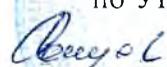


Министерство образования и науки Забайкальского края  
Государственное профессиональное образовательное учреждение  
«Приаргунский государственный колледж»

Утверждаю  
и. о. заместителя директора  
по УПР ГПОУ «ПГК»  
 Кокухина К. Н.  
«15» 01 2025 года



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
для обучающихся по выполнению для практических работ  
по дисциплине  
ОП.04 «Электроматериаловедение»  
по профессии  
13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования  
(по отраслям)»

пгт. Приаргунск, 2025 г.

Методические указания для практических работ по дисциплине ОП.04 «Электроматериаловедение».

В методических рекомендациях определены цели и задачи выполнения практических работ, описание каждой работы включает в себя задания для практических работ и инструктаж по ее выполнению.

**Организация-разработчик:** ГПОУ «Приаргунский государственный колледж»

**Разработчик:** Лопатина В.А. преподаватель

Рассмотрено

на заседании предметно-цикловой комиссии сельскохозяйственно-технологического профиля

Протокол № 5 от «15» апреля 2025 г.

Председатель ПЦК В.А. Лопатина В.А.

## Содержание

Пояснительная записка.....	4
Тематическое планирование.....	5
Практическое занятие № 1.....	6
Практическое занятие № 2.....	7
Практическое занятие № 3.....	13
Практическое занятие № 4.....	19
Практическое занятие № 5.....	21
Литература .....	23

### Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ по учебной дисциплине **ОП.04 «Электроматериаловедение»** разработаны в помощь студентам для самостоятельного выполнения ими практических и лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой. Практические работы проводятся после изучения соответствующих разделов и тем учебной дисциплины.

Цель данных методических рекомендаций – оказать помощь студентам при выполнении практических работ и закреплении теоретических знаний по основным разделам учебной дисциплины.

Выполнение практических работ направлено на формирование общих и профессиональных компетенций, закрепление знаний, освоение необходимых умений и формирование первоначального практического опыта, предусмотренных ФГОС СПО по профессии **13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)»**.

Каждая практическая работа выполняется индивидуально каждым студентом и оценивается преподавателем.

Оценка *«отлично»* выставляется, если работа выполнена самостоятельно, все задания выполнены качественно. Отчет по работе сдан в срок.

Оценка *«хорошо»* выставляется, если работа выполнена самостоятельно, все задания выполнены. Отчет по работе сдан в срок.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется, если работа выполнена. Отчет сдан.

## Тематическое планирование

Учебным планом на практические и лабораторные работы обучающихся предусмотрено **10** часов.

<b>№</b>	<b>Тема практической работы</b>	<b>Вид деятельности</b>	<b>Количество часов</b>
1	<b>Практическое занятие № 1 «Измерение удельного сопротивления материалов»</b>	1. Ознакомиться с удельным сопротивлением. 2. Ответить на вопросы. 3. Сделать вывод.	2
2	<b>Практическое занятие № 2 «Определение марок проводов по образцам»</b>	1. Ознакомиться с марками проводов. 2. Ответить на вопросы. 3. Сделать вывод по работе.	2
3	<b>Практическое занятие № 3 «Электроды, щетки электрических машин, угольные порошки, их состав, свойства и применение.</b>	1. Ознакомиться с видами электродов, щеток, электрических машин. 2. Ответить на вопросы. 3. Сделайте вывод по работе.	2
4	<b>Практическое занятие № 4 «Исследование контактных пар на износостойкость».</b>	1. Ознакомиться с пар контактных пар на износостойкости. 2. Ответить на контрольные вопросы. 3. Сделать выводы	2
5	<b>Практическое занятие № 5 «Исследование состава припоев различных марок».</b>	1. Ознакомиться с составом припоев различных марок. 2. Ответить на вопросы. 3. Сделать вывод.	2
<b>Итого</b>			<b>10</b>

## Практическое занятие № 1

### «Измерение удельного сопротивления материалов»

**Цель работы:** Опытным путем определить удельное сопротивление проводника.

#### Теоретическая часть.

Основная электрическая характеристика проводника – сопротивление. От этой величины зависит сила тока в проводнике при заданном напряжении. Сопротивление проводника представляет собой меру противодействия проводника установлению в нем электрического тока. С помощью закона Ома можно определить сопротивление проводника:

$$R = U/I$$

Для этого нужно измерить напряжение и силу тока.

Сопротивление зависит от материала проводника и его геометрических размеров.

Сопротивление проводника длиной  $\ell$  с постоянной площадью  $S$  равно:  $R = \rho \ell / S$

Где  $\rho$  – величина, зависящая от рода вещества и его состояния (например, от температуры).

Величину  $\rho$  называют удельным сопротивлением проводника. Удельное сопротивление численно равно сопротивлению проводника, имеющего форму куба с ребром 1м, если ток направлен вдоль нормали к двум противоположным граням куба. Единицу сопротивления проводника устанавливают на основе закона Ома и называют его Ом. Проводник имеет сопротивление 1Ом, если при разности потенциалов 1В сила тока равна в нем 1А.

Единицей удельного сопротивления является 1Ом · м. Удельное сопротивление металлов мало. Диэлектрики обладают очень большим удельным сопротивлением. В таблице приведены примеры значений удельных сопротивлений некоторых проводников.

Вещество	Удельное сопротивление при температуре 20°С, 10 <sup>-8</sup> Ом·м
Серебро	1,6
Медь	1,7
Никелин	42
Нихромин	110
Свинец	21

Для выполнения работы необходима проволока из материала с большим удельным сопротивлением.

Удельное сопротивление проводника можно вычислить, используя формулы

$$R = \rho \ell / S, \quad S = \pi \cdot d^2 / 4,$$

Где  $d$  – диаметр проводника.

