется с массой, а другой через пружину соединяется с втулкой, в которой крепится электрический разъем. Пружина и боковая поверхность терморезистора изолированы от массы бумажным патроном. Электрически схема включения представлена на рис. 2.

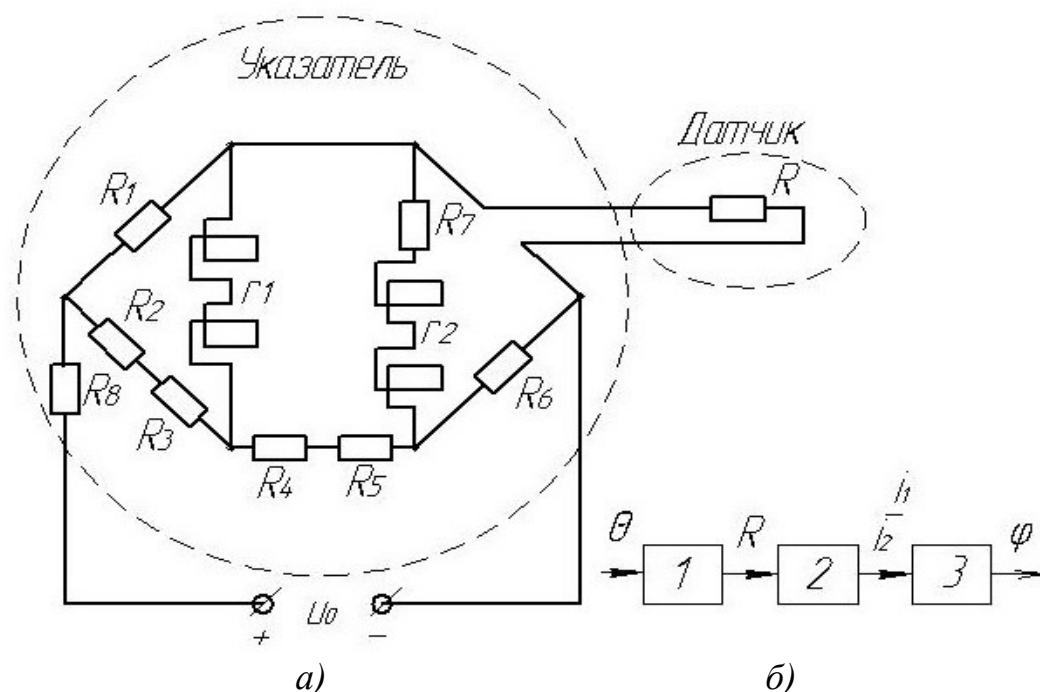


Рис. 2. Схемы термометра сопротивления: а – электрическая; б – структурная; 1 – датчик; 2 – электрическая цепь; 3 – логометр; θ – температура; R – сопротивление датчика; r_1 и r_2 – сопротивления рамок логометра; $R_1 - R_8$ – постоянные сопротивления электрической цепи; i_1/i_2 – отношение токов; φ – угол отклонения стрелки

2. Датчик давления масла

На рис. 3 приведен эскиз датчика давления масла типа ММ-120.

Неподвижный контакт через корпус соединен с массой, а подвижный – через пружину со штекерами. В пластмассовой вставке имеется отверстие, закрытое пробкой-фильтром, через которое над диафрагменная полость датчика сообщается с атмо-

сферой. Если давление в системе смазки двигателя ниже $0,2 - 0,6 \text{ кг/см}^2$, то подвижный контакт прижат пружиной к неподвижному, цепь питания контрольной лампы замкнута и лампа горит. Как только давление масла превысит $0,2 - 0,6 \text{ кг/см}^2$, диафрагма выгибается и преодолевая сопротивление пружины, толкателем отжимает подвижный контакт от неподвижного. Цепь питания контрольной лампы размыкается и лампа гаснет.

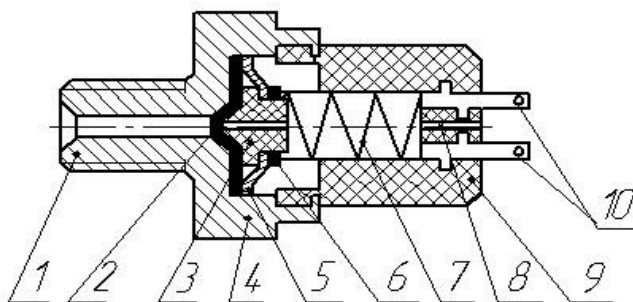


Рис. 3. Датчик давления масла типа ММ-120: 1 – стальной корпус; 2 – диафрагма из полиэфирной пленки; 3 – пластмассовый толкатель; 4 – шестигранник под ключ; 5 – неподвижный электрический контакт; 6 – подвижный электрический контакт; 7 – цилиндрическая пружина; 8 – пластмассовая вставка; 9 – отверстие с пробкой-фильтром; 10 – штекеры

3. Реле-прерыватель контрольных ламп

Реле-прерыватель предназначен для получения прерывистого горения контрольных ламп ручного тормоза и т. д.

Реле-прерыватель типа РС-492 изображен на рис. 4.

К стойке-штекеру 2 прикреплена биметаллическая пластина с обмоткой из нихромовой проволоки, изолированной от пластины асбестовой бумагой. Сопротивление обмотки – 26 Ом при $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Когда пластина холодная, она прижата к штекеру 5. При замыкании цепи по обмотке реле-прерывателя протекает ток, разогревая биметаллическую пластину. Биметаллическая пластина от нагревания выгибается и контак-

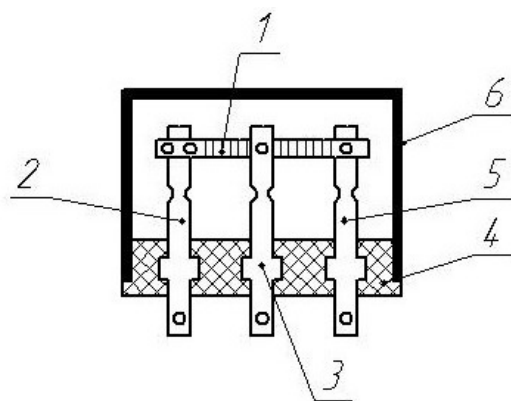


Рис. 4. Реле-прерыватель РС-492: 1 – биметаллическая пластина; 2, 3, 5 – стойки-штекеры; 4 – пластмассовое основание; 6 – колпачок-крышка

ты реле-прерывателя размыкаются, и ток не протекает через обмотку реле-прерывателя. Биметаллическая пластина остывает и принимает прежнюю форму. Контакты реле-прерывателя снова замыкаются и описанный цикл повторяется с частотой 60 – 120 раз в минуту, создавая мигание контрольной лампы.

4. Содержание отчета

1. Принцип действия изученных датчиков автомобильных приборов.
2. Кинематические и электрические схемы датчиков.
3. Эскизы датчиков.
4. Выводы по работе.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА УРОВНЯ ТОПЛИВА

Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия датчика уровня топлива.
2. На графике построить профиль топливного бака.

1. Общие сведения

Для определения и контроля уровня топлива в автомобилях применяется специальный датчик, который устанавливается в топливном баке. Он представляет собой потенциометр с движком, связанным механически с осью чувствительного элемента, угловые перемещения которого преобразуются датчиком в электрический сигнал.

Потенциометрический датчик является по виду характеристики ступенчато-линейным (при достаточно больших значениях сопротивления нагрузки). При этом ступени характеристики часто бывают настолько малыми, что практически не имеют никакого значения.

Ступенчатый характер выходного сигнала необходимо учитывать при разработке датчика, реагирующего на весьма малые отклонения от нейтрального положения, например в следящей системе, с точностью до долей угловой минуты. Ограниченная разрешающая способность датчика в этом случае может не позволить получить желаемый результат. За порог чувствительности датчика в таком случае следует принять угол, соответствующий на каркасе потенциометра длине дуги, равной диаметру обмоточного провода потенциометра.

Потенциометрические датчики могут работать как на постоянном, так и на переменном токах. Однако гораздо чаще они используются в схемах на постоянном токе, так как в схемах на переменном токе в большинстве случаев оказывается более целесообразным применение трансформаторных датчиков. На постоянном токе потенциометрические датчики в автомобильных приборах не имеют себе равных среди датчиков других типов.

2. Достоинства потенциометрических датчиков

1. Возможность получения линейной характеристики в широком диапазоне углов (до ± 180 , а в специальных конструкциях потенциометров – до нескольких тысяч градусов).

2. Способность работать как на переменном, так и на постоянном токах.

3. Высокая точность (до 0,1 – 0,02 %) воспроизведения заданной функциональной зависимости приращения сопротивления от углового перемещения движка.

4. Малые вес и габаритные размеры.

5. Малая подверженность помехам со стороны электромагнитных полей.

6. Отсутствие фазового сдвига выходного напряжения при работе на переменном токе.

7. Возможность построения датчиков (так называемых функциональных) с заданной нелинейной характеристикой.

3. Основные недостатки потенциметрических датчиков

1. Наличие момента обратного воздействия в виде момента сил сухого трения, ухудшающего качество работы прибора.
2. Ограниченный срок службы в связи с наличием трущихся деталей.
3. Сложность изготовления датчиков, предназначенных для использования на осях подвеса чувствительного элемента.
4. Легкая повреждаемость, связанная с исключительной «деликатностью» конструкции датчика.
5. Дискретный характер приращения выходного сигнала.
6. Невысокая надежность, особенно при работе в условиях вибрации и инерционных перегрузок.

4. Схемы включения потенциметрических датчиков

На рис. 5 представлены схемы включения потенциметрических датчиков. Первая из них (рис. 5, а) является простейшей с точки зрения количества элементов, ее образующих.

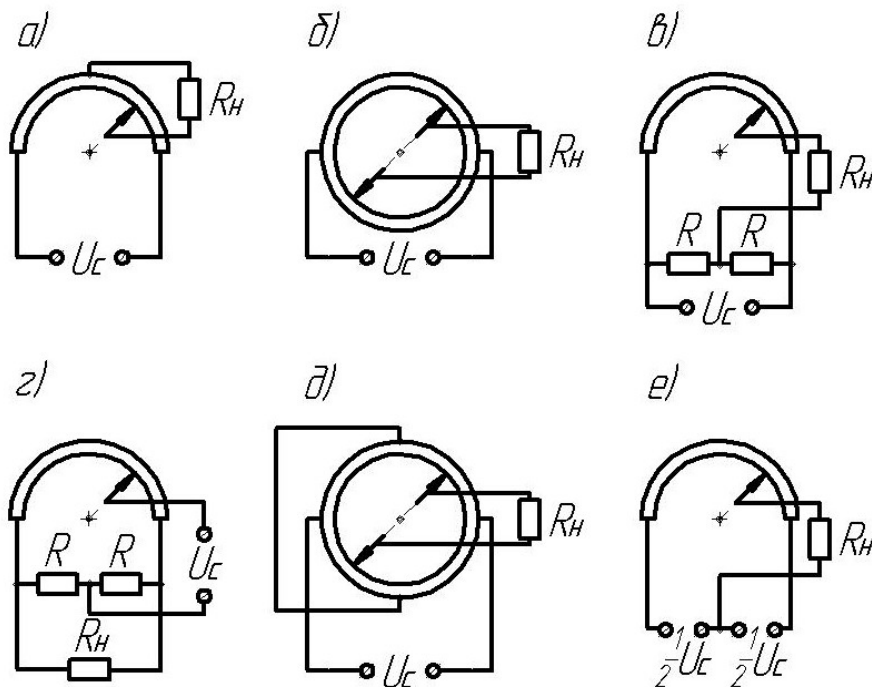


Рис. 5. Схемы включения потенциметрических датчиков

Такую схему принято называть *потенциометром с отводом средней точки*.

Вторая схема (рис. 5, б) получила название *кольцевой, или мостовой схемы с четырьмя переменными плечами*. Она единственная из всех представленных на рисунке схем обеспечивает угол поворота движка в пределах полного оборота.

Третью (рис. 5, в) называют *схемой с искусственной средней точкой, или мостовой схемой с двумя переменными плечами*. Она отличается от предыдущих предельной простотой собственно потенциометра.

Четвертая схема (рис. 5, г) отличается от третьей лишь взаимной переменой места подачи в схему питания и включения нагрузки, поэтому ее называют *обращенной схемой с искусственной средней точкой, или обращенной мостовой схемой с двумя переменными плечами*.

Пятая и шестая (рис. 5, д, е) являются разновидностями второй и третьей схем.

5. Особенность конструкции потенциометрического датчика

Потенциометрический датчик (рис. 6) состоит из герметичного полиэтиленового поплавка 1, который крепится на рычаге 2. Рычаг 2 вместе с движком (ползунком) 4 закреплен на оси 3.

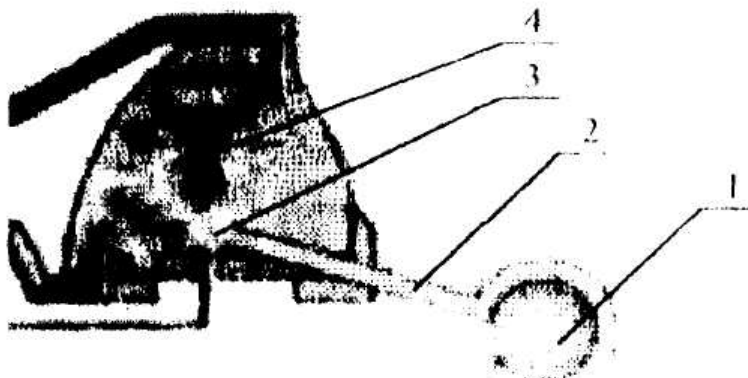


Рис. 6. Потенциометрический датчик

Принцип действия следующий. В процессе потребления автомобилем горючего поплавков, который плавает на поверхности, опускается вместе с уровнем топлива. Его перемещение передается движку, механически связанному с обмоткой. Движок, перемещаясь по обмотке, изменяет выходное сопротивление датчика. Далее сигнал передается индикатору уровня топлива на приборной панели автомобиля (смотри схему электрооборудования автомобиля).

К материалу обмотки предъявляется ряд требований. Он не должен образовывать оксидных пленок, должен хорошо полироваться, обладать высоким удельным сопротивлением, малым температурным коэффициентом сопротивления, способностью протягиваться в весьма тонкий провод с однородными физическими свойствами.

Наиболее распространенными материалами для обмотки являются золото с небольшим содержанием меди, сплавы на основе платины, в первую очередь платиноиридиевые. Присадка иридия к платине улучшает твердость, истираемость, кислотоупорность, снижает температурный коэффициент сопротивления и увеличивает удельное сопротивление. Например, для сплава ПИ-10 (90 % Pt, 10 % Ir) удельное сопротивление $\rho = 0,230$ (Ом·мм²/м), в то время как для чистой платины $\rho = 0,105$ (Ом·мм²/м). Твердость ПИ-10 (по Бринеллю) – 130 вместо 50 для платины. В сплавах с платиной иридия содержится до 20 – 25 %. При более высоком содержании иридия материал становится хрупким, труднообрабатываемым. Для движка применяются следующие материалы: платиноиридиевые сплавы, сплавы серебра с палладием (содержание палладия до 60 %), серебра с платиной и др.

Датчик включают согласно схеме электрооборудования автомобиля и указателям, входящим в комбинацию приборов, приведенным на рис. 7. Схема электрооборудования представлена на рис. 8 и 9.

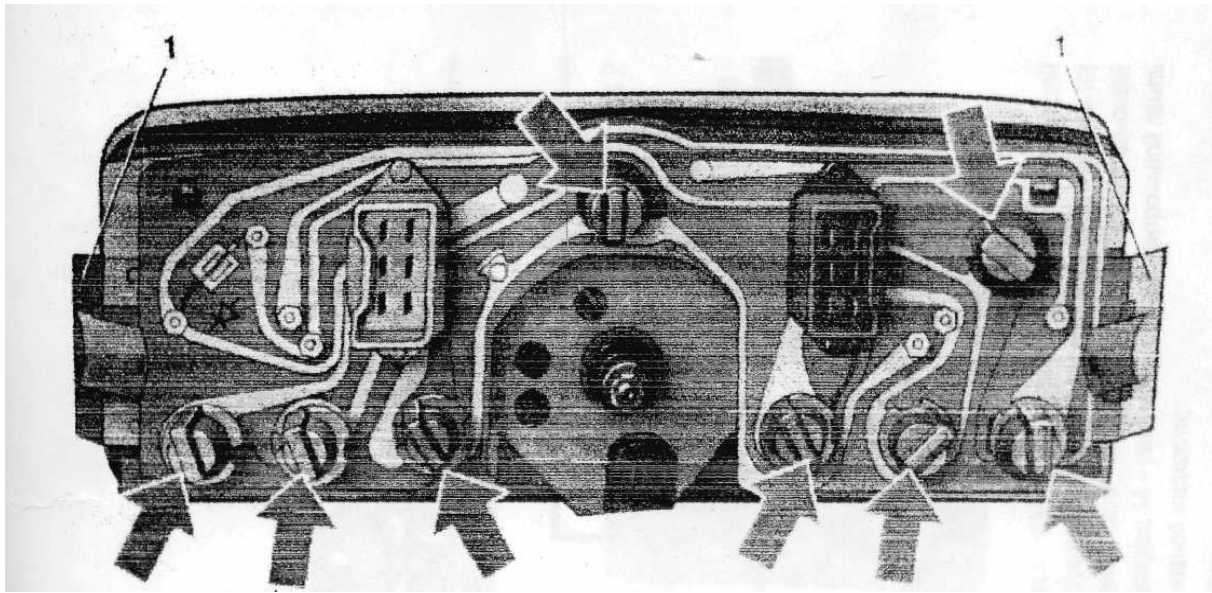


Рис. 7. Снятая комбинация приборов: цифрой 1 обозначен держатель, стрелками показаны патроны контрольных ламп и лампа освещения комбинации приборов (средняя сверху)