Сопротивление проводника можно измерить, используя закон Ома. В этом случае формула расчета удельного сопротивления будет иметь вид:

$$\rho = \pi \cdot R \cdot d^2 / 4 \cdot \ell \quad \text{или} \quad \rho = \pi \cdot U \cdot d^2 / 4 \cdot \ell$$

#### Практическая часть:

1. Подготовьте бланк отчета с таблицей для записи результатов измерений и вычислений.

U, В	I, А	$\ell$ , мм	d, мм	$\rho$ , Ом · м

Таблица для записи абсолютных погрешностей:

$\Delta_u U$ , В	$\Delta_o U$ , В	$\Delta U$ , В	$\Delta_u I$ , А	$\Delta_o I$ , А	$\Delta I$ , А	$\Delta_u \ell$ , мм	$\Delta_o \ell$ , мм	$\Delta \ell$ , мм	$\Delta_u d$ , мм	$\Delta_o d$ , мм	$\Delta d$ , мм

Таблица для записи абсолютных погрешностей:

$\varepsilon_u, \%$	$\varepsilon_I, \%$	$\varepsilon_\rho, \%$	$\Delta\rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$

2. Соберите необходимую цепь, проверьте надежность контактов и правильность подключения измерительных приборов.
3. Измерьте длину проводника, его диаметр, силу тока в проводнике, напряжение на его концах. Результаты занесите в таблицу.
4. Вычислите приблизительное значение удельного сопротивления проводника и занесите в таблицу.
5. Определите инструментальные погрешности измерительных приборов и погрешности отсчета. Вычислите максимальные абсолютные и относительные погрешности измерений величин  $U, d,$

$I, \ell$

$$\Delta A = \Delta_u A + \Delta_o A, \quad \Delta_u A - \text{абсолютная инструментальная погрешность};$$
$$\Delta_o A - \text{абсолютная погрешность отсчета};$$
$$\Delta A - \text{максимальная абсолютная погрешность прямых измерений}$$
$$\varepsilon = \Delta A / A$$

6. Вычислите максимальные относительную и абсолютную погрешности измерения удельного сопротивления проводника.

$$\varepsilon_\rho = \Delta U / U + 2\Delta d / d + \Delta I / I + \Delta \ell / \ell$$

$$\Delta \rho = \rho \cdot \varepsilon_\rho$$

$$\rho = \rho + \Delta \rho$$

7. Определите по таблице материал проводника.

Запишите вывод.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Определите площадь поперечного сечения, если длина медного проводника 1м, его сопротивление 0,4 Ом.
2. Определите площадь поперечного сечения и длину медного проводника, если его сопротивление 0,2 Ом, а масса 0,2 кг. Плотность меди 8900 кг/м<sup>3</sup>.

### **Практическое занятие № 2**

#### **«Определение марок проводов по образцам»**

**Цель работы:** Изучить конструкцию проводов и кабелей, маркировку, назначение и их классификацию .

**ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:** 2 часа.

**Дидактическое и методическое обеспечение:**

**Инструкционно-технологическая карта**

#### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

1. Ознакомится с образцами проводов, шнуров и кабелей.
2. По методическим указаниям данной инструкционной карты изучить маркировку, область применения проводов, шнуров и кабелей.
3. Разбить на группы образцы проводов, шнуров и кабелей в зависимости от типа изоляции и номинального напряжения.

#### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Зарисовать конструкцию трехжильного силового кабеля.
2. Заполнить протокол исследований.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Методические указания данной инструкционно технологической карты.  
Протокол исследований образцов проводов

Номер образца на стенде	Марка	Количество жил	Номинальное напряжение, В	Характеристика провода	Область применения

Протокол исследований образцов кабелей

Номер образца	Марка	Количество жил	Номинальное напряжение, В	Характеристика провода	Область применения

**Методические указания кабели**

Силовые кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии при напряжении промышленной частоты и постоянном напряжении и являются наиболее ответственными изделиями кабельной отрасли.

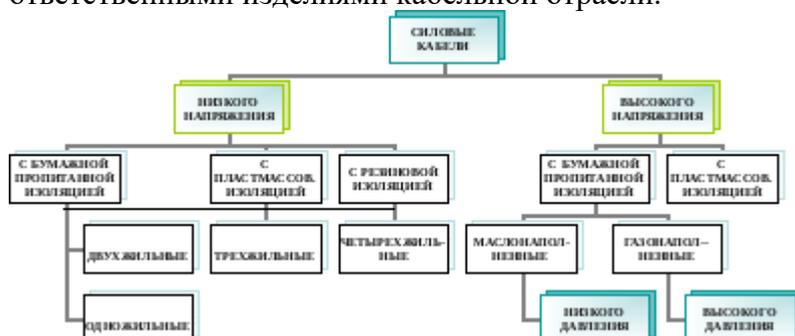


Рис.1. Классификация силовых кабелей.

Одно- и трехжильные кабели низкого напряжения предназначены для работы в сетях напряжением 1-35 кВ, а двух- и четырехжильные – с напряжением до 1 кВ. Четвертая жила в кабеле является заземляющей или зануляющей, и поэтому ее сечение, как правило, меньше сечения основных жил. Жилы кабелей низкого напряжения изготавливаются из меди и алюминия однопроволочные либо многопроволочные уплотненного типа. Применение скрученных из отдельных проволок жил силовых кабелей позволяет сохранить их гибкость при больших сечениях.

**Маркировка силовых кабелей**

I. А- алюминиевая жила

**Примечание:** согласно этой системе, медные токопроводящие жилы в маркировке кабелей не обозначаются специальной буквой.