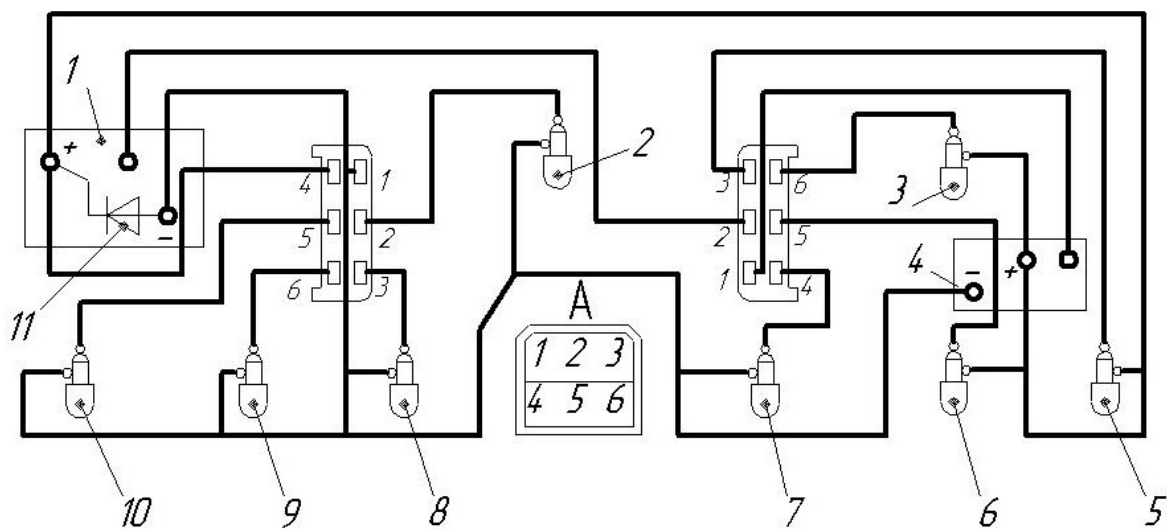


Рис. 8. Электрическая схема соединения комбинации приборов (вид сзади): 1 – указатель температуры охлаждающей жидкости; 2 – лампа освещения комбинации приборов; 3 – контрольная лампа резерва топлива; 4 – указатель уровня топлива; 5 – контрольная лампа стояночного тормоза и уровня тормозной жидкости; 6 – контрольная лампа давления масла; 7 – контрольная лампа заряда аккумуляторной батареи; 8, 9 – контрольные лампы наружного освещения; 10 – контрольная лампа дальнего света фар; 11 – диод защиты приборов; А – порядок условной нумерации штекеров в колодках комбинации приборов

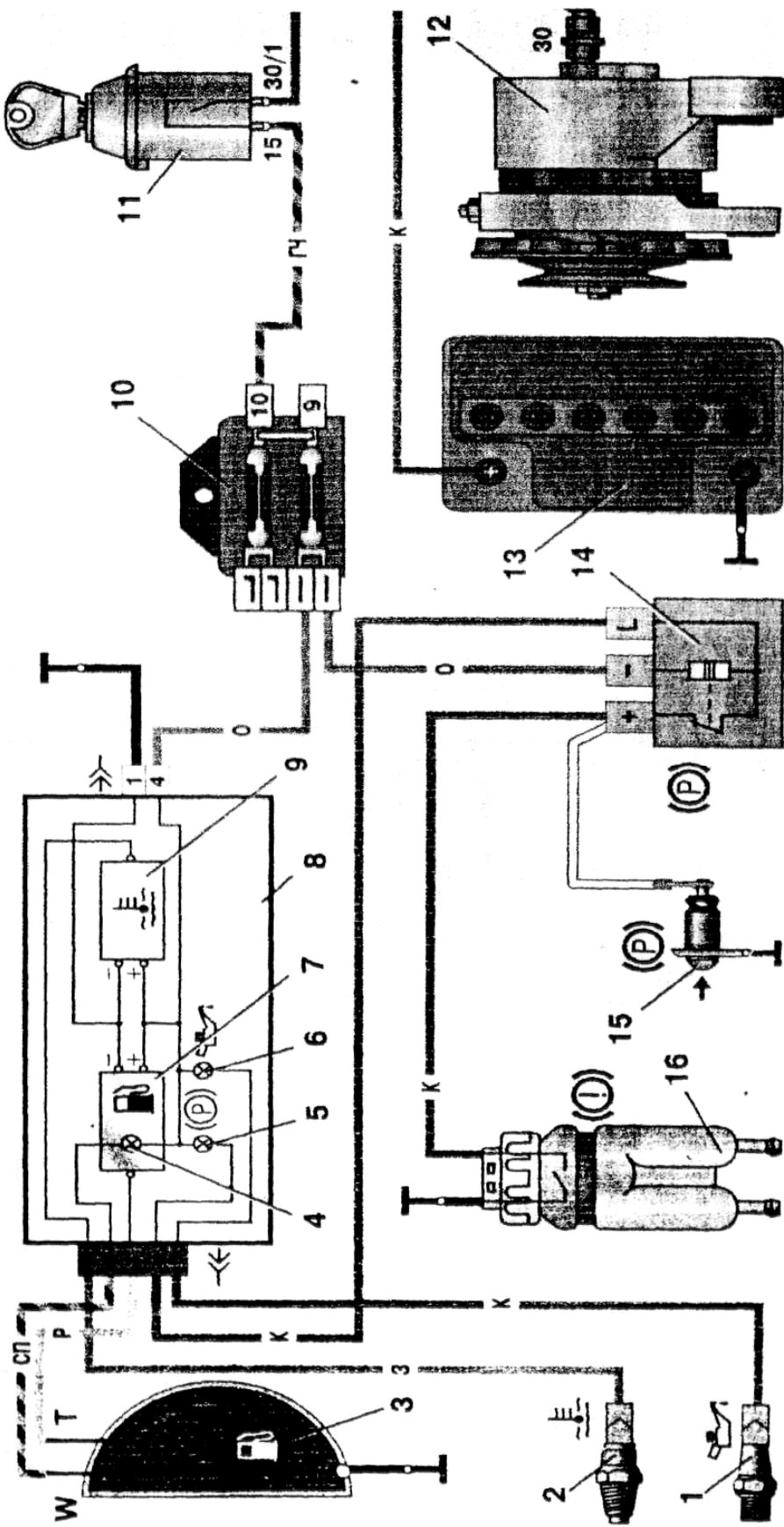


Рис. 9. Схема включения контрольных приборов: 1 — датчик контрольной лампы давления масла; 2 — датчик указателя температуры охлаждающей жидкости; 3 — датчик указателя уровня и резерва топлива; 4 — контрольная лампа резерва топлива; 5 — контрольная лампа стояночного тормоза и уровня тормозной жидкости; 6 — контрольная лампа давления масла; 7 — указатель уровня топлива; 8 — комбинация приборов; 9 — указатель температуры охлаждающей жидкости; 10 — реле предохранителей; 11 — выключатель зажигания; 12 — генератор; 13 — аккумуляторная батарея; 14 — реле-прерыватель контрольной лампы стояночного тормоза; 15 — выключатель контрольной лампы стояночного тормоза; 16 — датчик уровня тормозной жидкости

6. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию и принцип действия датчика уровня топлива.

2. Собрать электрическую схему. Для этого соедините проводами контакт, обозначенный буквой Р на датчике, с контактом Р на стенде. Контакт Б соедините с положительным полюсом блока питания через предохранитель. Массу подключите к отрицательному полюсу блока питания. Покажите собранную схему преподавателю.

3. Показания снимаются по амперметру и линейке. Для более точного построения графика необходимо снять показания по 10 точкам не менее пяти раз.

Занесите результаты в таблицу.

Таблица 1

№	A , мм	B , мм	$a = \arctan B/A$	U , В	I , А	R , Ом
1	70			12		
2						

Примечание. A – расстояние от оси крепления рычага при перпендикулярном положении рычага к линейке;

B – расстояние, отсчитанное по линейке от крайнего положения рычага до места начала отсчета параметра A ;

a – угол наклона рычага;

U – бортовое напряжение автомобиля;

I – ток, протекающий через потенциометр;

R – сопротивление датчика

4. Построить приблизительный профиль топливного бака на графике $a = f(R)$. Сделать вывод.

7. Содержание отчета

1. Материалы, поясняющие работу датчика уровня топлива.

2. Результаты контроля.

3. График.

8. Контрольные вопросы

1. Объясните нелинейность характеристик датчика.
2. Какими достоинствами обладают потенциометрические датчики?
3. Какие недостатки имеют потенциометрические датчики?
4. Схемы включения потенциометрических датчиков.
5. Особенность конструкции потенциометрического датчика и принцип его действия.
6. Какие контрольные приборы присутствуют в автомобиле?

Лабораторная работа № 3 КОЛЬЦЕВОЙ МАНОМЕТР ТИПА ДК

В данной работе изучаются устройство и принцип действия кольцевого дифференциального манометра и образцового переносного манометра системы Петрова. Проводится поверка кольцевого дифференциального манометра образцовым, рассчитывается его характеристика. Изучается передаточно-множительный механизм, которым линеаризуется шкала кольцевого дифференциального манометра.

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципом действия и конструкцией кольцевого дифференциального манометра типа ДК.
2. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия переносного манометра системы Петрова.
3. Провести поверку кольцевого манометра манометром Петрова.

1. Принцип действия дифференциального кольцевого манометра типа ДК

Принцип действия кольцевых приборов можно уяснить из рис. 10, где представлена схема чувствительного элемента коль-

цевого дифференциального манометра. Чувствительный элемент представляет собой кольцевую трубку 1, разделённую поперечной перегородкой 2 и частично заполненную затворной жидкостью 3 (ртуть, трансформаторное масло или вода). Трубка имеет призменную опору 4, допускающую её поворот на некоторый угол относительно горизонтальной оси, перпендикулярной к плоскости кольца. В нижней части трубы укреплен набор уравновешенных грузов G . Незаполненные жидкостью части полости кольца по обе стороны перегородки соединяются гибкими трубками к присоединительным трубкам прибора.

При измерении перепада давления $\Delta p = p_1 - p_2$ одно из этих давлений подаётся в левую плоскость кольца, другое – в правую. Разность давлений на перегородку создаёт момент M_1 относительно оси опоры кольца:

$$M_1 = \Delta p F r_k,$$

где F – площадь поперечного сечения полости кольца;

r_k – средний радиус кольца.

Под действием момента M_1 кольцо поворачивается на своей опоре, а сила тяжести G груза создаёт противодействующий момент:

$$M_2 = G r_r \sin \alpha,$$

где G – сила тяжести груза;

r_r – расстояние от оси вращения кольца до центра тяжести груза;

α – угол отклонения кольца.

Величина угла отклонения кольца определяется равенством моментов давления и веса груза:

$$\alpha = \arcsin \frac{F r_k}{G r_r} \Delta p, \quad (1)$$

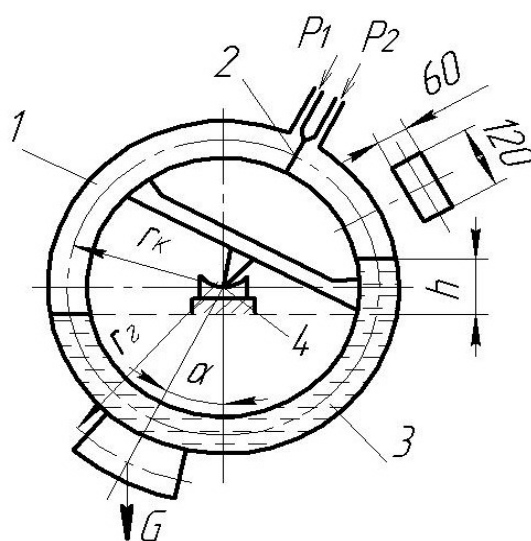


Рис. 10. Схема чувствительного элемента кольцевого дифференциального манометра

где $\frac{Fr_k}{Gr_k} \Delta p = C$ – постоянная прибора.

Статическая характеристика чувствительного элемента примет вид:

$$a = \arcsin C \Delta p. \quad (2)$$

При повороте кольца создаётся противодействующий момент от изгиба подводящих трубок. В приборах низкого давления применяются резиновые подводящие трубки, создающие очень небольшой противодействующий момент, которым можно пренебречь. Поворот кольца при помощи передаточного механизма преобразуется в перемещение указателя или записывающего органа.

2. Описание конструкций дифференциальных манометров

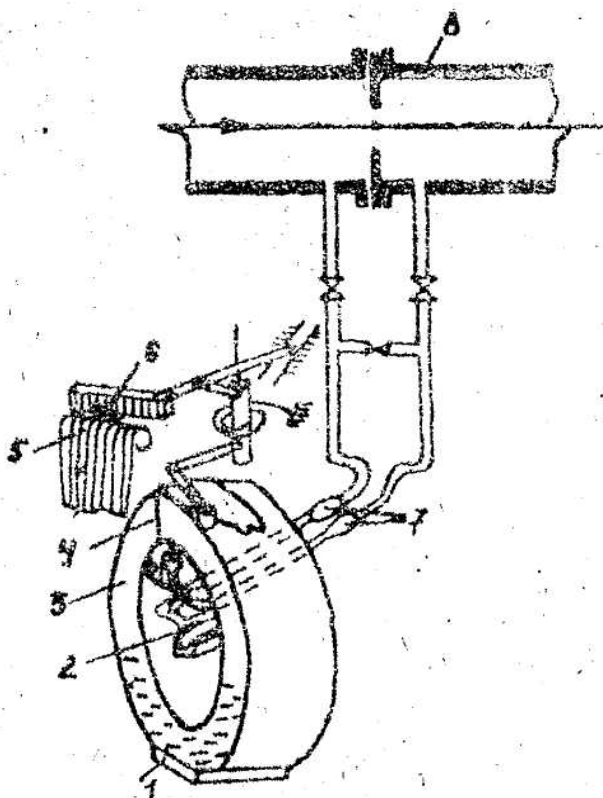


Рис. 11. Схема кольцевого дифференциального манометра

Кольцевые дифференциальные манометры ДК предназначены для измерения разряжения, напора или разности давления газа в пределах до 2500 кгс/см^2 ($0,25 \text{ кгс/см}^2$), а также для измерения расхода газа, протекающего по трубопроводу.

Дифференциальные манометры с водяным заполнением рассчитаны на статические давления в трубопроводе до $0,25 \text{ кгс/см}^2$, а при ртутном заполнении – от 10 до 100 кгс/см^2 .

Принципиальная схема действия кольцевого дифференциального манометра показана на рис. 11. Полное кольцо

цо 3, установленное на призмических опорах 2, до половины заполнено рабочей жидкостью (трансформаторным маслом или водой). В верхней части кольцо имеет перегородку 4, которая разделяет незаполненное жидкостью пространство на два отрезка, соединённых при помощи гибких шлангов трубок с местами измерения, в нижней части кольца прикреплён груз.

Если давление в одном отсеке больше, чем в другом, то кольцо под действием разности давлений на перегородку 4 должно отклониться от начального положения на такой угол, чтобы момент, создаваемый усилием на перегородку, уравновешивался грузом 1. Таким образом, угол поворота кольца является мерой разности давлений. Кольцо кинематически связано со стрелкой 6, а в самопишущих приборах и с пером 5, причём передаточный механизм преобразует угловое перемещение кольца в прямолинейное перемещение стрелки и пера. Характеристика чувствительного элемента является нелинейной (см. формулу (2) на с. 16). Для линеаризации шкалы в передаточном механизме есть лекало 8.

3. Конструкция переносного мановакуумметра системы Петрова

Основные узлы и детали прибора показаны на рис. 12. Плита 1 служит для закрепления на ней узлов и деталей прибора. Два сообщающихся сосуда являются основными узлами прибора: металлический бачок 5 и прозрачный стакан 12. Металлический бачок имеет сверху и снизу вентили 4 и 6 и штуцера 7 для присоединения гибких шлангов.

В нерабочем положении и при измерении давления каждый бачок устанавливается в верти-

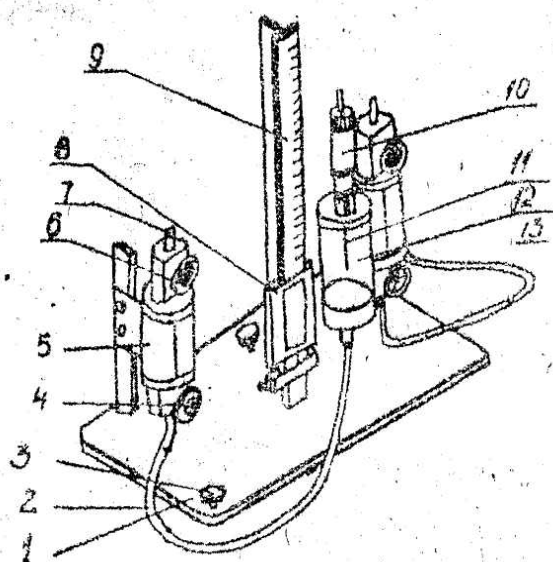


Рис. 12. Переносной мановакуумметр системы Петрова

кальном положении на стойке, укрепленной на плите. Каждый бачок с помощью кронштейна может устанавливаться на линейке 9 при измерении прибором вакуума.

На линейке сзади внизу укреплен кронштейн с зажимным винтом, служащим для закрепления в нём прозрачного стакана 12, имеющего в своём дне штуцер для соединения гибким шлангом 2 с металлическим баком 5. В крышке стакана 12 находится микрометрический винт 10 с иглой 11, служащий для отсчёта абсолютной погрешности поверяемых приборов. Линейка 9, укрепленная на плите, состоит из четырёх секций, на ней имеются шкала с миллиметровым делением и двойной оцифровкой. Оцифровку, нанесённую сверху вниз от 0 (соответствующего «760» высоты шкалы) до 760 мм (соответствующих «0» высоты шкалы), используют для измерения вакуума.

Отвес, подвешенный на линейке, служит для вертикальной шкалы установки во время работы с помощью винтов 3. Каретка 8, смонтированная на линейке, состоит из двух направляющих, на верхней из них укреплен конус. С правой стороны каретки есть гнездо, в котором закрепляют прозрачный стакан 12. Каретка служит для перемещения последнего вдоль шкалы линейки на нужную высоту и отсчёта высоты во время работы.

Нижнюю направляющую каретки, связанную с верхним микрометрическим винтом и гайкой, используют для плавной и точной доводки каретки до нужного деления шкалы линейки. Фиксируется каретка на нужной высоте зажимными винтами для установки прибора по отвесу, подвешенному на линейке. В качестве рабочей жидкости применяется ртуть или вода, заливаемые в бачки.

4. Принцип действия прибора

Работа прибора основана на принципе сообщающихся сосудов. Прибор представляет собой жидкостный мановакуумметр. Он отличается от обычных жидкостных лабораторных стационарных манометров или вакуумметров тем, что вместо стеклянной *U*-образной трубки имеет небьющиеся сосуды, сообщенные между собой гибкими шлангами. Один из сосудов прозрачный.

Непрозрачный сосуд (металлический бачок) во время работы прибора неподвижен. Прозрачный сосуд (стакан), укрепленный на каретке, перемещается вместе с ней по линейке вдоль её шкалы на высоту, соответствующую уровню жидкости в стакане, в зависимости от давления над зеркалом жидкости в металлическом бачке.

Величина измеряемого перепада давления (или разряжения) определяется по шкале линейки, а погрешность проверяемого прибора – по величине перемещения иглы, отмечаемой по шкале микрометрического винта.

5. Порядок выполнения работы

1. Прозрачный стакан 5 (рис. 13) (для ртути или воды) укрепить в гнезде каретки.

2. Каретку с закрепленным на ней стаканом установить по шкале в нулевое положение.

3. С помощью микрометрического винта 6 установить иглу 7 таким образом, чтобы она касалась зеркала жидкости в прозрачном стакане.

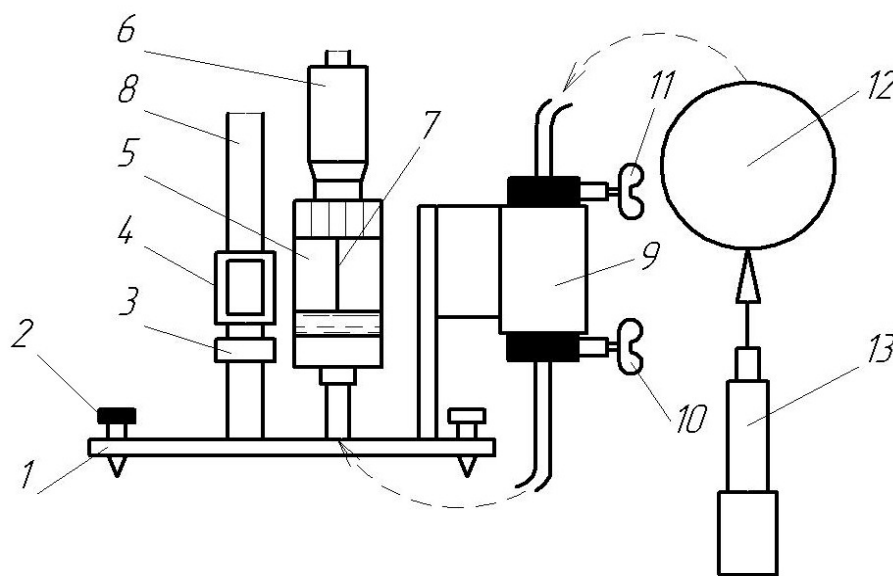


Рис. 13. Схема образцового манометра Петрова: 1 – основание; 2 – регулировочный винт; 3, 4 – рама с нониусом и рамка с микрометрической подачей; 5 – прозрачный стакан; 6 – микрометрический винт; 7 – игла; 8 – линейка штангенциркуля; 9 – бачок; 10, 11 – вентили

4. Закрыть верхний вентиль резервуара 12. Каретку прибора установить по шкале линейки на высоту, соответствующую расчётной величине перепада, согласно поверяемой точке шкалы контролируемого прибора.

5. Ручным насосом 13 накачать воздух в резервуар 12, из которого давление подаётся в кольцевой дифференциальный манометр и переносной манометр системы Петрова.

6. Открыть верхний вентиль 11 бачка 9. Стрелку контролируемого прибора окончательно установить в поверяемую точку шкалы, подкачивая воздух в резервуар 12.

7. Если показание контролируемого прибора в поверяемой точке шкалы имеет погрешность, то уровень рабочей жидкости в прозрачном стакане 5 не совпадает с концом иглы.

8. Определить величину погрешности контролируемого прибора в поверяемых точках его шкалы одним из двух способов:

- 1) перемещением каретки стакана;
- 2) перемещением иглы микрометрического винта.

9. Рассчитать приведённую погрешность по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta\gamma}{p_k - p_n} 100 \%, \quad (3)$$

где $\Delta\gamma$ – абсолютная погрешность измерения;

p_k – давление, соответствующее конечному делению шкалы;

p_n – давление, соответствующее начальному делению шкалы;

δ – погрешность прибора, %.

6. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема кольцевого дифференциального манометра (см. рис. 10).
3. Статическая характеристика кольцевого дифференциального манометра по формуле (2).
4. Схема манометра Петрова (см. рис. 11).
5. Данные проверки правильности показаний кольцевого дифференциального манометра и расчёт относительной приведённой погрешности.

7. Контрольные вопросы

1. Принцип действия кольцевых дифференциальных манометров.
2. Каким образом линеаризуется шкала кольцевого дифференциального манометра?
3. Как изменить пределы измерения перепада давления в дифференциальном манометре?
4. В характеристику прибора не входит величина перепада уровней h в кольце дифференциального манометра. С какой целью необходимо определять этот перепад?
5. Каковы источники погрешности кольцевого дифференциального манометра?
6. Как перевести килограмм-силу на квадратный сантиметр в миллиметры водного столба?

Лабораторная работа № 4 КОМБИНАЦИЯ ПРИБОРОВ

Цель работы: дать оценку художественному и эстетическому оформлению комбинаций приборов автомобилей ВАЗ-2101, Opel, ИЖ-2125, ИЖ-2126 по десятибалльной шкале и обосновать выбранное решение.

Общие сведения

Характер взаимоотношения человека, техники и предметной среды существенно зависит от свойств, которые присущи применяемой технике (станки, приборы, инструменты и т. д.) и окружающей предметной среде. При этом имеются свойства, которые не поддаются точным количественным оценкам, например, красота, польза, удобство. Поэтому возникает потребность в специфической, предназначенной для промышленности производст-

венной среде творческой деятельности, целью которой является гармонизация предметной среды. Эта цель достигается путем определения формальных качеств предметов, к которым относятся не только свойства их внешнего вида, но главным образом структурные связи, придающие системе предметов необходимое функциональное и композиционное единство.

Творческая деятельность, направленная на нормализацию предметной среды, получила название *дизайна*.

Объекты дизайна – продукты труда, трудовые процессы, производственная и бытовая среды.

Главная задача дизайна – повышение эстетического начала в промышленных изделиях, а также улучшение функциональных и создание новых потребительских свойств.

Техническая эстетика является научной базой дизайна. Она представляет собой сплав трех отраслей знаний: эстетических, эргономических (изучающих человека) и технических наук.

Проектирование промышленных изделий с учетом требования технической эстетики осуществляется одним из видов промышленного дизайна – методом художественного конструирования.

При проектировании и размещении органов управления необходимо учитывать границы и основные зоны зрительного поля человека (рис. 14), а также антропометрические характеристики оператора (рис. 15) и рабочие зоны (рис. 16).

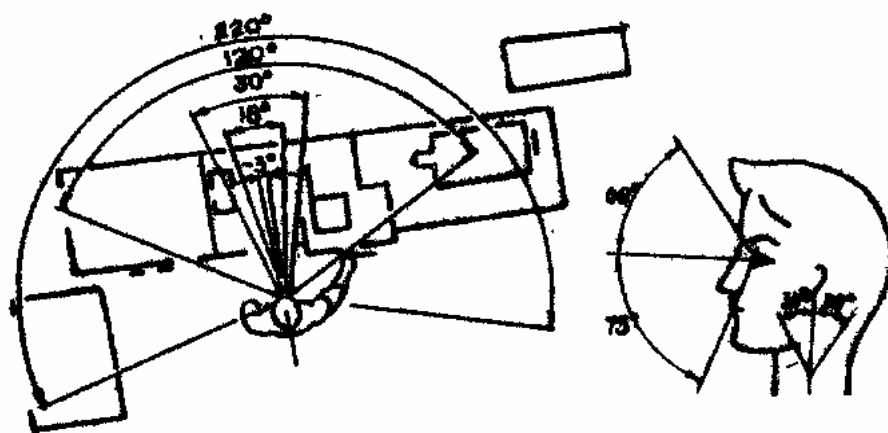


Рис. 14. Зоны зрения

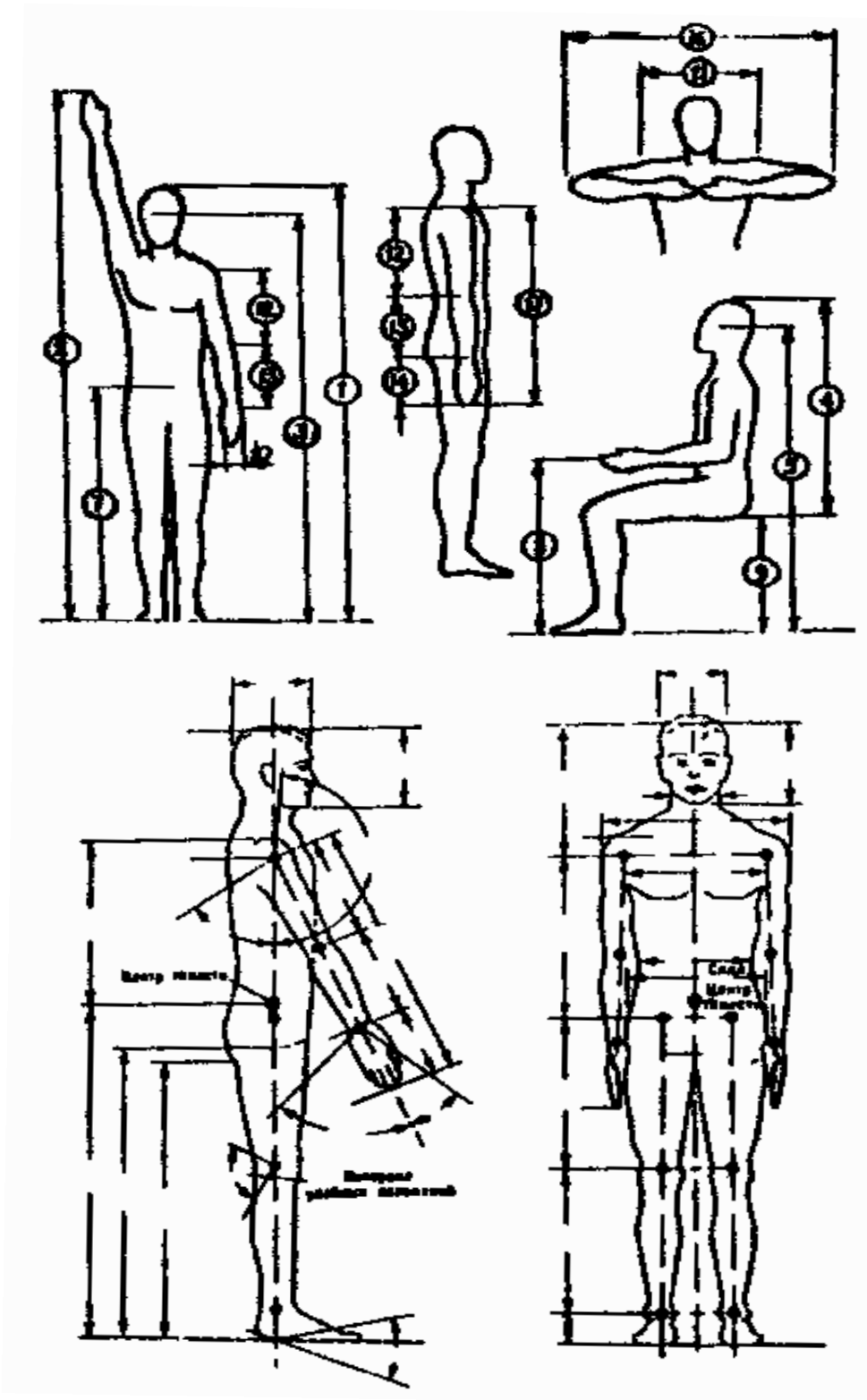
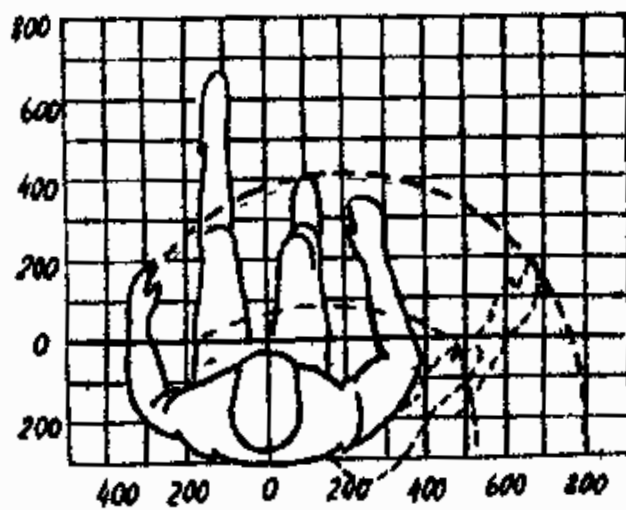
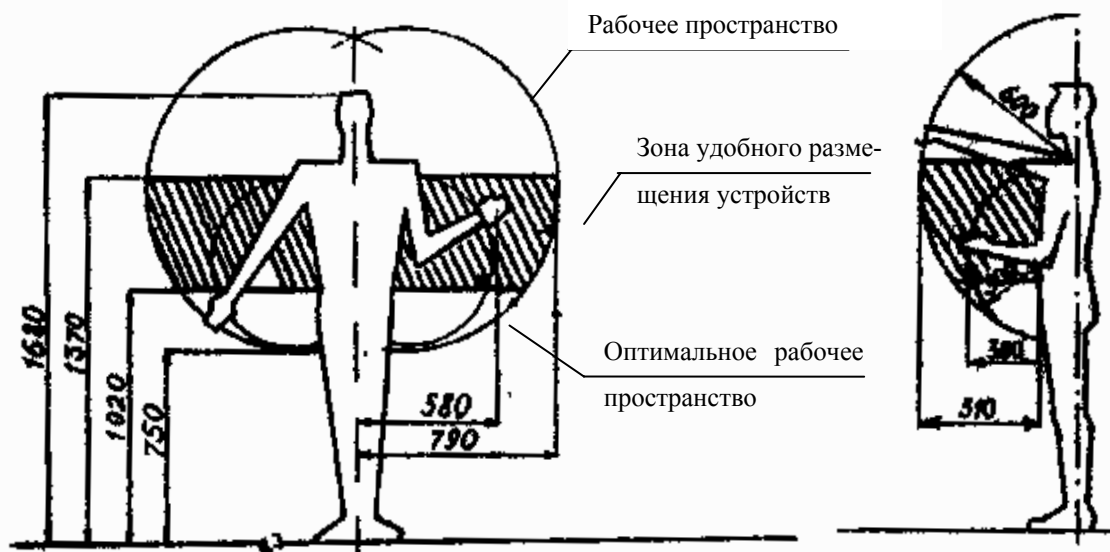


Рис. 15. Антропометрические характеристики оператора



а)



б)

Рис. 16. Рабочие зоны (для работы руками): а – в горизонтальной; б – вертикальной плоскостях

Поле зрения – это область рабочего пространства, видимая фиксированным взглядом. В зависимости от четкости восприятия объектов подразделяется на три основных зоны:

1) центрального зрения ($1,5 - 3^\circ$). Характеризуется наиболее четким восприятием предмета;

2) мгновенного зрения ($18 - 20^\circ$). В ее пределах возможно зрительное восприятие предмета при ограниченном времени рассматривания;

3) эффективной видимости ($30 - 40^\circ$). В ее пределах для четкого восприятия необходима концентрация внимания и достаточно большое время рассматривания. При угле зрения свыше 40° имеет место расплывчатое восприятие предметов.

При движении глаз и поворотах головы поле зрения расширяется. Зона видимости при неподвижной голове – 120° , а при поворотах – 220° .

Моторика, т. е. особенности движения глаз имеют следующие закономерности:

1) горизонтальные движения быстрее, точнее и менее утомительны, чем вертикальные;

2) прямолинейные контуры прослеживаются легче, чем криволинейные, а плавные переходы линий легче, чем ломаные.

Ввиду скачкообразного характера движения глаз целесообразны ритмические построения композиций. Исследования и практика показывают, что приборы и органы управления необходимо размещать в рабочем пространстве в соответствии с логикой трудовой деятельности оператора, при этом следует органы управления группировать:

1) по функциональному назначению;

2) критериям значимости;

3) с учетом особенностей приборов (точности, скорости считывания показаний и т. п.);

4) в соответствии с логикой управления;

5) в зависимости от частоты использования.

Цветовое оформление органов управления и индикаторов не должно быть монотонным. Они должны быть легко доступными, хорошо просматриваться и различаться, например по цвету. Наи-

более часто используемые приборы необходимо размещать в оптимальных зонах зрения и досягаемости. Эффективная работа водителя в системе «человек – автомобиль» возможна только при условии правильного решения конструкции, подбора, вида и размещения средств отображения информации (СОИ). Этой проблемой занимается раздел эргономики, который называется *инженерной психологией*.

Инженерная психология изучает взаимосвязи и взаимодействия человека и техники и связана с физиологией и в первую очередь с физиологией высшей нервной деятельности, с кибернетикой, математикой и рядом технических наук.

С точки зрения связи человека с СОИ их можно разделить на следующие группы: акустические, оптические, тактильные (осязаемые) и др.

Наиболее широко применяются оптические – 90 %, акустические – 10 %, тактильные – 1 %.

Основными видами оптических СОИ являются циферблатные индикаторы, сигнализаторы, электроннолучевые трубки, счетчики.

Наиболее часто для разнообразных видов отчета применяются циферблатные индикаторы. Их точность и надежность зависят от следующих факторов:

- 1) правильного выбора величины и исполнения шкалы;
- 2) исполнения цифр;
- 3) формы и цвета стрелки;
- 4) общего цветового решения циферблата.

Рекомендуемое исполнение шкал приведено на рис. 17.

Большое влияние на точность отчета влияет величина интервала между штрихами. Относительная погрешность велика при малых интервалах, с увеличением интервалов она уменьшается, а при величине интервала 10 – 15 мм остается почти постоянной и составляет примерно 4,4 %.

Качество отчета зависит от цифровых делений, при этом удобочитаемые шкалы, на которых деления оцифрованы числами 1, 2, 3, 4, 5 или 10, 20, 30, 40, длина оцифрованных штрихов должна быть в 1,5 – 2 раза больше не оцифрованных, которая равна примерно величине интервала шкалы.