В – } II. П – полиэтилен  
 В – } поливинилхлоридный пластикат  
 Р – } резина изоляция

Пс – самозатухающий полиэтилен

Пв – вулканизированный полиэтилен

**Примечание:** бумажная пропитанная изоляция не имеет буквенного обозначения.

III. А – алюминиевая

С – свинцовая

П – полиэтиленовая

В – поливинилхлоридная

Р – резиновая

НР – оболочка из резины, не поддерживающей горения.

IV. Б – броня из двух стальных оцинкованных лент с антикоррозийным защитным покровом

Бн – то же, но не с горючим защитным покровом

Г – отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки

К – броня из круглых стальных оцинкованных проволок с защитным покровом

П – броня из плоских стальных оцинкованных проволок с защитным покровом

Бб – броня из профилированной стальной ленты

Шв (Шп) – защитный покров из выпрессованного шланга из поливинилхлоридного пластика (полиэтилена).

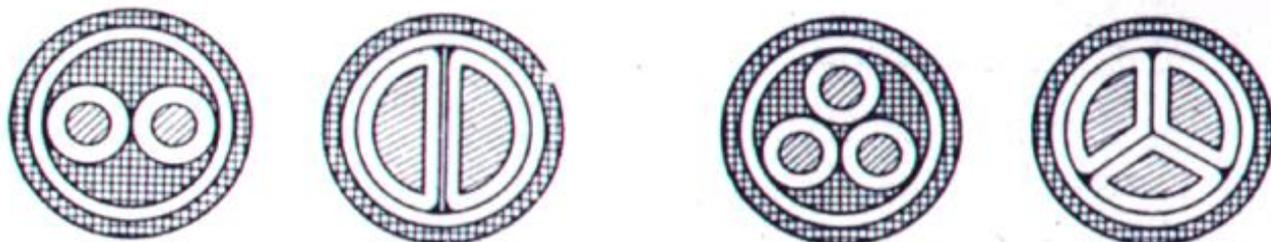


Рис.2. Двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами. Рис.3. Трехжильные кабели с круглыми и секторными жилами.

Силовые кабели низкого напряжения с бумажной пропитанной изоляцией по конструктивным признакам делятся в основном на кабели с поясной изоляцией (до 10 кВ) и с отдельно свинцованными жилами (20 и 35 кВ).

Силовые кабели с поясной изоляцией выпускаются трехжильного типа с секторными жилами из меди или алюминия в диапазоне сечений 6-240мм<sup>2</sup>. В качестве изоляции в них используется кабельная бумага, которая накладывается на

жилу методом обмотки и пропитывается затем вязким маслоканифольным составом. Поверх скрученного из изолированных жил сердечника кабеля накладывается поясная изоляция, толщина которой меньше, чем толщина фазной (жильной) изоляции, так как жильная изоляция рассчитывается на линейное напряжение, которое в три раза больше фазного.

В кабелях на напряжения 1 и 3 кВ толщина изоляции выбирается, как правило, из условия ее механической прочности (отсутствия повреждений при изгибах). Промежутки между изолированными жилами заполняются жгутами из сульфатной бумаги.

Так как бумажная пропитанная изоляция имеет большую гигроскопичность, то при ее использовании необходимо применять металлические оболочки (свинцовые или алюминиевые), которые защищаются от механических повреждений и коррозии специальными покрытиями. Силовые кабели с поясной изоляцией составляют пока еще большую часть кабельной продукции и имеют следующие марки: АС, АСГ, СГ, ААШв, ААШп, СБ, СБГ, СШв, ААБ и т.д.



Рис.4. Четырехжильные кабели.

**Недостаток силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией:** ограничение при прокладке на местности с большим перепадом высот, так как в этом случае пропиточный состав постепенно стекает в нижнюю часть трассы, что приводит к повышению давления в кабеле и может вызвать повреждение оболочки. Одновременно верхний участок кабеля лишается значительной части пропиточного состава, что приводит к образованию пустот и, следовательно, к уменьшению электрической прочности кабеля. Поэтому указанные кабели

рекомендуется применять при перепаде высот не более 20 м, для кабелей на напряжение 1 кВ, 15 м для кабелей на напряжение 10 кВ.

На трассах с большим перепадом высот рекомендуется применять специальные кабели для вертикальной прокладки типа СБВ и ЦБС. Кабели марки СБВ имеет обеднено пропитанную бумажную изоляцию, которая изготавливается путем удаления некоторой части пропиточного состава при нагреве в специальных устройствах. Снижение электрической прочности изоляции компенсируется повышением ее толщины. Для кабелей с обеднено пропитанной изоляцией перепад высот по трассе составляет не более 100 м. В местностях с большим перепадом высот применяется кабель марки ЦСБ, бумажная изоляция которого пропитывается нестекающими пропиточными составами на основе синтетического церезина, обладающими большой вязкостью при рабочей температуре кабеля, хорошей адгезией к жиле и достаточно высокими электроизоляционными свойствами, что позволяет использовать их в сетях напряжением до 10 кВ.

На напряжения 20 и 35 кВ изготавливаются кабели либо в одножильном исполнении в свинцовой и алюминиевой оболочке с сечением жил 120-300 мм<sup>2</sup>, либо в трехжильном исполнении, при котором кабель скручивается из трех круглых изолированных бумажной пропитанной изоляцией жил, каждая из которых имеет свинцовую оболочку, что позволяет создать в кабеле радиальное электрическое поле (марки ОСБ, ОСК, АОСБ, АОСБГ, АОСК). Кабели с отдельно оцинкованными жилами сечением 120—150 мм<sup>2</sup>, сохраняют достаточную гибкость, содержат меньшее количество пропиточного состава и имеют лучшие условия для теплоотвода. Недостатком их являются большая масса и повышенный расход металла для оболочек.