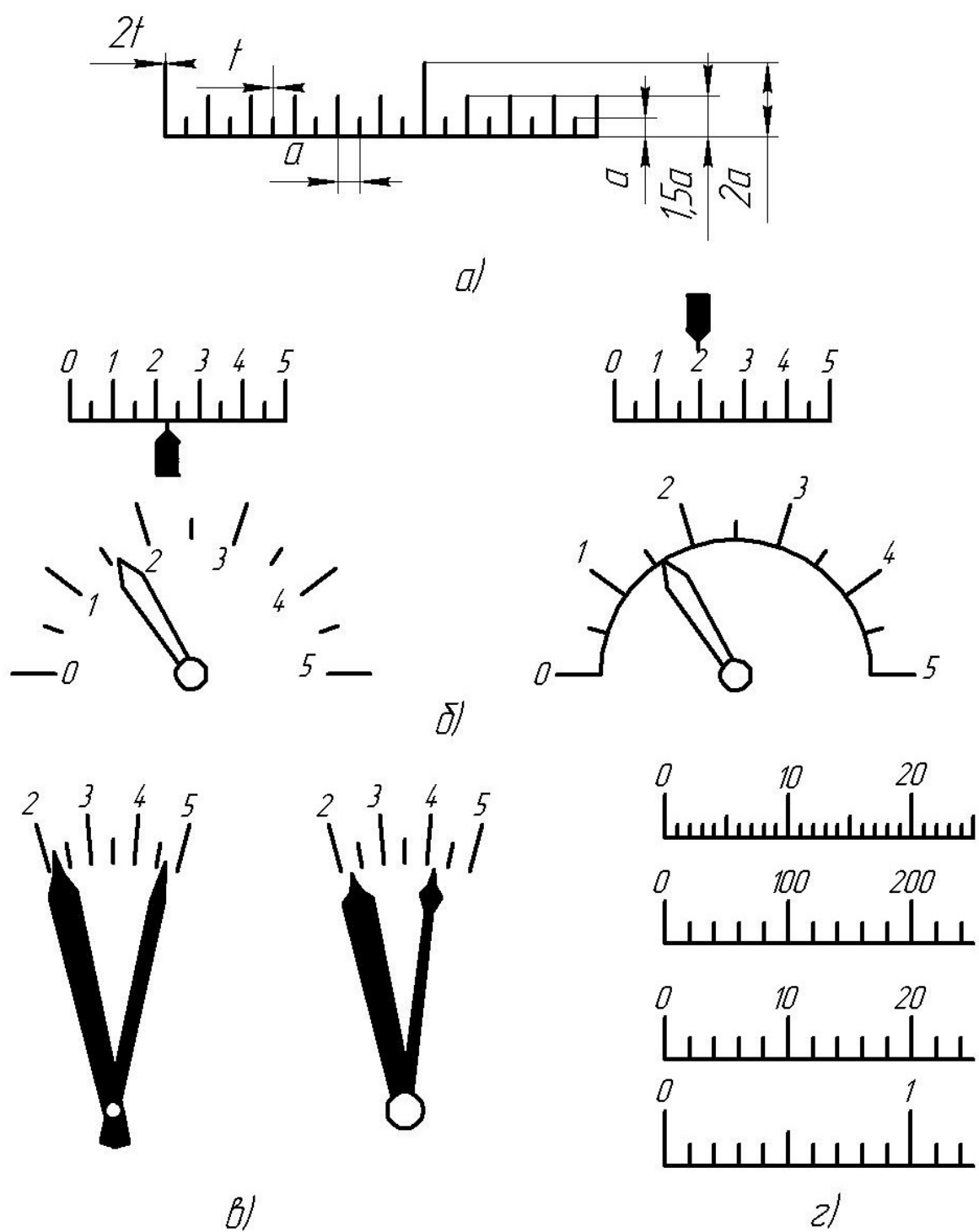


Рис. 17. Рекомендуемое исполнение шкал приборов: а – размеры штрихов; б – расположение цифр; в – конструкция стрелки; г – градуировка шкал

Слишком длинные штрихи, так же как и длинные линии, соединяющие концы штрихов, ухудшают удобочитаемость шкалы, понижают скорость и точность отчета.

Точность отчета сильно зависит от формы шкалы (рис. 18), так наибольший процент ошибок – до 35,5 % – наблюдается при вертикальной шкале, до 27,5 % – при горизонтальной, до 16,6 % – при полукруглой, до 10,5 % – при круглой. Наименьший процент ошибки в отчете 0,5 % имеет место у приборов со шкалой типа «окошко», однако такие шкалы применяются для наблюдения за медленно изменяющимися параметрами.

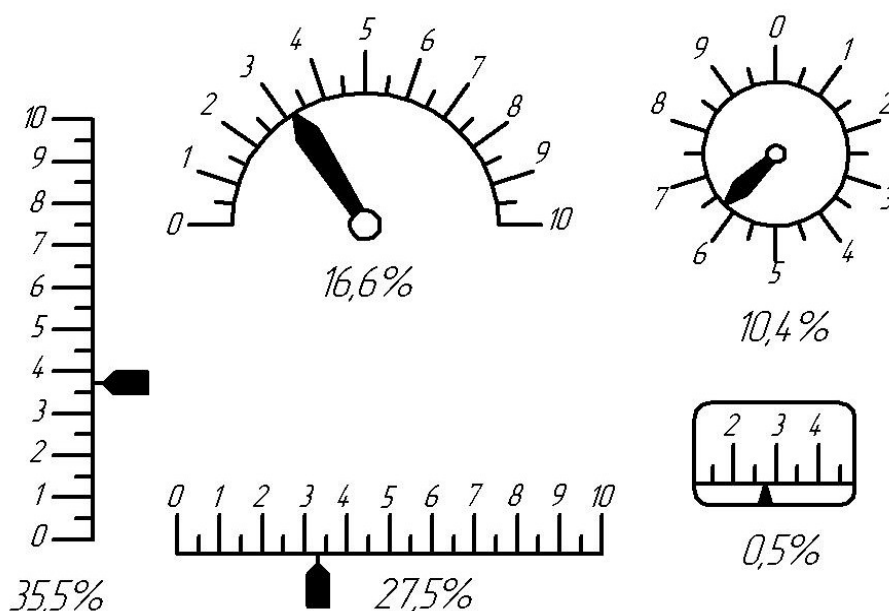


Рис. 18. Влияние формы шкалы на точность отсчета

Исполнение цифр оказывает влияние на точность и легкость отсчета показаний, причем четкость отдельных цифр уменьшается в следующем порядке: 1, 7, 0, 4, 3, 2, 9, 6, 5 и 8. Для черных цифр на белом фоне отношение высоты цифр к толщине ее линий рекомендуется в пределах 6:1, для белых линий на черном поле – 10:1, а для цифр с подсветкой – 30:1 – 40:1.

Стрелки для круглого циферблата выполняются с удлиненным концом, толщина которого равна ширине самого короткого деления шкалы, при этом конец стрелки, не должен ни касаться

штрихов деления, ни закрывать их. Расстояние между концом стрелки и началом штриха надо оставить в пределах от 0,5 до 1,5 мм.

Наибольшая четкость и точность отчета достигается, если между цифрами и циферблатом имеется как можно более резкий цветовой контраст. Если на циферблате несколько стрелок, то целесообразно придавать им различную окраску или форму.

При исследовании восприятия цифровой информации установлено, что наиболее часто ошибки возникают при опознании цифр, состоящих из кривых линий. Для уменьшения ошибок разработаны специальные шрифты, в которых используются только прямолинейные элементы.

Важным элементом художественного конструирования является цветовое оформление прибора. Научкой доказано и практикой подтверждено, что правильное использование цвета уменьшает утомляемость, повышает производительность и снижает травматизм. Развитие цветоведения началось с открытия И. Ньютона, который разложил белый солнечный цвет в спектр из семи цветов. Ньютон построил цветовой круг, в который вошли десять цветов. В производственной практике обычно используются восемь наиболее важных цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый и пурпурный.

Все возможные цвета составляют цветное тело (рис. 19), сечением которого получают цветовой атлас. В нашей стране принят цветовой атлас Рабкина.

Для четкой видимости элементов приборов большое значение имеет правильно подобранные цветовой и яркостной контрасты. Цветовой контраст будет тем резче заметен, чем больше отличаются друг от друга цветовые тона двух сравниваемых цве-

тов. Яркостной контраст определяется из выражения $K = \frac{r_1 - r_2}{r_1}$,

где r_1 и r_2 – коэффициенты яркости двух сравниваемых пятен.

Измерять коэффициенты яркости можно с помощью ахроматической шкалы, которая охватывает коэффициенты яркости от 0,87 до 0,04. Яркостной контраст разделяется на следующие пары:

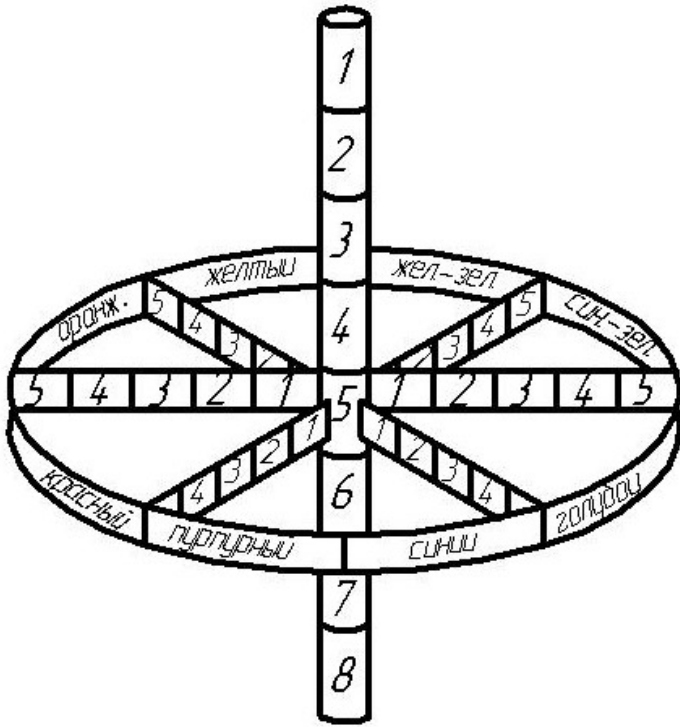


Рис. 19. Схема построения цветового тела

1) заметный контраст = 0,20 – 0,25;

2) хорошо заметный контраст = 0,45 – 0,50;

3) резко заметный контраст = 0,70 – 0,75.

Величину яркостного контраста можно определить по графику Ф.Ф. Хизелова (рис. 20).

В информационных устройствах и приборах используется область резко заметного контраста.

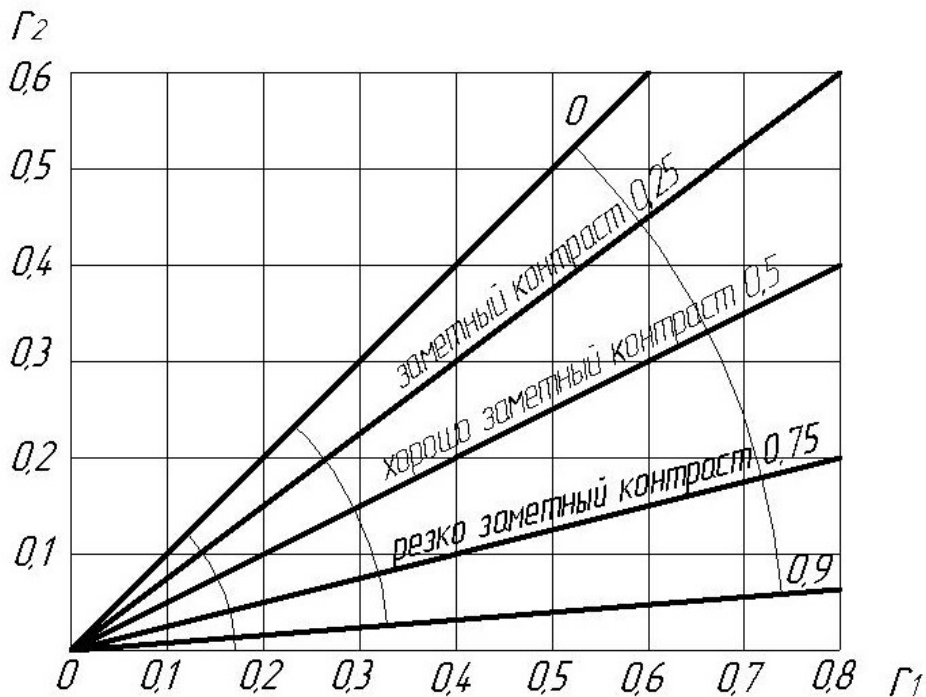


Рис. 20. График яркостного контраста Ф.Ф. Хизелова
Лабораторная работа № 5

ТЕРМОМЕТРЫ

Цель работы:

1. Изучить устройство и действие термометров, основанных на различных физических принципах (рассматриваются манометрические, паровые, резистивные, термоэлектрические термометры и жидкостные термометры расширения).

2. Экспериментально определить погрешности термометров.

1. Манометрические паровые термометры

Действие манометрических паровых термометров основано на зависимости давления насыщенных паров жидкости от температуры. На рис. 21 приведены схемы манометрических паровых термометров с чувствительным элементом в виде трубчатой пружины и многовитковой (геликоидной) трубки.

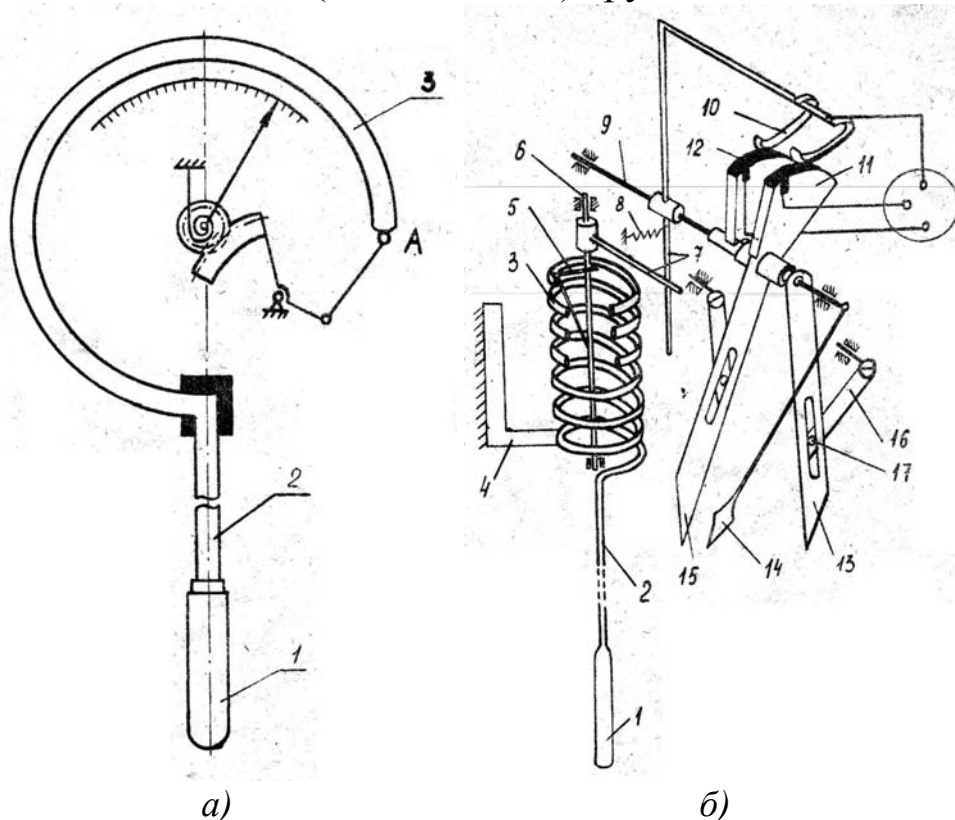


Рис. 21. Манометрические паровые термометры с разными чувствительными элементами: а – в виде трубчатой пружинки; б – в виде многовитковой трубки

Термоприёмник 1 заполняется низкокипящей жидкостью на $1/2 - 1/3$ объёма, остальную часть термоприёмника заполняет насыщенный пар этой жидкости. В диапазоне рабочих температур термометра в термоприёмнике всегда имеет место равновесие между жидкостью и её насыщенным паром.

Давление насыщенного пара однозначно зависит от температуры термоприёмника. Это давление измеряется манометрической частью прибора. Среда, заполняющая капилляр и манометрическую трубку, служит передатчиком давления, независимо от того, жидкая она или газообразная.

Особенность парового термометра состоит в том, что температура капилляра и манометрической трубки совершенно не влияет на величину давления в системе прибора. Действительно, если температура трубки и капилляра ниже температуры термоприёмника, то трубка и капилляр будут заполнены жидкостью (конденсатом), и тепловое расширение этой жидкости, а также капилляра и трубки не повлияет на величину давления, а приведёт только к увеличению или уменьшению объёма, занимаемого в термоприёмнике насыщенным паром. Если же температура капилляра и трубки выше температуры термоприёмника, то в капилляре и трубке будет ненасыщенный пар под давлением, равным давлению насыщенного пара в термоприёмнике.

Поэтому температурная погрешность манометрического парового термометра обусловлена только изменением жёсткости чувствительного элемента прибора. Принцип действия приборов с чувствительным элементом в виде трубчатой пружины основан на известном свойстве трубчатой криволинейной пружины с некруглым поперечным сечением (см. рис. 21, *a*) изменять свою кривизну при изменении избыточного давления или разряжения внутри трубки. Так как один конец трубки закреплён, то изменение кривизны сопровождается перемещением свободного конца по траектории, близкой к прямой. Это перемещение с помощью передаточного механизма преобразуется в поворот стрелки прибора.

Перемещение свободного конца тонкостенной одновитковой трубчатой пружины овального или плоскоовального сечения при создании избыточного давления P внутри трубки будет:

$$f = P \frac{1-\mu^2}{E} - \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{R^3}{bh} \cdot \frac{\alpha}{\beta + \gamma^2} \sqrt{(1 - \sin \gamma)^2 + (1 - \cos \gamma)^2}, \quad (4)$$

где μ – коэффициент Пуассона материала трубки (для латуни и стали $\mu = 0,3$);

E – модуль упругости материала трубки;

a, b – полуоси поперечного сечения трубки;

R – радиус кривизны трубки;

h – толщина стенки трубки;

γ – центральный угол трубки;

λ – главный параметр трубки;

α, β – безразмерные коэффициенты, величина которых зависит от формы поперечного сечения трубки и от отношения a/b .

Из формулы (4) видно, что характеристика трубки является линейной, причём чувствительность трубки $S = \frac{df}{dP}$ возрастает с увеличением радиуса трубки R , центрального угла трубки γ и отношения полуосей сечения a/b , уменьшением модуля упругости материала трубки E и толщины трубки h .

Формула (4) применима также для расчёта многовитковых трубок. Так как центральный угол γ многовитковых трубок велик, то можно без большой погрешности упростить уравнение (4):

$$f = P \frac{1-\mu^2}{E} \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{R^3}{bh} \cdot \frac{\alpha}{\beta + \gamma^2} \mu,$$

где $\gamma = 2\pi \frac{N}{A}$ – число витков трубки.

Для передачи движения конца манометрической трубки на стрелку применяются рычажные и рычажно-зубчатые механизмы. В паровых термометрах используется также поводковая передача. Её применение обусловлено тем, что давление насыщенных паров нелинейно зависит от температуры, а поводковой передачей удаётся линеаризировать эту зависимость.

Деформация манометрической трубки, как уже указывалось ранее, пропорциональна избыточному давлению насыщенных паров жидкости, т. е. разности давления паров и атмосферного давления. Поэтому изменение атмосферного давления приводит к появлению погрешности показаний прибора. Для уменьшения этой погрешности необходимо, чтобы давление насыщенных паров рабочей жидкости в диапазоне измеряемых температур было бы значительно выше атмосферного давления. Рабочая жидкость не должна быть агрессивной по отношению к материалам термopриемника, капилляра и манометрической трубки.

На рис. 21, б показана принципиальная схема манометрического парового термометра типа ТО. Термоприёмник 1 соединён капилляром 2 с многовитковой манометрической трубкой 3. Трубка прикреплена одним концом к кронштейну 4, а другим – к поворотной скобе 5, закрепленной на оси 6. Поводковая передача 7 образует поворот оси 6 в поворот оси 9, несущей показывающую стрелку 11. Замыкание поводковой передачи производится пружиной 8. С осью стрелки жёстко связаны контактные щетки 10, скользящие по двум секторам 11, несущим на части своей дуги контактные ламели 12. Секторы соединены с красным и жёлтым указателями 15 и 13. Рычагом 16 и установочными винтами 17 указатели можно установить на любые отметки шкалы. При повышении температуры, когда стрелка совпадает с жёлтым указателем, замыкается соответствующий контакт 12 с контактной щёткой 10; при дальнейшем движении стрелки замыкается и второй контакт, когда стрелка совпадает с красным указателем. Замыкание контактов используется для приведения в действие системы сигнализации и регулирования температуры объекта.

2. Резистивные термометры (термометры сопротивления)

Чувствительный элемент термометра сопротивления представляет собой проволочный или полупроводниковый терморезистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от температуры (рис. 22).

Зависимость электрического сопротивления проволочного терморезистора от температуры (статическая характеристика) в малом диапазоне температур близка к линейной:

$$R = R_0(1 + \alpha\theta),$$

где R_0 – сопротивление при $0\text{ }^\circ\text{C}$;

α – температурный коэффициент электрического сопротивления;

θ – температура, $^\circ\text{C}$.

Чувствительность терморезистора

$$S = \frac{dR}{d\theta} = R_0\alpha.$$

При изменении температуры в широких пределах зависимость R от θ не линейна.

При оценке средней чувствительности пользуются средним значением температурного коэффициента $\alpha_{\text{ср}}$, вычисленным для определенного интервала температур, например от 0 до $100\text{ }^\circ\text{C}$.

$$\varepsilon = \frac{R_\theta - R_{20}}{R_{20}} 100\%,$$

где R_θ – сопротивление при температуре $\theta\text{ }^\circ\text{C}$; R_{20} – сопротивление при $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Для изготовления проволочных терморезисторов применяют чистые металлы, поскольку они имеют большее значение температурного коэффициента, чем сплавы металлов. В табл. 2 приведены характеристики наиболее употребительных материалов проволочных терморезисторов.

У медного терморезистора при изменении температуры от -150 до $+180\text{ }^\circ\text{C}$ сохраняется линейная зависимость R от θ , причем $\alpha = 4 \cdot 26 \cdot 10^{-3}$ (1/град).

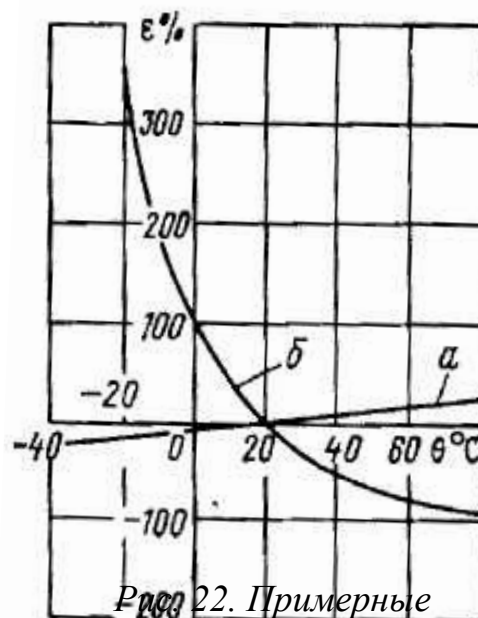


Рис. 22. Примерные характеристики термосопротивлений: а – проволочного; б – полупроводникового

У платинового терморезистора в диапазоне температур от – 200 до 0 °С.

Таблица 2

Характеристики материалов проволочных терморезисторов

Металл	Удельное сопротивление, (Ом·мм ²)/м	Средний температурный коэффициент электрического сопротивления для интервала 0 – 100 °С, 1/град	Температурный предел измерения, °С	
			нижний	верхний
Платина	0,0981	$3,91 \cdot 10^{-3}$	– 250	+1250
Медь	0,018	$4,25 \cdot 10^{-3}$	– 150	+180
Никель	0,12	$6,4 \cdot 10^{-3}$	– 200	+300

$$R = R_0 \left[1 + A\theta + B\theta^2 + C(\theta - 100)\theta^3 \right],$$

а в диапазоне от 0 до + 650 °С

$$R = R_0 (1 + A\theta + B\theta^2),$$

где $A = 3,96847 \cdot 10^{-3}$ (1/град);

$$B = -5,847 \cdot 10^{-7} \text{ (1/град}^2\text{)};$$

$$C = -4,22 \cdot 10^{-12} \text{ (1/град}^4\text{)}.$$

Для никеля зависимость R от θ еще более сложна.

Полупроводниковые терморезисторы (ПТР) имеют обратную зависимость R от θ : с увеличением температуры сопротивление падает по экспоненциальному закону (см. кривую б на рис. 22):

$$R = Ae^{\frac{B}{T}},$$

где T – абсолютная температура;

A, B – коэффициенты, зависящие от материала и размеров ПТР.

Вследствие существенной нелинейности статической характеристики температурный коэффициент ПТР в большой степени зависит от температуры:

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} = -\frac{B}{T^2}.$$

В справочных данных обычно приводятся значения R и α при 20 °С.

В табл. 3 приведены характеристики некоторых полупроводниковых терморезисторов.

Таблица 3

Характеристики некоторых ПТР

Тип ПТР	R_{20} , кОм	α_{20} , 1/град	B , °К	θ_{\max} , °С
ММТ-1, ММТ-4, ММТ-5	1 – 200 20	$-(2,4 - 3,4) \cdot 10^{-2}$	2060 – 2920	120
КМТ-1, КМТ-4	– 1000	$-(2,4 - 3,4) \cdot 10^{-2}$	3880 – 5150	180

Пользуясь табличными данными, можно определить R при любой температуре по формуле

$$R = R_{20} e^{\frac{B(293-T)}{293T}}$$

На рис. 23 даны схемы термометров сопротивления. Прибор состоит из датчика и указателя, соединенных между собой по электрической схеме (рис. 23, а).

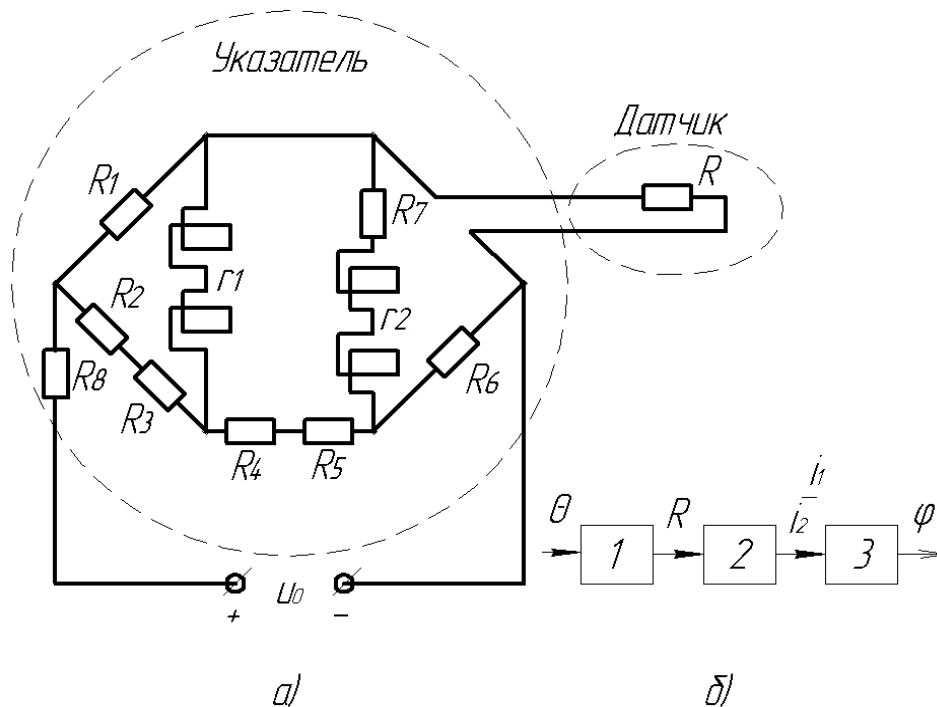


Рис. 23. Схемы термометра сопротивления: а – электрическая; б – структурная; 1 – датчик; 2 – электрическая цепь; 3 – логометр; θ – температура; R – сопротивление датчика; r_1 и r_2 – сопротивления рамок логометра; $R_1 - R_8$ – постоянные сопротивления электрической цепи; i_1/i_2 – отношение токов; φ – угол отклонения стрелки

На рис. 24 показана конструкция терморезисторного датчика, входящего в комплект унифицированного термометра сопротивления.

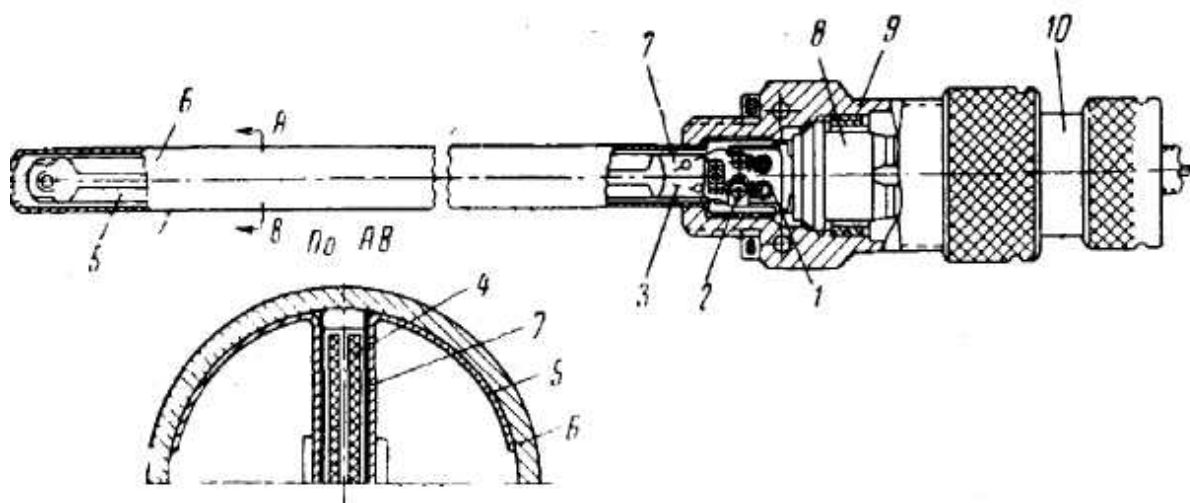


Рис. 24. Конструкция терморезисторного датчика температуры: 1 – добавочное манганиновое сопротивление; 2 – клемма; 3 – выводной конец никелевой теплочувствительной обмотки; 4, 7 – слюдяные прокладки; 5 – теплопроводящая металлическая пластина; 6 – защитный корпус; 8 – штепсельная вилка; 9 – головка; 10 – ответная часть штепсельного разъема

Теплочувствительный элемент выполнен из никелевой проволоки диаметром 0,05 мм, намотанной на слюдяной пластинчатый каркас и защищенной от механических повреждений тонкостенным цилиндрическим корпусом из нержавеющей стали.

Для лучшей передачи тепла между стенками корпуса и никелевой проволокой помещены теплопроводящие серебряные пластины, изолированные от проволоки тонкими слюдяными прокладками. Корпус датчика снабжен утолщенной головкой с резьбой, предназначенной для крепления датчика. В головке датчика расположены штепсельный разъем и добавочное манганиновое сопротивление, включаемое последовательно с никелевой обмоткой. Добавочное сопротивление предназначено для приведения температурного коэффициента датчика к стандартному значению с целью обеспечения взаимозаменяемости датчиков (вследствие значительного влияния примесей температурный коэффициент электрического сопротивления никеля имеет слишком большой разброс).

3. Термоэлектрические термометры

Чувствительный элемент термоэлектрического термометра (термопары) состоит из двух разнородных электродов A и B , соединенных между собой путем спайки, сварки или сплавления (рис. 25, a).

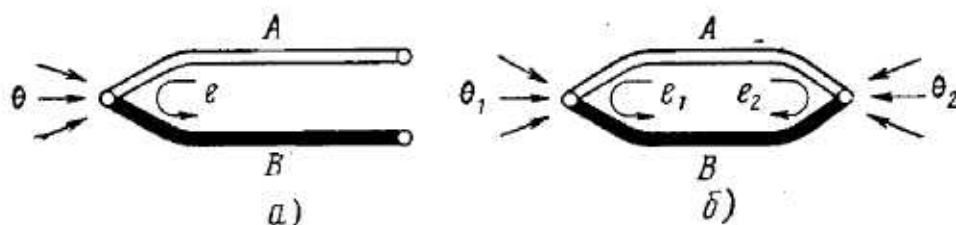


Рис. 25. Схема термопары: a – разомкнутой; b – замкнутой

Действие термопары основано на зависимости контактной разности потенциалов, возникающей между проводниками A и B , от температуры места соединения и свободных концов.

Контактная разность потенциалов возникает как между проводниками, изготовленными из металлов, так и между полупроводниками.

Принцип действия термопары можно объяснить следующим образом: энергия свободных электронов не одинакова в различных проводниках и по-разному возрастает с повышением температуры. Если вдоль проводника существует перепад температуры, то электроны на горячем конце приобретают более высокие энергии и скорости, чем на холодном. В результате этого возникает поток электронов от горячего конца к холодному, и на холодном конце накапливается отрицательный заряд. Процесс накопления заряда продолжается до тех пор, пока возникшее падение потенциала не создает встречный поток электронов, равный первичному потоку, вызванному различием тепловых скоростей. Разность таких падений потенциала в двух проводниках, образующих термопару, и обуславливает возникновение термоЭДС.

Зависимость контактной разности потенциалов от температуры не связана с формой и геометрическими размерами электродов, а определяется только материалами, из которых они изготовлены.

Место соединения проводников с более высокой температурой (θ_1) называется рабочим спаем, а с более низкой (θ_2) – свободным спаем (в практике измерений их называют также горячим и холодным спаями).

Таким образом, термоэлектродвижущая сила зависит от температур горячего и холодного спаев. Существует аналитическая зависимость $e(\theta_1, \theta_2)$, полученная методами квантовой физики. Однако эта зависимость является весьма приближенной, поэтому на практике пользуются данными, полученными экспериментально для различных металлов и сплавов. Они приводятся в виде таблиц в справочниках физических величин. Для сокращения объема справочных данных значения термоЭДС обычно приводятся для различных металлов и сплавов, соединенных в паре с нормальным термоэлектродом, в качестве которого выбрана платина, причем температура холодного спая (θ_2) принимается равной 0°C . Вычисление термоЭДС, развиваемой при температурах горячего и холодного спаев (θ_1) и (θ_2) термопарой, составленной из любых двух проводников A и B , выполняют по формуле

$$e_{AB}(\theta_1, \theta_2) = e_{AC}(\theta_1, \theta_2) - e_{BC}(\theta_1, \theta_2),$$

где $e_{AC}(\theta_1, \theta_2)$ и $e_{BC}(\theta_1, \theta_2)$ – значения ЭДС при соединении проводников A и B с нормальным термоэлектродом C (платиной).

Например, если по справочным данным найдено, что при температуре горячего спая $\theta_1 = 400^\circ\text{C}$ и температуре холодного спая $\theta_2 = 0^\circ\text{C}$ ЭДС меди в паре с платиной будет

$$e_{\text{плат}}^{\text{медь}}(400^\circ, 0^\circ) = 4,64 \text{ мВ},$$

а константана в паре с платиной

$$e_{\text{плат}}^{\text{конст}}(400^\circ, 0^\circ) = -15,4 \text{ мВ},$$

то ЭДС термопары, составленной из меди и константана, будет равна

$$e_{\text{конст}}^{\text{медь}}(400^\circ, 0^\circ) = e_{\text{плат}}^{\text{медь}}(400^\circ, 0^\circ) - e_{\text{плат}}^{\text{конст}}(400^\circ, 0^\circ) = 4,64 - (-15,4) = 20,04 \text{ мВ}.$$

Для получения наибольшей ЭДС целесообразно выбрать два материала, которые дают в паре с платиной ЭДС различного знака, возможно большую по абсолютной величине.

На летательных аппаратах применяется несколько разновидностей термоэлектрических термометров, отличающихся типом термопар, электрические схемы которых приведены на рис. 26.

Термометр, предназначенный для измерения температуры головок цилиндров поршневых авиадвигателей воздушного охлаждения, рассчитан на диапазон измерения от -50 до $+350$ °С и состоит из термопары и указателя, соединенных между собой по схеме на рис. 26, а.

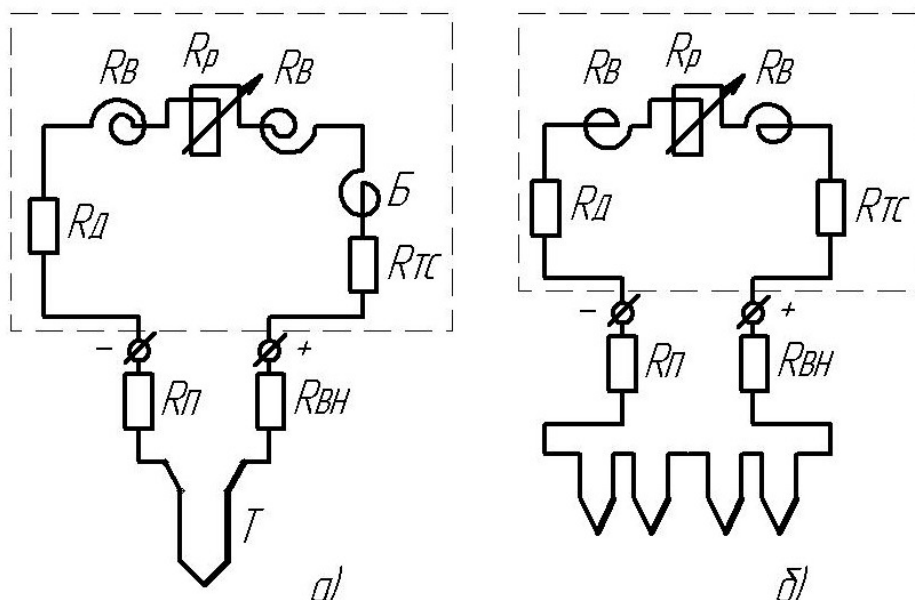


Рис. 26. Электрические схемы термоэлектрических термометров: а – с одной термопарой; б – с четырьмя последовательно соединенными термопарами: R_B – сопротивление волоска; R_p – сопротивление рамки; B – биметаллический корректор; $R_Д$ – добавочное сопротивление; $R_{Тс}$ – термосопротивление; $R_П$ – сопротивление проводов; $R_{ВН}$ – внутреннее сопротивление

Конструкция термопары для поршневых двигателей показана на рис. 27.

Термоэлектроды, изготовленные из хромеля и копеля, впаяны в медную шайбу 1, которая служит для крепления термопары

под свечой зажигания поршневого авиадвигателя и играет роль теплоприемника. Концы термоэлектродов соединяются наконечниками 2 и 3 с многожильными соединительными проводами из того же материала, что и термоэлектроды. Соединительные провода заканчиваются штепсельным разъемом, внутри которого расположено подгоночное сопротивление (несколько витков манганиновой проволоки), с помощью которого достигается постоянство суммарного сопротивления термопары и соединительных проводов (провода выпускаются различной длины).