Силовые кабели с резиновой изоляцией предназначены в основном для неподвижной прокладки с малыми радиусами изгиба в сетях переменного напряжения 660 В или постоянного напряжения 1,3, 6 и 10 кВ. Данные кабели могут иметь медные или алюминиевые токопроводящие жилы как круглой, так и секторной формы, изолированные изоляционной резиной. Поверх изолированных жил или сердечника кабеля, скрученного из нескольких жил, накладывается оболочка из свинца, поливинилхлоридного пластиката или шланговой резины. В некоторых случаях, которые определяются условиями прокладки кабелей, они могут иметь упрочняющие покрытия, состоящие из двух стальных лент, и защитные антикоррозионные покрытия обычной конструкции.

Силовые кабели с пластмассовой изоляцией предназначены для неподвижной прокладки и могут эксплуатироваться в электрических сетях переменного напряжения 1 —35 кВ. Это наиболее перспективный тип кабелей, поскольку они достаточно просты в изготовлении, удобны при монтаже и эксплуатации. Применение пластмассовой (полиэтиленовой или поливинилхлоридной) изоляции, которая отличается хорошей технологичностью, гибкостью, достаточно высокими электроизоляционными характеристиками и влагостойкостью, позволяет во многих случаях отказаться от применения металлических оболочек, что значительно снижает массу кабеля и его стоимость. Они изготавливаются в одно- и многожильном исполнении с медными и алюминиевыми токопроводящими жилами круглой или секторной формы в диапазоне сечений 1,5-240 мм<sup>2</sup>. Для кабеля на напряжение 1 -10 кВ может использоваться как поливинилхлоридная, так и полиэтиленовая изоляция, причем применяется не только термопластичный (линейный) полиэтилен, но и сшитый, который имеет большую нагревостойкость.

Кабели на напряжение 35 кВ имеют только полиэтиленовую изоляцию, которая обеспечивает более высокие электроизоляционные характеристики.

В настоящее время силовые кабели с пластмассовой изоляцией все шире приходят на смену кабелям с пропитанной бумажной изоляцией.

На переменное напряжение выше 35 кВ применяются в основном силовые кабели маслonaполненного типа низкого (0,4-0,5 Мпа) и высокого (более 0,5 Мпа) давлений. Использование повышенного давления в кабеле затрудняет развитие ионизационных процессов в газовых включениях, что позволяет применять бумажную изоляцию, пропитанную маслом, при напряженности электрического поля 20-25 МВ м.

На напряжение 110 — 220 кВ изготавливаются, как правило, кабели низкого давления (рис.5). Эти кабели имеют только медные луженые жилы сечением 120-800 мм<sup>2</sup>, поверх которых накладывается бумажная изоляция, пропитанная маловязким минеральным маслом. Для улучшения подпитки бумажной изоляции маслом в центре жилы кабеля имеется канал, который формируется обычно из луженых Z-образных проволок. При большой толщине изоляции (для кабеля на напряжение 200 кВ) иногда делаются дополнительные каналы под оболочкой кабеля, чтобы уменьшать перепад давления в изоляции при нагревании и охлаждении кабеля. Кроме того, канал в центре жилы может быть образован с применением спирально намотанной круглой или прямоугольной проволоки из нержавеющей стали, поверх которой накладывается несколько повивов сегментных проволок. Кабели низкого давления имеют только свинцовые или алюминиевые оболочки. Свинцовая оболочка всегда усиливается двумя медными лентами, наложенными с различными шагами, а алюминиевая покрывается более влагостойким покрытием в виде шланга из поливинилхлоридного пластиката. Для придания кабелю с алюминиевой оболочкой большей гибкости иногда применяют гофрирование оболочки. Поверх оболочек кабелей низкого давления накладываются защитные покрытия, тип которых определяется условиями прокладки кабеля.

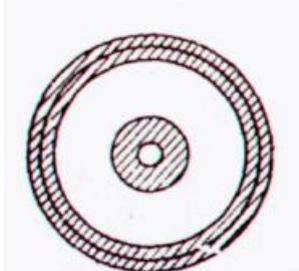


Рис.5. Кабель марки МНСА на напряжение 110 кВ.

**Система маркировки кабелей низкого давления** отличается достаточной простотой и включает в себя следующие буквенные обозначения:

М – маслonaполненный

Н – низкого давления

С – свинцовая оболочка

А – алюминиевая оболочка

Аг – гофрированная алюминиевая оболочка

Шв – шланг из поливинилхлоридного пластиката

Шву – то же, но с усиленным защитным слоем под шлангом

К – броня из круглых стальных оцинкованных проволок

А – защитный покров из слоев битумного состава лавсановых (или резиновых) лент и пропитанной кабельной пряжи.

Маслonaполненные кабели высокого давления (в стальных трубопроводах) на переменные напряжения 110, 220, 500 кВ выпускаются двух марок: МВДТ и МВДТк. Марка кабеля расшифровывается следующим образом: М — маслonaполненный, В – высокого, Д — давления, Т – в стальном трубопроводе. Сочетание букв Тк, означает, что жила кабеля поставляется на место монтажа в контейнере с маслом. Электрическая прочность этих кабелей выше, чем у кабелей низкого давления. Они более надежны в работе благодаря наличию прочной стальной оболочки, толщина которой составляет 10 мм.

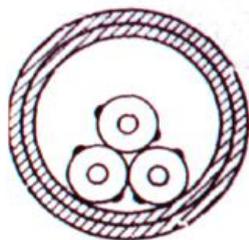


Рис.6. Кабель марки МВДТ.