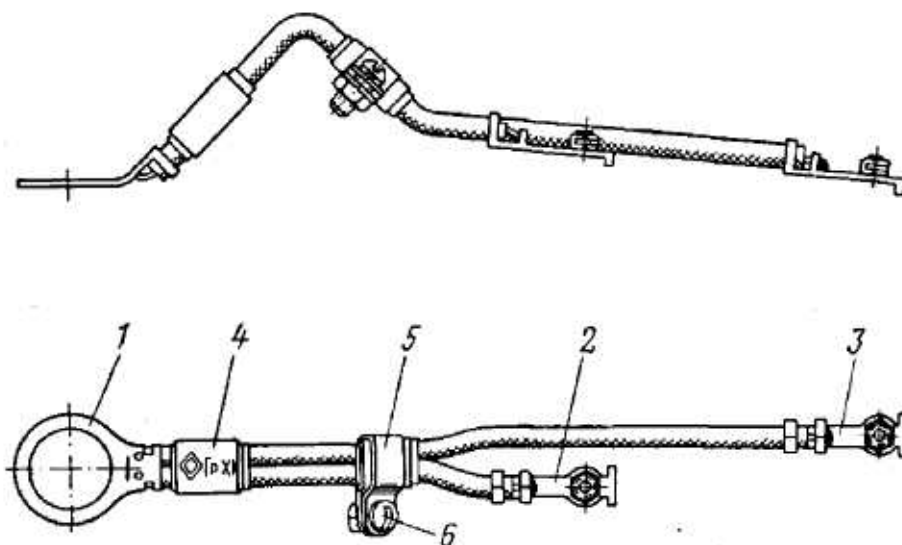


Рис. 27. Конструкция термопары для поршневых двигателей:
1 – шайба; 2, 3 – наконечники; 4, 5 – скобы; 6 – винт

4. Жидкостные термометры расширения

Принцип действия данных жидкостных терморезисторов основан на объемном расширении жидкости при увеличении температуры. Это надежные, простые по конструкции приборы. Их описание приводить не будем, так они хорошо известны каждому студенту по медицинским приборам.

5. Описание лабораторной установки

Лабораторный стенд состоит из манометрического парового резистивного, термоэлектрического термометров и жидкостного

термометра расширения. Теплоприемники термометров помещены в сосуд с водой, там же смонтирован нагреватель, состоящий из двух резисторов.

Показания парового термометра снимаются с вторичного прибора, вмонтированного в стену. В этом приборе имеется контактная группа, подключенная к сигнальным лампочкам, что позволяет сигнализировать об установленных минимальной и максимальной температурах.

Показания резистивного термометра снимаются с указывающего прибора КСДЗ.

Показания термоэлектрического термометра фиксируется многоканальным микропроцессорным регулятором серии МЕТАКОН.

6. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с общими сведениями настоящих методических указаний.
2. Включить сеть и нагреватель.
3. Снимать показания термометров через каждые 5 °С.
4. Построить графики зависимостей абсолютной погрешности термометров от температуры воды в сосуде, принимая, что погрешность жидкостного термометра минимальна.

7. Содержание отчета

1. Физические принципы, используемые при проектировании термометров.
2. Кинематические и электрические схемы различных видов термометров.
3. Недостатки и преимущества каждого из видов термометров.
4. Проведите анализ графиков зависимости абсолютной погрешности от температуры.

8. Контрольные вопросы

1. Физические принципы используемые при проектировании термометров.
2. Кинематические и электрические схемы резистивных видов термометров.
3. Недостатки и преимущества каждого из видов термометров.
4. Проведите анализ графиков зависимости абсолютной погрешности от температуры.

Лабораторная работа № 6 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ ТАХОМЕТР С МАГНИТНЫМ ИНДУКЦИОННЫМ УЗЛОМ

Цель работы: изучить принцип действия и устройство электрического дистанционного тахометра с магнитным индукционным узлом. Выполнить градуировку тахометра и определить коэффициент пересчёта шкалы тахометра.

Рассматривается устройство и принцип действия электрического дистанционного тахометра с магнитным индукционным узлом. Приводится методика исследования и градуировки тахометров.

1. Общие сведения

Измерение угловой скорости (частоты вращения) имеет большое значение в технике, например для контроля работы двигателей, турбин и других механизмов. Единицей угловой скорости является радиан в секунду, в технике при измерении скоростей вращения валов двигателей, шпинделей станков и других механизмов в качестве единиц измерения обычно используется оборот в минуту. Между угловой скоростью ω , измеренной в радианах в секунду, и числом оборотов в минуту существует зависимость

$$n = \frac{30\omega}{\pi};$$

$$\frac{\omega R}{c} = \frac{\pi n}{30} \text{ об/мин.}$$

Один оборот в секунду равен частоте вращения 1Гц. Приборы для измерения угловой скорости вращения валов машин и механизмов называются тахометрами.

2. Устройство магнитного тахометра

Действие магнитного тахометра основано на электромагнитной индукции. Принципиальная схема магнитного тахометра приведена на рис. 28. Постоянный магнит 4 прикреплён на приводном валике 5 и вращается вместе с ним. В поле магнита находится колпачок из немагнитного материала с хорошей электропроводимостью (медь, алюминий). При вращении магнита вращается и его магнитное поле, в материале колпачка наводятся индукционные токи. Эти токи, взаимодействуя с вращающимся полем магнита, создают момент относительно оси колпачка, увлекающий колпачок во вращательное движение в одном направлении с магнитом. Ось, на которой укреплены колпачок 3 и стрелка 1, удерживается пружиной 2. При повороте оси пружина закручивается и создаёт противодействующий момент, пропорциональный углу закручивания: $M_{\Pi} = M_0 \alpha$, где M_0 – коэффициент жёсткости пружины.

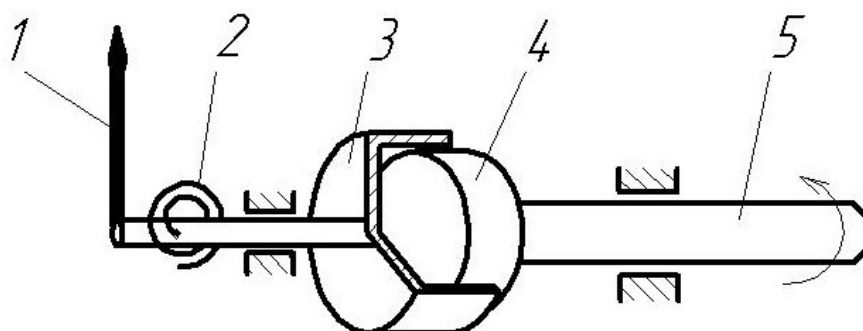


Рис. 28. Принципиальная схема магнитного тахометра

Ось с колпачком и стрелкой повернется в направлении вращения магнита на такой угол, при котором противодействующий

момент пружины будет уравновешивать увлекающий индукционный момент: $M_y = kn$, где k -коэффициент пропорциональности; n -число оборотов приводного валика тахометра в минуту. Из условия равенства противодействующего и увлекающего моментов получаем статическую характеристику магнитного узла тахометра $\alpha = \frac{k}{M_0}n$. Следовательно, угол поворота стрелки пропорционален измеряемой угловой скорости и шкала прибора равномерная. Величина коэффициента пропорциональности k зависит от параметров магнита и колпачка.

Один из основных способов повышения чувствительности $S = \frac{d\alpha}{dn}$ и устойчивости против тряски магнитного узла тахометра – увеличение увлекающего момента (коэффициента k). Для этого нужно:

- 1) постоянный магнит изготавливать из материала с большой индукцией (сплавы альнико, альниси);
- 2) уменьшать удельное сопротивление колпачка (алюминиевые сплавы);
- 3) увеличивать частоту вращения магнита за счет мультипликатора, устанавливаемого между осью, частота вращения которой измеряется, и осью постоянного магнита.

Магнитному тахометру свойственна температурная погрешность, вызываемая изменением удельного электрического сопротивления материала колпачка ρ , модуля упругости пружины E и магнитной индукции γ . $\frac{\chi^n}{n} = (2\gamma - \lambda - \beta)(t - t_0)$ где χ – температурный коэффициент модуля упругости материала пружины; β – температурный коэффициент электрического сопротивления колпачка.

При повышении температуры индукция применяемых магнитных материалов уменьшается ($\gamma < 0$), электрическое сопротивление материала колпачка возрастает ($\beta > 0$), и модуль упругости пружины убывает ($\lambda < 0$). Первые два фактора вызывают

уменьшение увлекающего момента с возрастанием температуры и, следовательно, уменьшение показаний тахометра, а изменение модуля упругости пружины наоборот вызывает увеличение показаний тахометра с повышением температуры. Поэтому подбором материалов магнита, колпачка и пружины можно свести к минимуму температурную погрешность. Например, если магнит изготовлен из сплава альнико, колпачок – из алюминия, а пружина – из фосфористой бронзы, то погрешность магнитного узла тахометра при изменении температуры на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ составит $\gamma_1 = 0,36\%$, т. е. если температура повысится на $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, то погрешность показания будет около 7% .

При изготовлении колпачка из марганцовистой бронзы Бр.Мц 3 – 4 погрешность $\gamma_1 = 0,008\%$. Уменьшать температурную погрешность можно применением термомагнитного шунта.

Входной вал тахометра соединяется с валом, скорость которого необходимо измерить либо непосредственно, либо при помощи гибкого соединительного валика (тросика) длиной до $1 - 3\text{ м}$. В тех случаях, когда расстояние от места установки тахометра (приборный шиток) до вала, скорость которого необходимо измерить, велико, и гибкий валик не может обеспечить надёжной связи или прокладка гибкого валика затруднительна по конструктивным соображениям, применяется электрическая связь между тахометром и валом, скорость которого необходимо измерить.

3. Устройство и действие электрического дистанционного тахометра с магнитным индукционным узлом

Магнитный тахометр с электроприводом представляет собой два синхронно работающих узла. Один из них – датчик, устанавливаемый на валу, частоту вращения которого измеряют.

Второй узел – это указатель, состоящий из магнитного узла тахометра и трёхфазного синхронного двигателя с постоянным магнитом в роторе. Входной вал магнитного узла тахометра конструктивно является продолжением вала синхронного двигателя.

Указатель и датчик соединены электрической линией связи. Блок-схема тахометра с электрической связью приведена на рис. 29.

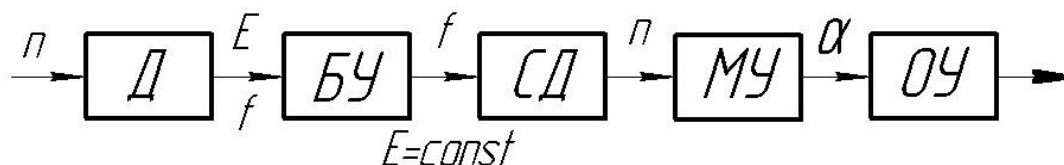


Рис. 29. Блок-схема тахометра с электронной связью

Входной величиной является частота вращения вала датчика. Датчиком чаще всего служит синхронный генератор с постоянным магнитом в роторе. Эффективное значение ЭДС генератора $E = \sqrt{2}\omega\phi pn$, где E – ЭДС; ω – число витков обмотки статора; ϕ – магнитный поток пары полюсов; n – частота вращения ротора.

Следовательно, эффективное значение ЭДС пропорционально частоте вращения ротора.

Частота переменного тока зависит от частоты вращения $f = \frac{pn}{60}$.

Для нормальной работы синхронного двигателя (СД) необходимо, чтобы амплитуда переменного напряжения, подаваемая на её обмотки, была постоянной и не зависела от частоты вращения ротора датчика (см. рис. 29).

Для обеспечения этого требования синхронный двигатель тахометра питается от блока управления (БУ), преобразующего переменное трехфазное напряжение, вырабатываемое датчиком, в переменное трёхфазное напряжение той же частоты, как и входное напряжение, но постоянной амплитуды.

Синхронный двигатель с укрепленным на его валу магнитом магнитного узла (МУ) тахометра вращается с той же угловой скоростью n , что и вал датчика. Увлекающий момент действует на колпачок и поворачивает его вместе со стрелкой на угол α . Показания отсчетного устройства (ОУ) (Π – положение стрелки на шкале) умножают на коэффициент пересчета (КП) и получают частоту вращения вала, которую необходимо измерить.

На рис. 30 приведена принципиальная электрическая схема тахометра типа ТХ 147 с синхронным генератором и синхронным двигателем.

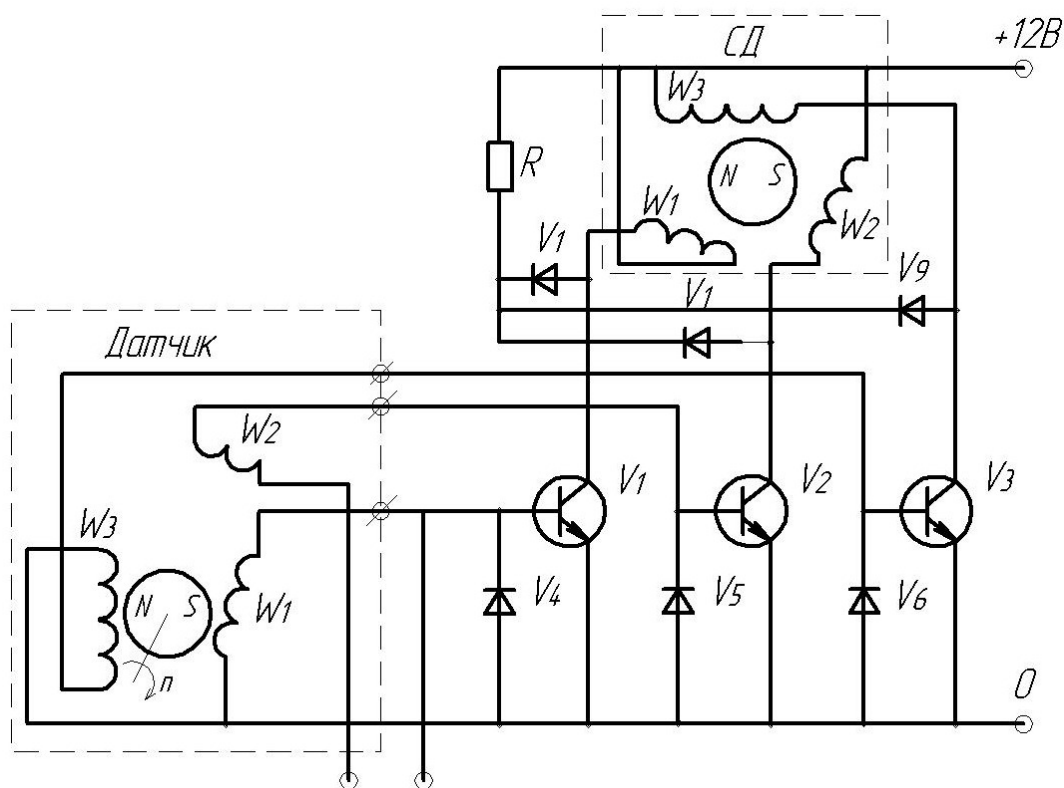


Рис. 30. Принципиальная электрическая схема тахометра типа ТХ 147

Переменное трёхфазное напряжение с обмоток датчика W_1 , W_2 , W_3 подаётся на базы транзисторов соответственно V_1 , V_2 , V_3 . Во время положительного полупериода ток, протекающий через базовый переход, например транзистора V_1 , открывает его переход, и от источника питания через обмотку W_1 синхронного двигателя, включённую в коллекторную цепь транзистора, тоже начинает протекать ток.

По окончании положительного полупериода транзистор V_1 закрывается, и обмотка W_1 синхронного двигателя обесточивается. Диод V_1 и резистор R , включённые параллельно обмотке W_1CD , уменьшают выброс отрицательного напряжения, возникающего в обмотке в момент прекращения тока через неё, и тем самым предотвращают возможность пробоя транзистора большим отрицательным напряжением на коллекторе.

Во время отрицательного полупериода напряжение подается на базу транзистора V_1 , открывается диод V_4 и шунтируется базовый переход, защищая его от опасного перенапряжения отрицательной полярности. Аналогичным образом протекают процессы в других фазах (транзисторы V_1 и V_3). В результате на обмотки синхронного двигателя подается трехфазное напряжение прямоугольной формы с частотой, равной частоте напряжения, вырабатываемого датчиком. Таким образом, частота вращения ротора синхронного двигателя равна частоте вращения ротора датчика. Электрическая связь между датчиком и двигателем позволяет располагать указатель на любом расстоянии от датчика.

4. Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд (рис. 31) состоит из блоков питания (БП), электродвигателя (ЭД), частота вращения которого измеряется, и электрического дистанционного тахометра (Т) с магнитным индукционным узлом. Частота вращения электродвигателя регулируется. Частотомер (Ч) и осциллограф (Осц) можно подключить к одной из статорных катушек датчика (Д) тахометра.

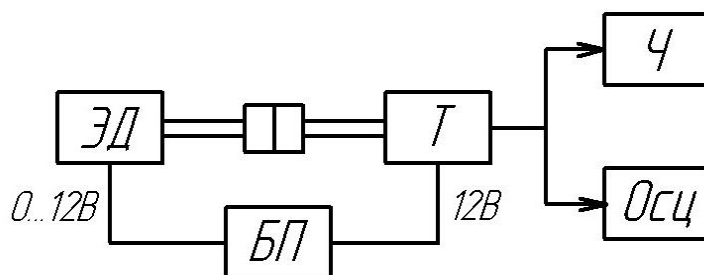


Рис. 31. Лабораторный стенд

5. Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть методических указаний.
2. Включить осциллограф и частотомер и подключить их к стенду.
3. Установить регулятор числа оборотов электродвигателя в крайнее левое положение, а переключатель «Указатель» – в положение 1 и включить стенд.

4. Плавно увеличивая частоту вращения двигателя, вращающего датчик тахометра, зарегистрировать не менее 10 показаний частотомера f и тахометра П. Результат занести в табл. 4.

Таблица 4

Определяемые величины	Деления шкалы			
	5	7	10	...
F , Гц	Опыт 1 Опыт 2			
$f_{\text{ср}}$, Гц				
N , об/мин				
$K_{\text{П}}$, $\frac{\text{об/мин}}{\text{дел.шкалы}}$				
$(K_{\text{П}})_{\text{ср}}$ $\frac{\text{об/мин}}{\text{дел.шкалы}}$				
$\Delta = \frac{\text{П}(K_{\text{П}})_{\text{ср}} - n}{n} 100 \%$				

5. Повторить п. 4 для каждого показания тахометра П пять раз.

6. Вычислить среднее значение $f_{\text{ср}}$ для каждого показания тахометра.

7. Определить истинную частоту вращения n электродвигателя (датчика) по значениям $f_{\text{ср}}$ при $P = 2$.

8. Построить тарировочный график тахометра $\text{П} = \Phi(n)$.

9. Определить коэффициент пересчета $K_{\text{П}}$ для каждого показания тахометра.

10. Вычислить среднее значение коэффициента пересчета $(K_{\text{П}})_{\text{ср}}$ для всего диапазона шкалы тахометра.

11. Вычислить относительную погрешность тахометра и построить график $\Delta = f(n)$. Результаты вычислений занести в табл. 4.

12. Зарисовать осциллограммы сигнала с датчика тахометра при малых и больших частотах вращения. Объяснить изменения осциллограмм.

6. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема тахометра.
3. Таблица экспериментальных и расчетных данных. Тарировочный график и график относительной погрешности.
4. Осциллограммы.
5. Выводы по работе.

7. Контрольные вопросы

1. Как влияет температура на работу магнитного узла тахометра?
2. Способы уменьшения погрешности магнитного узла тахометра от температуры.
3. Как можно отрегулировать магнитный узел тахометра, если тахометр показывает завышенные значения измеряемой частоты вращения?
4. Структурная схема электрического дистанционного тахометра и назначение каждого блока.
5. Работа БУ тахометра.
6. Как можно уменьшить влияние трясок и вибраций на показания тахометра?
7. Как влияет трение в опорах колпачка на показания тахометра?
8. Какова характеристика тахометра?

Лабораторная работа № 7 АВТОМОБИЛЬНЫЙ МАНОМЕТР

Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия автомобильного манометра.
2. Снять статическую характеристику датчика.

3. Снять статическую характеристику приемника.
4. Выполнить поверку автомобильного манометра по образцовому манометру.

1. Принцип действия автомобильного манометра

Автомобильный манометр предназначен для измерения давления в системе смазки и пневмосистемах автомобиля. Он представляет собой дистанционный прибор, состоящий из датчика – первичного и приемника – вторичного приборов, соединенных по однопроводной схеме.

Промышленность выпускает манометры с пределами измерения $0 \div 6 \text{ кгс/см}^2$; $0 \div 10 \text{ кгс/см}^2$; $0 \div 15 \text{ кгс/см}^2$.

2. Электрическая схема автомобильного манометра

Принципиальная электрическая схема автомобильного манометра представлена на рис. 32.

Приемник автомобильного манометра представляет собой логометр магнитоэлектрической системы с подвижным магнитом M , жестко связанным со стрелкой прибора и неподвижными обмотками W_1 , W_2 , W_3 .

Обмотки W_1 и W_2 включены таким образом, что магнитные поля их противоположны друг другу и перпендикулярны магнитному полю обмотки W_3 .

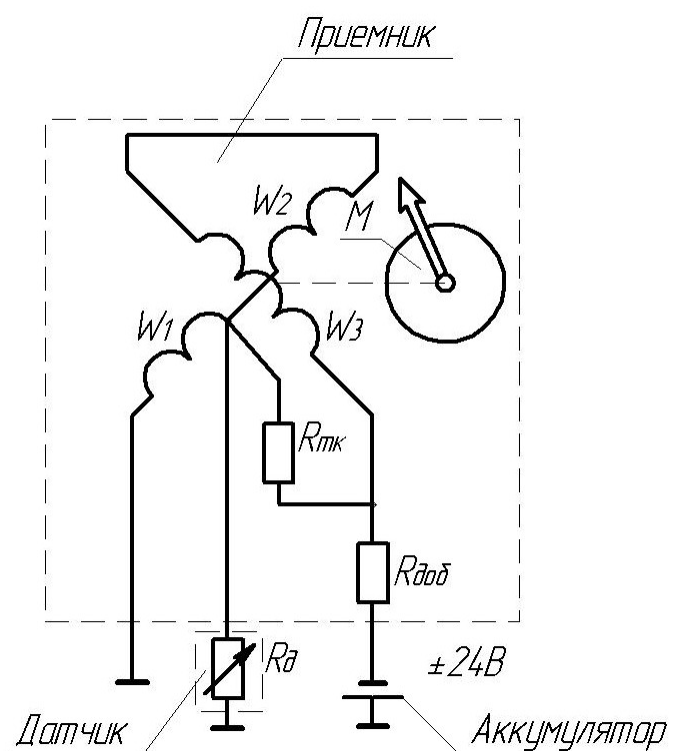


Рис. 32. Принципиальная электрическая схема автомобильного манометра

Резистор $R_{т.к}$ изготавливается из манганинового или константанового провода и предназначен для уменьшения температурной погрешности прибора.

Резистор $R_{доб}$ устанавливается в 24-вольтовой системе электрооборудования автомобиля и в 12-вольтовой системе отсутствует.

Датчиком прибора является мембранно-реостатный преобразователь, выходная величина которого – сопротивление датчика.

3. Структурная схема автомобильного манометра

Как и всякий прибор, автомобильный манометр можно представить преобразователями в него входящими, т. е. составить его структурную схему (рис. 33).

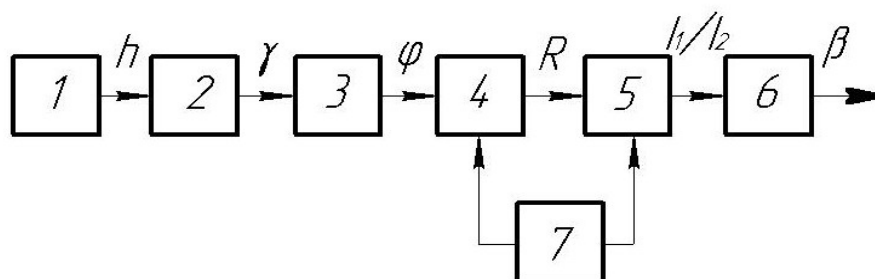


Рис. 33. Структурная схема автомобильного манометра

Звеном 1 является упругий чувствительный элемент – мембрана. Под действием давления P центр мембраны упруго перемещается на величину h . Перенесение центра мембраны вызывает поворот синусного механизма 2 на угол γ , который, в свою очередь, передает вращение звену 3 – поводковой передаче, выходной величиной которой является угол поворота φ скользящих по реостату контактов.

Звеном 4 структурной схемы является потенциометрический преобразователь, выходная величина которого – сопротивление реостата R . Преобразователи с 1 по 4 составят датчик, статическая характеристика которого может быть представлена в общем виде как

$$R = f_1(P).$$

Преобразователи с 5 по 6 составляют приемник, звено 5 представляет собой мостовую схему сравнения, входной величиной которой служит сопротивление датчика, а выходной – отношение токов в обмотках I_1/I_2 .

Преобразователем 6 служит магнитоэлектрический логометр с подвижным постоянным магнитом, который преобразует отношение токов I_1/I_2 в обмотках в поворот подвижной системы β .

Преобразователь 7 представляет собой источник питания.

На автомобиле его функцию выполняет система аккумулятор – генератор.

4. Конструкция датчика давления

Общий вид датчика давления представлен на рис. 34.

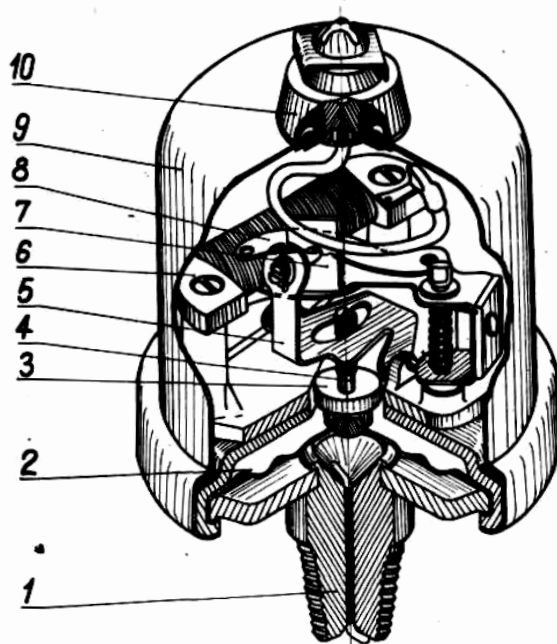


Рис. 34. Датчик давления

Масло или воздух из магистрали измеряемого давления по каналу штуцера 1 поступает в полость мембраны 2, заставляя ее перемещаться при изменении давления.

Перемещение центра мембраны посредством передаточного механизма, состоящего из штыря 3, регулировочного винта 4, ре-

гулировочной и рычажной пластины 5 и поводка 7, передается на ползунки с серебряными контактами 8, которые перемещаются по реостату 6, изменяя сопротивление электрической цепи.

Датчик помещен в герметичный корпус 9, имеющий токовывод 10, соединяемый со вторичным прибором – приемником, который находится на приборной панели в кабине водителя.

5. Конструкция приемника давления

Общий вид приемника давления представлен на рис. 35.

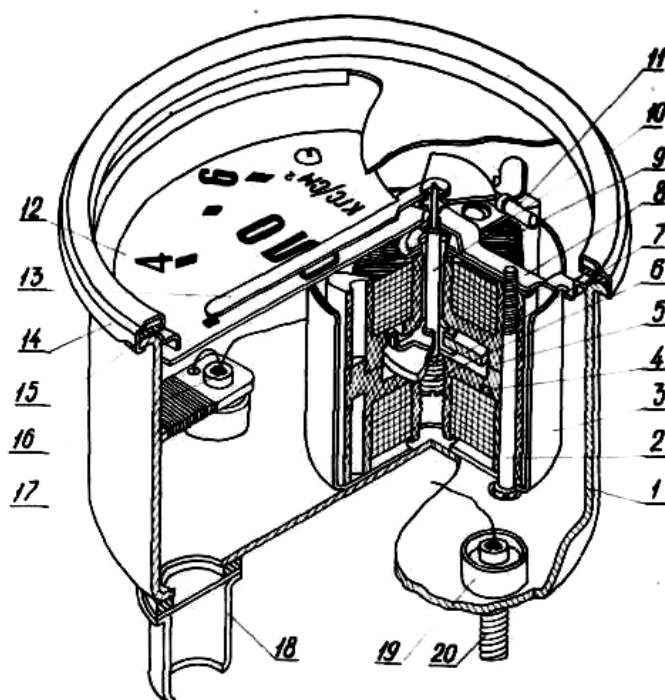


Рис. 35. Приемник давления: 1 – корпус прибора; 2 – крепежный винт; 3 – экран; 4 – возвратный магнит; 5 – каркас; 6 – центральный винт; 7 – подвижный магнит; 8 – мостик; 9 – обмотки; 10 – ось магнита; 11 – регулировочный магнит; 12 – шкала; 13 – стрелка; 14 – ободок; 15 – резиновое уплотнение; 16 – клемма батареи; 17 – термокомпенсационное сопротивление; 18 – патрон подсветки шкалы; 19 – изолятор; 20 – клемма датчика

Принцип действия прибора основан на том, что в зависимости от величины давления изменяется сопротивление датчика $R_{дат}$, что влечет за собой изменение токов в обмотках логометра W_1, W_2, W_3 (см. рис. 1), т. е. меняются величина и направление результирующего магнитного поля обмоток. Постоянный магнит, а вместе с ним и стрелка прибора следят за положением результирующего вектора магнитного поля обмоток. Следовательно, угол поворота результирующего вектора магнитного поля обмоток будет пропорционален измеряемому давлению.

6. Статическая характеристика автомобильного манометра

Для того чтобы получить статическую характеристику автомобильного манометра, необходимо рассмотреть взаимодействие вращающего и противодействующего моментов, воздействующих на подвижную систему прибора (рис. 36).

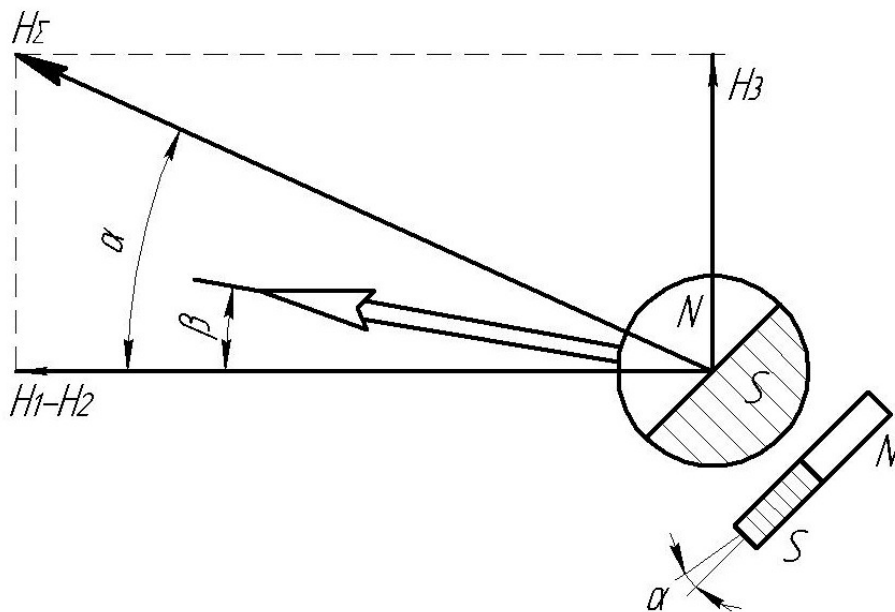


Рис. 36. Расчетная схема

Вращающий момент, воздействующий на постоянный магнит, находящийся в однородном магнитном поле, определяется как:

$$M_{вр} = PH_{\Sigma} \sin(\alpha - \beta). \quad (5)$$

Противодействующий момент, создаваемый взаимодействием постоянных магнитов, можно записать в виде:

$$M_{np} = 2 \frac{Pq}{r^2} \sin(\alpha_0 + \beta). \quad (6)$$

Решая совместно уравнения (5) и (6) относительно β , получаем:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{H_{\Sigma} \sin \alpha - 2 \frac{q}{r^3} \sin \alpha_0}{H_{\Sigma} \cos \alpha + 2 \frac{q}{r^3} \cos \alpha_0}, \quad (7)$$

где H_{Σ} – суммарная напряженность магнитного поля обмоток W_1, W_2, W_3 .

P – магнитный момент подвижного магнита;

q – магнитный момент возвратного магнита;

r – расстояние между магнитами;

α – угол поворота вектора H_{Σ} , относительно оси обмоток W_1, W_2 ;

α_0 – угол поворота возвратного магнита относительно оси обмоток W_1, W_2 ;

β – угол поворота подвижного магнита – стрелки прибора относительно оси обмоток.

На рис. 37 представлено графическое решение уравнений (5) и (6). Сначала необходимо просчитать углы α_i , которые определяются как (см. рис. 36):

$$\alpha_i = \operatorname{arctg} \frac{H_3}{H_1 - H_2}. \quad (8)$$

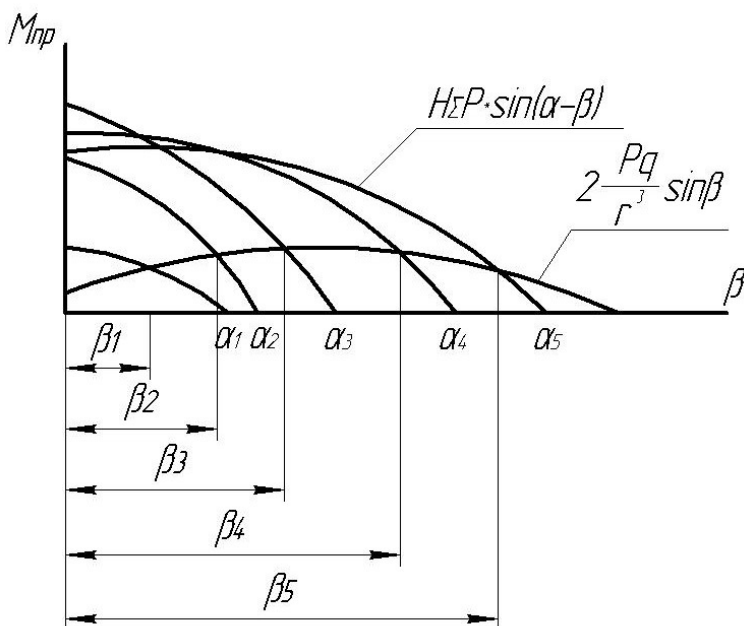


Рис. 37. Графическое решение уравнений

(6). Сначала необходимо просчитать углы α_i , которые определяются как (см. рис. 36):

7. Проверка точности показаний приемников

Проверка точности показаний приемников указателей деления должна проводиться декадным магазином сопротивлений, проверяемый приемник включается в электрическую цепь по соответствующей электрической схеме. Магазин сопротивления включается вместо датчика.

Величина сопротивления резистора магазина сопротивления, включенного в цепь вместо датчика при напряжении соответственно 14 или 28 В и температуре окружающей среды $+20 \pm 5$ °С, при положении стрелки на отметках шкалы должна соответствовать значениям табл. 5.

Таблица 5

Предел измерения, кгс/см ²	Давление, кгс/см ²	Сопротивление, Ом
0 ÷ 6	0	150 ÷ 170
	2	107 ÷ 115
	4	56 ÷ 64
0 ÷ 10	0	150 ÷ 170
	4	94 ÷ 102
	6	64 ÷ 72
	8	38 ÷ 45
0 ÷ 15	0	150 ÷ 170
	6	93 ÷ 105
	9	66 ÷ 70
	12	36 ÷ 47

Примечание. Перед снятием показаний приемник выдерживается во включенном положении на предельной отметке в течение двух минут.

8. Проверка точности показаний датчиков

Проверка датчиков давления должна осуществляться путем определения величины сопротивления реостата датчика при соответствующем давлении, определяемом по контрольному образцовому манометру.

Давление сообщается датчику как в сторону повышения, так и в сторону понижения.

Перед проверкой датчик нагружается предельным давлением.

Величины регулировочных сопротивлений датчиков при температуре окружающей среды $\pm 20 \pm 5$ °С должны соответствовать данным табл. 6.

Таблица 6

Пределы измерения, кгс/см ²	Давление, кгс/см ²	Сопротивление, Ом
0 ÷ 6	0	157 ÷ 173
	2	106 ÷ 116
	4	55 ÷ 65
0 ÷ 8	0	157 ÷ 173
	4	93 ÷ 103
	6	63,5 ÷ 72,5
	8	38 ÷ 46
0 ÷ 15	0	157 ÷ 173
	6	92 ÷ 104
	9	65 ÷ 71
	12	37 ÷ 46

Примечание: номинальная расчетная величина сопротивления при давлении 6 кгс/см² представлена для датчиков с пределом измерения 0 ÷ 6 кгс/см² при давлении 10 кгс/см², для датчиков с пределом измерения 0 ÷ 10 кгс/см² и при давлении 15 кгс/см² для датчиков с пределом измерения 0 ÷ 15 кгс/см² – 20 Ом. Значение ее является справочным и не контролируется.

9. Статическая обработка результатов наблюдения.

Метод наименьших квадратов

В лабораторной практике часто возникает задача отыскания эмпирической зависимости по результатам эксперимента. Задача состоит в том, чтобы по данным экспериментальным точкам провести кривую (не ломаную), которая проходила бы как можно ближе к истинной функциональной зависимости. Теория вероятности показывает, что наилучшим приближением будет такая кривая (или прямая) линия, для которой сумма квадратов расстояний по вертикали от точек до кривой будет минимальной. Этот метод получил название метода наименьших квадратов.