Как видно из рис.6. конструкция кабеля содержит три фазы, затянутые в стальной трубопровод, который заполняется маслом под давлением 1,5 Мпа. Каждая фаза представляет собой жилу, скрученную из медных луженых проволок и изолированную пропитанной кабельной бумагой с высокой электрической прочностью. Для устранения эффекта проволочности перед изолированием на жилу наносится экран из полупроводящих лент. Наличие поверх изоляции экрана из медных перфорированных лент, разделенных двумя слоями полупроводящей бумаги, создает в кабеле радиальное поле, что способствует повышению электрической прочности изоляции. Для облегчения затягивания жил кабеля в трубопровод и улучшения теплоотвода фазы кабеля имеют проволоки скольжения, которые выполняются из немагнитного материала.

При прокладке кабеля в земле стальной трубопровод защищается от коррозии нанесением покрова, состоящего из слоев тугоплавкого битума с каолином и гидроизолятом. Если кабель прокладывается в блоках, то наружные антикоррозионные покрытия состоят только из слоя битумного лака толщиной 0,1-0,25 мм.

Маслонаполненные кабели высокого давления выпускаются в диапазоне сечений 120-1200 мм<sup>2</sup> применительно к одной фазе.

Газонаполненные кабели представляют собой конструкцию, в которой бумажная изоляция, пропитанная маслом, находится под давлением газа в пределах 0,7-3Мпа.

(жаты газ может непосредственно поступать в изоляцию кабеля (зазоры между лентами бумаги, пространство между проволоками внутри жилы) либо, не соприкасаясь с изоляцией, оказывать на нее давление через специальное устройство (мембрану). Заполнение газонаполненных кабелей производится, как правило, сухим и очищенным от примесей азотом. В некоторых случаях используется смесь азота и элегаза (SiF<sub>6</sub>), которая имеет большую электрическую прочность.

В связи с тем, что электрические параметры газонаполненных кабелей весьма нестабильны, поскольку достаточно сильно зависят от давления и температуры газа, то такие кабели практически не применяются, хотя за рубежом, например в Англии, они получили довольно широкое распространение, так как значительно дешевле маслонаполненных кабелей.

Кабели высокого напряжения с пластмассовой изоляцией выпускаются в одножильном исполнении на переменное напряжение 110 и 220 кВ. Они имеют алюминиевые жилы круглой формы либо однопроволочные (сечением 350 и 500 мм<sup>2</sup>), либо многопроволочные (сечением 625мм<sup>2</sup>), которые изолированы вулканизированным полиэтиленом.

Использование вулканизированного полиэтилена повышает на-гревостойкость изоляции (до 120 С) и стойкость к действию токовых перегрузок. Для увеличения электрической прочности кабеля поверх жилы и изоляции толщиной 11,4-13 мм одновременно накладываются экраны из полупроводящего полиэтилена.

В соответствии с техническими условиями эти кабели выпускаются следующих марок:

АпвП – кабель с алюминиевой жилой, изолированной вулканизированным полиэтиленом в оболочке из полиэтилена низкого давления;

АпвПс — то же, но в оболочке из самозатухающего полиэтилена;

АпвПу — то же, но с двойной оболочкой из самозатухающего полиэтилена;

АпвВ — то же, но в оболочке из поливинилхлоридного пластика.

Применение кабелей с пластмассовой изоляцией в электрических сетях на переменное напряжение 100 кВ и выше позволяет значительно снизить стоимость кабельных линий, ускоряет процесс их монтажа и повышает удобства их эксплуатации.

Контрольные кабели предназначены для присоединения электрических приборов и аппаратов в электрических распределительных устройствах с переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным до 1000 В при температуре окружающей среды от —50 до +50 °С. Они могут прокладываться и на открытом воздухе при условии защиты их от механических повреждений и воздействия прямых солнечных лучей. Данные кабели

изготавливаются с однопроволочными медными и алюминиевыми жилами сечением 0,75-10 мм<sup>2</sup>, число которых может составлять от 4 до 61.

Кабели могут выпускаться как в общем экране, так и с отдельно экранированными жилами. В качестве материалов для изоляции токопроводящих жил таких кабелей применяются резины с нормальной и повышенной нагревостойкостью, а также пластические массы (полиэтилен, самозатухающий полиэтилен, поливинилхлоридный пластикат, фторопласт). Толщина изоляции, как правило, составляет 0,2—1,2 мм. Оболочки таких кабелей изготавливаются из резины, поливинилхлоридного пластиката или из металла (свинцовая или стальная гофрированная).

***Система маркировки контрольных кабелей практически не отличается от системы маркировки силовых кабелей низкого напряжения.***

Отличие состоит лишь в том, что на первом месте в марке контрольного кабеля ставится буква К, если кабель имеет медные жилы, и буквы АК, если алюминиевые.

**В зависимости от назначения и условий прокладки специальные кабели разделяются на гибкие высокого напряжения, для радиоустановок, аэродромные, для электросварки.**

В последние годы наблюдается бурное развитие волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), важнейшим элементом которых являются волоконно-оптические кабели (ВОК). Узкий световой лазерный луч. Модулированный соответствующим образом, может распространяться на большие расстояния и передавать огромный объем информации. Использование его для передачи в атмосфере затруднено из-за больших потерь световой энергии, из-за поглощения и рассеяния, обусловленных загрязнением передающей среды (частицы пыли, сажи, газы, капли влаги). По мере развития производства оптически чистых стекол и стеклянных нитей на их основе появилась возможность передавать световую энергию по ВОК, основным элементом которых является ОВ (оптическое волокно). В качестве материала для ОВ используются стекла на основе чистого кварца. Луч света, введенный от лазера в ОВ, распространяется вдоль его оси, если показатель преломления в центре волокна больше, чем у его внешней поверхности. Это достигается, например, путем изготовления двухслойного ОВ, центральная часть которого (сердечник) за счет легирующих добавок имеет показатель преломления, немного больший наружного слоя ОВ (светоотражающая оболочка).

### **Практическое занятие № 3**

#### **«Электроды, щетки электрических машин, угольные порошки, их состав, свойства и применение»**

Цель: Сформировать умения по применению электродов и соблюдению требований безопасности труда с пожарной безопасностью при работе с электродами

Уважаемый обучающийся!

1) В результате выполнения этой работы вы научитесь определять типы электродов и сварочной проволоки, производить подбор электродов согласно условиям сварки.

2) Выполнение этой работы обязательно для допуска к зачёту.

#### **Оборудование:**

- сварочная проволока;
- электроды различных марок;

#### **Справочная литература:**

Учебник Маслов. В.И. Сварочные работы: учеб. Пособие для нач. проф. Образования / В.И. Маслов 6-е издание, стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2007.-240с.;

#### **Дополнительные источники:**

Справочник электрогазосварщика и газорезчика Учеб. Пособие для нач. проф. Образования/Г.Г.Чернышов Издательский центр «Академия»,2004.-400с плакаты по теме. Учебный видео фильм

## **Интернет-ресурсы: Порядок выполнения работы**

1) Повторить учебный материал по пройденной теме - «Подбор сварочных проводов».

Источник: конспект; Учебник В.И. Маслов «Сварочные работы».- М.Издательский центр «Академия» стр. 21-24.;

Основу электродов составляют металлические стержни, изготавливаемые, главным образом, из **стальной сварочной проволоки, специально для этого предназначенной.**

Такую проволоку выпускают по ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная» или по техническим условиям, устанавливающим отличный от стандартного химический состав металла проволоки и предусматривающим остальные требования по указанному стандарту. Стандартная проволока является холодноотянутой, ее изготавливают из низкоуглеродистых, легированных и высоколегированных сталей. В электродном производстве применяют десятки марок проволок, которые отличаются, в первую очередь, химическим составом (табл. 20).

В условное обозначение каждой марки проволоки входит индекс Св (сварочная), за которым через дефис следует группа цифр и букв. Первые две цифры показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Обозначение легирующих элементов, содержащихся в металле проволоки, и их количества аналогично обозначениям в типах наплавленного металла высоколегированных электродов (см. гл. 2).

Подавляющее большинство объема выпускаемых электродов производят из низкоуглеродистой проволоки марок Св-08 и Св-08А. Буква А в конце обозначения указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора. В проволоке марки Св-08АА две буквы А указывают на пониженное содержание серы и фосфора по сравнению с проволокой марки Св-08А. Из такой проволоки производят электроды, обеспечивающие

В легированных сварочных проволоках содержится до шести легирующих элементов, а их общая концентрация не превышает 6%. При больших концентрациях проволоку относят к высоколегированной.

Для изготовления электродов применяют проволоку диаметром 1,6-6,0 мм. Кроме норм по химическому составу, к сварочной проволоке предъявляют требования по точности диаметра, временному сопротивлению разрыву (только для легированных и высоколегированных проволок), состоянию поверхности.

Отметим, что проволоку для изготовления электродов от просто сварочной проволоки отличают более жесткие предельные отклонения по диаметру и меньшие значения временного сопротивления. Использование неэлектродной проволоки приводит к технологическим затруднениям при ее переработке и к снижению качественных показателей электродов. Поэтому назначение проволоки необходимо указывать при ее заказе.

Для высоколегированной проволоки, подвергаемой травлению после ее волочения, допускают увеличение размеров допусков до 50%.

*Овальность проволоки не должна превышать половины предельного отклонения по диаметру. Применение проволоки с нормированными только отрицательными отклонениями по диаметру является одним из факторов, обеспечивающих ее беспрепятственное прохождение по технологическому циклу изготовления электродов. Однако использование проволоки с недопустимо большими минусовыми отклонениями по диаметру может привести к ее отклонению или искривлению в направляющих втулках электрообмазочного пресса при опрессовке, следствием чего является эксцентricность покрытия, а также к недопустимому повышению коэффициента массы покрытия и как следствие — к изменению свойств электродов. Утолщенная проволока может просто застрять в направляющих втулках пресса.*

На некоторые предприятия сварочная проволока поступает в виде заготовки — катанки диаметром 5,5-7,0 мм, из которой на специальном оборудовании (волоочильных станах) вырабатывают проволоку нужного диаметра (см. гл. 5).

**По химическому составу катанка соответствует ГОСТ 2246-70.**

**По способу охлаждения** в процессе производства (при прокатке) катанку подвергают ускоренному охлаждению (одностадийному или двухстадийному) или охлаждению на воздухе в мотках. Масса окалины, образующейся на поверхности катанки, подвергнутой одностадийному охлаждению, не должна превышать 18 кг/т, двухстадийному — 10 кг/т; для катанки, охлажденной на воздухе, массу окалины на ее поверхности не нормируют.

Катанку поставляют в мотках, состоящих из одного непрерывного отрезка массой, как правило, не менее 160 кг. Технические требования к катанке устанавливают специальными техническими условиями.

Проволоку поставляют в мотках или намотанной на катушки. Размеры и масса стандартных мотков должны соответствовать указанным в табл. 21. Масса проволоки в большегрузных мотках составляет 900-1200 кг.

Каждый моток перевязывают лентой или мягкой проволокой не менее чем в трех местах, равномерно по окружности. Концы проволоки располагают так, чтобы их можно было легко найти. Отдельные куски однородной проволоки могут быть соединены контактной стыковой сваркой с последующей зачисткой зоны сварки до норм стандарта.

Механические свойства легированной и высоколегированной проволоки задают нормами по временному сопротивлению разрыву: для проволоки диаметром 1,6 и 2,0 мм — 690-980 МПа, для больших диаметров — 640-930 Мпа. При этом колебания по временному сопротивлению разрыву в одном мотке не должны превышать 100 Мпа. Это необходимо для обеспечения равномерной рубки проволоки на стержни. Следует учитывать, что высоколегированная проволока при волочении подвергается наклепу, что увеличивает ее жесткость и затрудняет последующую правку. Дополнительная термообработка для уменьшения жесткости проволоки не всегда возможна. Поэтому для ряда марок проволоки допускают определенное повышение нормативного значения временного сопротивления разрыву.