При выполнении лабораторной работы необходимо будет отыскивать наиболее вероятные зависимости вида

$$R_d = R_0 - aP \text{ и } P = P_0 - bR,$$

где R_d – текущее значение сопротивления датчика;

R_0 – сопротивление датчика при давлении;

P – давление, сообщаемое датчику;

a – угловой коэффициент;

P_0 – давление, при котором сопротивление контрольного магазина сопротивлений равно нулю;

R – значение сопротивления по контрольному магазину сопротивлений;

b – угловой коэффициент.

Применение метода наименьших квадратов рассмотрим на примере эмпирической зависимости

$$R_d = R_0 - aP.$$

Результаты пяти замеров при прямом ходе и пяти – при обратном заносят в табл. 7.

Таблица 7

Показатель		Значение					
		P_i кгс/см ²	R_i , Ом	P_i^2	$P_i R_i$	$R(P_i)$	ΔR_i
Прямой ход	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
Обратный ход	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
Сумма							
Среднее (арифм.)							

Потребуем, чтобы сумма квадратов отклонений измеренных сопротивлений от вычисленного по соотношений

$$R_{\partial} = R_0 - aP \quad (8)$$

была наименьшей:

$$\sum_{i=1}^n (R_i - R_0 + aP_i)^2 = \min. \quad (9)$$

Из этого условия дифференцируем его сначала по R_0 , а затем по a , получая уравнение

$$-2 \cdot \sum_{i=1}^n (R_i - R_0 + aP_i) = 0,$$

$$2 \cdot \sum_{i=1}^n P_i (R_i - R_0 + aP_i) = 0,$$

т. е.

$$\begin{aligned} nR_0 - a \sum_{i=1}^n P_i &= \sum_{i=1}^n R_i, \\ \left(\sum_{i=1}^n P_i \right) R_0 - a \sum_{i=1}^n P_i^2 &= \sum_{i=1}^n P_i R_i. \end{aligned} \quad (10)$$

Из первого уравнения выразим R_0 :

$$R_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i + \frac{a}{n} \sum_{i=1}^n P_i = \bar{R} + a\bar{P}$$

и, подставляя это выражение для R_0 во второе уравнение, получим соотношение

$$n \sum_{i=1}^n P_i (\bar{R} + a\bar{P}) - a \sum_{i=1}^n P_i^2 = \sum_{i=1}^n P_i R_i.$$

Из него определим a :

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n P_i R_i - \bar{R} \sum_{i=1}^n P_i}{\bar{P} \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n P_i^2}. \quad (11)$$

После этого находим R_0 :

$$R_0 = \frac{\overline{R} \sum_{i=1}^n P_i^2 - \overline{P} \sum_{i=1}^n P_i R_i}{\sum_{i=1}^n P_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2}. \quad (12)$$

10. Установка для испытания датчиков давления

Испытание датчиков давления проводится на грузопоршневом манометре (рис. 38). Испытуемый датчик давления 1 ввертывается в грузопоршневой манометр. К клемме датчика и к массе подключается измеритель сопротивления (омметр). С помощью винтового пресса 3 создается давление, которое контролируется по образцовому манометру. При этом вентили 2 должны быть открыты, а другие два вентиля (на рисунке не видны) – закрыты.

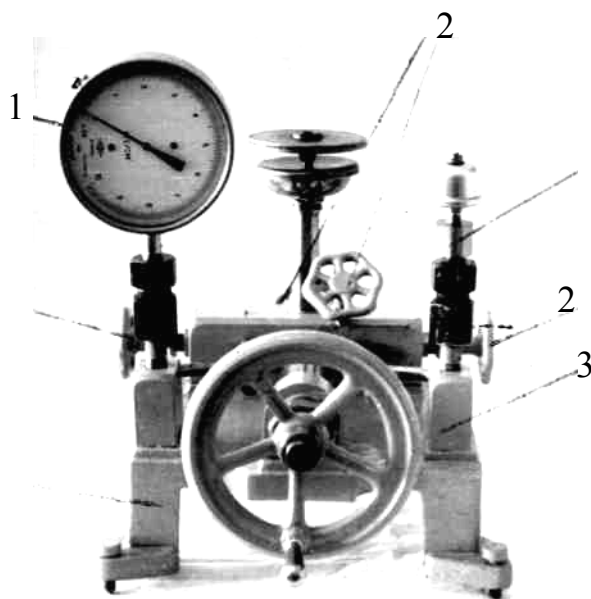


Рис. 38. Грузопоршневой манометр

Текущее значение сопротивления датчика контролируется по измерителю сопротивлений (омметру). Данные R_i и R_i заносятся в табл. 5 (с. 61).

11. Порядок выполнения работы

1. Внимательно ознакомиться с настоящей инструкцией.
2. По указанию преподавателя взять датчик давления и собрать электрическую схему (см. рис. 32).
3. Проверить точность показаний прибора, контролируя давление по образцовому манометру.
4. Составить таблицу показаний автомобильного манометра и показаний образцового манометра и рассчитать относительную приведенную погрешность прибора.
5. Снять зависимость сопротивления датчика от подводимого давления или зависимость показания приемника в функции сопротивления датчика (по указанию преподавателя) и с помощью метода наименьших квадратов определить постоянные коэффициенты уравнений.
6. Составить отчет.

12. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Электрическая схема автомобильного манометра (см. рис. 31).
3. Структурная схема автомобильного манометра (см. рис. 32).
4. Принцип работы датчика давления.
5. Принцип работы приемника автомобильного манометра.
6. Данные поверки точности показаний автомобильного манометра по образцовому манометру и расчет относительной приведенной погрешности прибора.
7. Расчет постоянных коэффициентов в уравнениях $R_d = R_0 - aP$ или $P = P_0 - bR$ с помощью метода наименьших квадратов.

Лабораторная работа № 8 ПОВЕРКА АВТОМОБИЛЬНЫХ СПИДОМЕТРОВ

Цель работы:

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия спидометров.
2. Ознакомиться с методикой поверки спидометров.
3. Получить практические навыки при поверке автомобильных спидометров на установке КИ-12652.

1. Назначение автомобильных спидометров

Спидометры предназначены для измерения скорости движения и отсчета пути, пройденного автомобилем или мотоциклом. Единицы измерения скорости и пройденного пути соответственно км/ч и км. Емкость итогового счетчика 99999,9 км, после чего отсчет начинается сначала. Цифры барабанчиков счетчика – белые на черном фоне. Цифры барабанчика с десятыми долями километра – белые на оранжевом фоне.

2. Устройство и принцип действия автомобильных спидометров

Спидометры состоят из двух основных узлов: скоростного и счетного.

Работа скоростного узла (рис. 39) основана на электромагнитной индукции.

Постоянный магнит 4 сидит на приводном валике 5 и вращается с ним. В поле магнита находится катушка (колпачок) 3 из алюминия. Материал катушки должен быть немагнитный и иметь хорошую электропроводимость. При

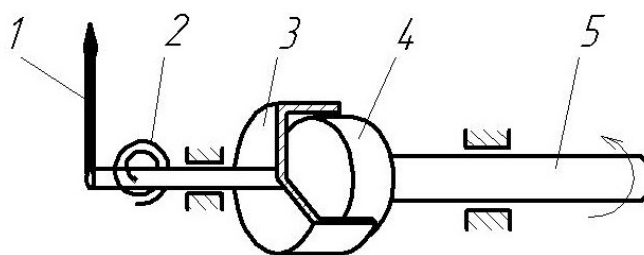


Рис. 39. Скоростной узел спидометра

вращении магнита вращается и его поле, и в материале колпачка наводятся индукционные токи. Эти токи, взаимодействуя с полем постоянного магнита, создают момент относительно оси катушки, приводящий ее во вращение в одном направлении с магнитом. Ось, на которой сидят катушка и стрелка 1, удерживается спиральной пружиной 2. При повороте оси пружина закручивается и создает противодействующий момент $M_{\text{п}}$, пропорциональный углу закручивания

$$M_{\text{п}} = M_0 \cdot \alpha .$$

Ось с колпачком и стрелкой повернется в направлении вращения магнита на такой угол, при котором противодействующий момент пружины $M_{\text{п}}$ будет уравновешивать увлекающий индукционный момент M_y . Момент M_y пропорционален частоте вращения магнита n , которая равна или пропорциональна измеряемой угловой скорости

$$M_y = k \cdot n ,$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Из условия равенства противодействующего и увлекающего моментов получаем

$$\alpha = \frac{k}{M_0} n .$$

Следовательно, угол поворота стрелки пропорционален измеряемой угловой скорости и шкала прибора равномерная.

Приводной валик спидометра соединяется посредством гибкого валика с валом коробки передач автомобиля.

Передача вращения к отсчетному узлу осуществляется через червячные пары.

Передаточное отношение механизма спидометра от приводного валика к счетчику 624:1 или 1000:1 в зависимости от типа спидометра.

3. Операция, условия и средства поверки

1. При проведении поверки должны быть выполнены операции и применены средства, указанные в табл. 8.

Таблица 8

Наименование операции	№ пункта методических указаний	Средства поверки, их нормативно-технические характеристики
Внешний осмотр		Установки типов ППС-1, УПС-4, КИ-12652. Диапазон воспроизводимых скоростей 20 – 200 км/ч. Погрешность измерения при скоростях 20 – 60 км/ч – 1 км/ч, более 60 км/ч – 1,5 % от измеряемого значения. Так же механический секундомер типа СОПрр-2А-3
Опробование		
Определение метрологических параметров		

2. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура помещения 20 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха 65 ± 15 %;
- время выдержки в помещении, где проводят поверку, не менее двух часов.

4. Проведение поверки

4.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре не должно быть обнаружено внешних повреждений, затрудняющих снятие показаний или влияющих на их точность (повреждение шкалы, стрелки, стекла и т. д.), отверстий в корпусе, при которых открыт доступ к счетчику пройденного пути.

В прорези шкалы должен быть виден один ряд цифр. Не допускается смещение цифр барабана счетчика относительно друг друга, за исключением цифр барабана с ценой деления 0,1 км.

4.2. Опробование

Опробование проводят на установках для поверки спидометров, при этом:

- шкалу располагают под углом $70 - 90^\circ$ для автомобильных и $10 - 30^\circ$ – для мотоциклетных спидометров;

- спидометр должен проработать не менее одной минуты при скорости, близкой к наибольшей;
- стрелка указателя скорости должна плавно трогаться с места и двигаться равномерно, без рывков и заеданий;
- спидометр должен работать без шумов и стуков.

4.3. Определение метрологических параметров

4.3.1. Погрешность измерителя скорости определяют на всех оцифрованных отметках шкалы сначала на возрастающих, а затем на убывающих скоростях не менее двух раз. Погрешность показаний измерителя скорости спидометра не должны превышать значений, указанных в табл. 9.

Таблица 9

Числовые отметки шкалы, км/ч	Основная погрешность, км/ч
40, 60	+4
80 + n20	+(5 + n)
n = 0, 1, 2, 3, ...	

4.3.2. Колебания стрелки при скоростях, больших 20 км/ч, не должны превышать ± 1 % верхнего предела измерения.

4.3.3. При поверке счетчика пройденного пути необходимо установить на образцовой установке скорость 60 км/ч и зафиксировать время изменения показаний счетчика, соответствующее 2 км условного пробега. При верном передаточном отношении счетчика пройденного пути это время должно быть 120±6 с.

4.3.4. Спидометры, не удовлетворяющие указанным требованиям, к применению не допускают.

5. Установка для поверки термометров КИ-12652

Установка предназначена для поверки автомобильных спидометров в соответствии с ГОСТ 8.262-77 поверочными лабораториями Госстандарта или ведомственной метрологической службой.

5.1. Основные параметры

Предел допускаемой погрешности воспроизведения линейной скорости, км/ч – $\pm 0,5$;

Изменение заданного значения условной линейной скорости за 5 мин непрерывной работы, км/ч – 1.

Диапазон воспроизводимого интервала времени, с – $1 \pm 999,9$.

Предел допускаемой погрешности воспроизведения интервала времени, с – $\pm 0,5$.

Цена единицы наименьшего разряда цифрового индикатора, км/ч (с) – 0,1.

Установка выполнена в прямоугольном кожухе. Внизу корпуса имеется складывающаяся подставка. На лицевую панель выведены органы управления, регуляторы скорости «ГРУБО» и «ТОЧНО», цифровой индикатор, присоединительный механизм для закрепления механических спидометров. На задней панели установлены разъем для подключения сетевого шнура, сетевые предохранители, гнезда питания электрических спидометров «+12 В» и «+24 В», гнездо «Контроль F », клемма «1».

5.2. Подготовка установки к работе

5.2.1. Ручки регуляторов оборотов «ГРУБО» и «ТОЧНО» повернуть против часовой стрелки до упора.

5.2.2. Подключить шнур питания к сети с номинальным напряжением 220 В.

5.2.3. Переключатели «624/1» и «1000/1», «км/ч/с» и «20 120/20 220(20 160)» на передней панели установить в требуемое положение.

5.3. Порядок работы установки

5.3.1. Вставьте спидометр и зафиксируйте его ручкой присоединительного механизма установки.

5.3.2. Включите питание установки (красная кнопка) и тумблер привода двигателя.

5.3.3. Ручками «ГРУБО» и «ТОЧНО» установите стрелку поверяемого спидометра на требуемую точку шкалы.

5.3.4. Установите по цифровому индикатору скорость $(60 \pm 0,2)$ км/ч, переключатель «км/ч», установите в положение «с» и нажмите кнопку «ПУСК».

5.3.5. Нажмите кнопку «СТОП», зафиксируйте какое-либо показание последней цифры счетчика километража спидометра.

5.3.6. Отпустите кнопку «СТОП». При изменении показаний счетчика ровно на 2 км нажмите кнопку «СТОП» и зафиксируйте показания времени по цифровому индикатору. При верном передаточном отношении счетчика пройденного пути это время должно быть $(120+6) \text{ с}$, $[(60 \pm 3); \text{с}]$.

5.3.7. Для возвращения в режим измерения скорости переключатель «км/ч/с» установите в положение «км/ч» и нажмите кнопку «ПУСК».

6. Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с методическими указаниями к работе. Особое внимание обратить на разделы 5.2, 5.3. Крепление спидометра на установку и его снятие проводить при выключенном тумблере привода двигателя.

2. Выполнить операции «Внешний осмотр» и «Опробование» согласно п. 4.1 и 4.2.

3. Определить погрешность измерения скорости по п. 4.3.1, 5.3.1 – 5.3.3 как

$$\Delta = (A_y - A_c),$$

где A_y – показания цифрового индикатора установки КИ-12652;

A_c – показания поверяемого спидометра.

Результаты измерений и расчетов занести в табл. 10. Построить график изменения погрешности Δ от величины измеряемой скорости. На график нанести зону допускаемой погрешности согласно табл. 9 (с. 68).

Таблица 10

Числовые отметки шкалы, км/ч		20	40	60	80	100	120	140
Показания цифрового индикатора	при возрастании скорости							
	при убывании скорости							
Погрешности измерения скорости, км/ч								

4. В нескольких точках шкалы спидометра определить колебания стрелки, которые не должны превышать + 1 % верхнего предела диапазона показаний.

5. Выполнить поверку счетчика пройденного пути согласно п. 5.3.4 – 5.3.6.

6. Сделать вывод о годности поверяемого спидометра.

7. Содержание отчета

1. Принцип работы спидометра.
2. Операции поверки спидометра.
3. Таблица результатов измерений и расчетов.
4. График погрешности измерения скорости.

8. Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип действия спидометра.
2. Операции и средства поверки спидометров.
3. Методика определения погрешности измерителя скорости.
4. Методика поверки счетчика пройденного пути.
5. Установка для поверки спидометров КИ-12652.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК*

Лабораторные работы № 1, 5

1. *Боднер, В. А.* Измерительные приборы / В. А. Боднер, А. В. Алфиров. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – Т.1. – 392 с. ; Т.2. – 224 с.

Лабораторная работа № 3

2. *Кремлевский, П. П.* Расходомеры и счётчики количества / П. П. Кремлевский. – Л. : Машиностроение, 1975. – 776 с.

3. *Бирюков, Б. В.* Точные измерения расхода жидкостей : справ. пособие / Б. В. Бирюков, М. А. Данилов, С. С. Кивилис. – М. : Машиностроение, 1977. – 144 с.

4. *Левин, В. М.* Расходомеры малых расходов для схем промышленной автоматики / В. М. Левин. – М. : Энергия, 1977. – 259 с.

5. *Цейтлин, В. Г.* Расходоизмерительная техника / В. Г. Цейтлин. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 239 с.

Лабораторная работа № 4

6. *Сомов, Ю. С.* Художественное конструирование промышленных изделий / Ю. С. Сомов. – М., 1967.

7. *Богданович, Л. Б.* Художественное конструирование в машиностроении / Л. Б. Богданович. – Киев, 1976.

8. *Богданов, Ю. М.* Приборы точной механики / Ю. М. Богданов. – М. : Машгиз, 1960.

Лабораторная работа № 6

9. Приборостроение и средства автоматики : справочник / под ред. А. Н. Гаврилова. – М. : Машиностроение, 1964.

10. *Герасимов, В. Г.* Основы промышленной электроники / В. Г. Герасимов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1968.

Лабораторная работа № 7

11. *Попов, А.* Автотракторные приборы / А. Попов. – М. : Машгиз, 1960. – 259 с.

12. *Яковлев, Л. Г.* Приборы контроля работы силовых установок / Л. Г. Яковлев. – Машиностроение, 1969.

13. *Асс, Б. А.* Детали и узлы авиационных приборов и их расчеты / Б. А. Асс [и др.]. – М. : Машиностроение, 1966.

14. *Касандрова, О. Н.* Обработка результатов наблюдений / О. Н. Касандрова, В. В. Лебедев. – М. : Наука, 1970.

* Печатается в авторской редакции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. ДАТЧИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	3
Лабораторная работа № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА УРОВНЯ ТОПЛИВА	6
Лабораторная работа № 3. КОЛЬЦЕВОЙ МАНОМЕТР ТИПА ДК	14
Лабораторная работа № 4. КОМБИНАЦИЯ ПРИБОРОВ	21
Лабораторная работа № 5. ТЕРМОМЕТРЫ	31
Лабораторная работа № 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ ТАХОМЕТР С МАГНИТНЫМ ИНДУКЦИОННЫМ УЗЛОМ	44
Лабораторная работа № 7. АВТОМОБИЛЬНЫЙ МАНОМЕТР	52
Лабораторная работа № 8. ПОВЕРКА АВТОМОБИЛЬНЫХ СПИДОМЕТРОВ	65
Библиографический список	72

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ»

Составители

САМСОНОВ Лев Михайлович
БУРЛАКОВ Владимир Иванович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В.П. Легаев

Подписано в печать 16.07.07.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 4,18. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.