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, раковин, окалины, ржавчины, масла и других поверхностных дефектов и загрязнений. Допустимы риски, царапины, местная рябизна и отдельные вмятины, причем глубина указанных дефектов не должна превышать предельного отклонения по диаметру проволоки.

На поверхности низкоуглеродистой и легированной проволоки не допускается наличие технологических смазок, за исключением следов мыльной смазки без графита и серы. Последние, являясь вредными примесями для металла шва, могут снизить его свойства. Некоторые низколегированные марки проволоки разрешается для защиты при хранении от атмосферной коррозии покрывать слоем нейтральной смазки, хорошо растворимой в бензине.

Высоколегированная проволока должна поступать чистой, без всяких следов смазки; ее поверхность должна быть светлой, светломатовой или серой. Такое состояние поверхности изготовители проволоки достигают травлением и отбеливанием или термической обработкой в инертной атмосфере.

Изготовителям электродов проволоку поставляют партиями. Каждая партия состоит из проволоки одной марки, одной плавки.

Одного диаметра, одного назначения. Каждую партию проволоки должен сопровождать сертификат (документ о качестве), удостоверяющий ее соответствие нормам. В сертификате должно быть указано: наименование или товарный знак (условное графическое изображение) предприятия-изготовителя, условное обозначение проволоки, номер плавки и партии, химический состав в процентах, результаты испытаний проволоки на растяжение, ее масса нетто. На каждом мотке (катушке) проволоки должна быть прикреплена бирка, на которой указывают первые три позиции из данных сертификата. Проволоку без сертификатов или без бирок в производство не допускают.

Условное обозначение электродной сварочной проволоки включает букву Э (электродная). Например, для проволоки диаметром 4 мм марки Св-08 — проволока 4 Св-08-Э ГОСТ 2246-70; для проволоки диаметром 3 мм марки Св-02Х19Н9 из стали, выплавленной в вакуумноиндукционной печи — проволока 3 Св – 02Х19Н9-ВИ-Э ГОСТ 2246-70.

Сварочную проволоку поставляют в специальной упаковке или без нее. Хранить проволоку необходимо в сухих закрытых помещениях, защищающих ее от воздействия атмосферных осадков и почвенной влаги, при положительных температурах, в условиях, предохраняющих проволоку от ржавления, загрязнения и механических повреждений. Требования к хранению высоколегированной проволоки менее жесткие, однако ее загрязнение и механические повреждения недопустимы.

Складирование проволоки осуществляют отдельно по партиям и плавкам. Обычно вновь поступающей проволоке отдел технического контроля присваивает заводской порядковый номер, наносимый на специальные бирки, с которыми проволока проходит через все стадии технологического процесса изготовления электродов.

Поступающая проволока подлежит приемке и контрольной проверке. При приемке проволоки все мотки подвергают внешнему осмотру и обмеру. Качество упаковки, намотки, состояние поверхности проволоки контролируют визуально. Диаметр проволоки измеряют микрометром с точностью до 0,01 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях, не менее чем в двух сечениях, расстояние между которыми должно быть более 5 м.

Для проведения контрольного химического анализа от каждой партии отбирают не менее двух мотков (катушек). Образцы для анализа должны быть взяты от обоих концов каждого контролируемого мотка или из двух участков на расстоянии не менее 5 м друг от друга каждой контролируемой катушки.

Особое внимание следует уделять контролю высоколегированной проволоки, перепутывание которой может привести в последующем у потребителя электродов к непредсказуемым последствиям. На практике известны случаи халатного навешивания бирок с неправильным указанием марок проволоки, попадания отрезков посторонней проволоки, сваренных в большегрузные мотки основной проволоки. Поэтому при переработке высоколегированной проволоки необходим ее дополнительный контроль как минимум по отличительным элементам оперативными методами спектрального анализа.

Для анализа при рубке проволоки отбирают по одному прутку от каждого мотка или 8-10 прутков, взятых от каждого большегрузного мотка равномерно по длине проволоки или по времени ее рубки. Качественный спектральный анализ производят сравнением с эталоном (стандартным образцом предприятия) из проволоки контролируемых марок, обычно на стационарном стилоскопе «Спектр».

Для точного количественного анализа используют спектрометры типа «Спектротест», Niton XLt 800, ARL 3460, Белек варио лаб-N и т. П.

При испытании проволоки на растяжение для определения временного сопротивления разрыву от партии проволоки отбирают не менее трех мотков (катушек). Из двух участков на расстоянии не менее 5 м друг от друга отбирают образцы длиной более 150 мм. При проведении испытаний на растяжение расстояние между захватами машины должно быть не менее 100 мм.

Проволоку из цветных металлов и сплавов в электродном производстве используют в небольших объемах. Такая проволока требуется при изготовлении электродов для сварки технического алюминия и его сплавов, никеля, меди и бронз, чугуна.

Алюминиевую проволоку поставляют по ГОСТ 7871-75. Используют две марки проволоки: Св-А5 и Св-АК5. Химический состав (масс. %): алюминий — не менее 99,5 и 93-95,4; кремний — 0,10-0,25 и 4,5-6,0; железо — 0,20-0,35 и 0; титан — 0 и 0,1-0,2; примеси — соответственно не более 0,06 и 0,4. Для изготовления электродов применяют проволоку диаметром 4-6 мм, имеющую допуск по диаметру — 0,096 мм.

В электродах для сварки меди, а в ряде марок и чугуна, используют проволоку из технической меди марки М1.

Химический состав проволоки по ГОСТ 859-2001: медь — более 99,9, контролируемые примеси не более 0,01, кислород — не более 0,005%. Состояние поставки проволоки регламентировано ГОСТ 16130-85, которым предусмотрена марка Т (твердая) с временным сопротивлением разрыву 350 Мпа. Только такая проволока обладает достаточной жесткостью при переработке на электродные стержни. Для изготовления электродов применяют проволоку диаметром 3-6 мм.

Также применяют твердую проволоку из технического никеля (оговаривается в заказе) — марка НП-2 по ГОСТ 7179-70 с химическим составом по ГОСТ 492-73: никель — более 99,5, углерод — менее 0,01, сера и фосфор — каждого менее 0,001, масс. %.

#### **Электродная проволока**

Для подвода тока и заполнения шва при сварке плавящимся электродом применяют электродные металлические стержни или проволоку.

Сварочная стальная проволока используется при автоматической и механизированной дуговой и электрошлаковой сварке, для изготовления стержней электродов и присадочных прутков при ручной дуговой сварке, газовой и всех способах сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов.

По ГОСТ 2246-70\* изготавливают *углеродистую* (6 марок), *легированную* (30 марок) и *высоколегированную* (39 марок) *стальную проволоку* различных марок, диаметром 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10 и 12 мм.

**Сварочную проволоку** обозначают буквами «Св» и последующими цифрами и буквами в зависимости от химического состава.

Пример химического состава сварочной проволоки приведен в таблице 5.1 (в %).

Таблица 5.1.

Стальную сварочную проволоку выпускают в мотках весом 2-40кг, в катушках (для сварочных автоматов) весом 5-80кг (соотв.  $D = 0,3 \div 1,6 - 2 \div 5$  мм) или в кассетах. Поверхность проволоки должна быть без окалины, ржавчины, грязи и масла. Из таких же сталей выпускают наплавочную стальную проволоку диаметром  $d = 0,3 \div 8$  мм; обозначают «Нп», используют только для наплавочных работ.

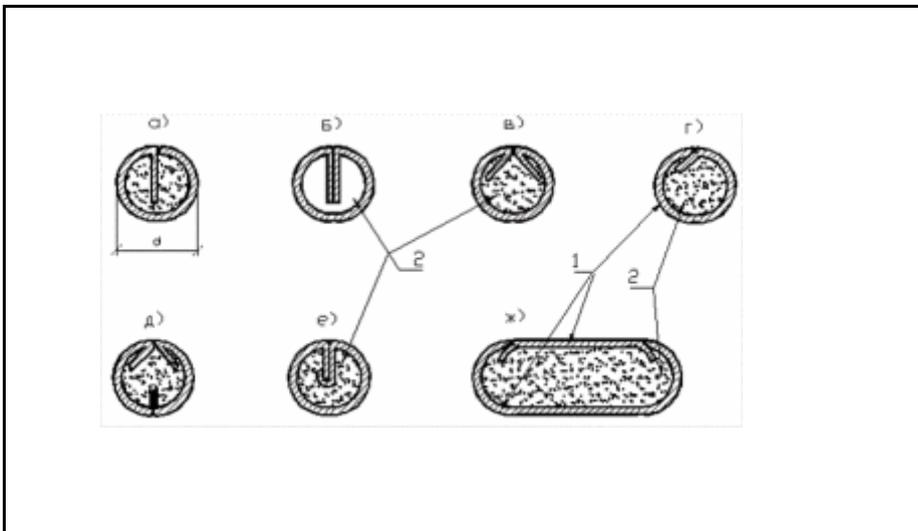
Для сварки алюминия и его сплавов применяется сварочная **проволока из Al** и его **сплавов**, изготавливаемая по ГОСТ 7871-75 различных марок, диаметром  $d = 0,8 \div 12$  мм; обозначают **СвА** (табл. 5.2).

Выпускают СвА в мотках весом 1,5-40кг с консервирующей смазкой, во влагонепроницаемой упаковке.

По требованию потребителя при  $d = 4$  мм проволока может поставляться в химически чистом виде и герметизированной упаковке.

#### **Порошковая проволока**

Порошковая проволока – трубчатая проволока с порошковым сердечником диаметром 1,2-3мм, изготавливается из стальной холоднотянутой ленты  $t = 0,3-0,5$  мм и  $b = 9-15$  мм. Наибольшее распространение имеют проволоки кольцевого сечения с дополнительной одинарной перемычкой, с двойными перемычками, и более сложного сечения (рис. 5.3).



**Рис. 5.3** Порошковая проволока и лента а, б, в, г, д, – однослойная; е – двухслойная; ж – лента; 1–стальная оболочка; 2–порошок

**В состав порошкового сердечника трубчатой проволоки для сварки малоуглеродистой стали входят:** рутил, ферросплавы, органические вещества и железный порошок. Для сварки малоуглеродистой и низколегированной стали применяют, например, порошковую проволоку марок ПП-АН-1, -АН-2, -АН-3, -АН-4; ПП-ДСК и ЭПС-15/2. Коэффициент (АН-3), (ЭПС-15/2).

Порошковую проволоку различных марок для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей изготовляют в соответствии с ГОСТ 26271-84. Она подразделяется по ряду признаков:

- по условиям применения на самозащитную (ПС) и газозащитную (ПГ);
- по пределу текучести на типы 34, 39, 44, 49, 54, 59, 64, 69, т.е. наплавленного металла в кгс/мм<sup>2</sup>;
- по категориям в зависимости от содержания в наплавленном металле С, S, P в %%;
- по положению при сварке – нижнему (Н), нижнему и горизонтальному (Г), вертикальному и горизонтальному (В), для всех положений (У) и т.д.

Самозащитные порошковые проволоки – ПП-АН1, ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АН-11, ПП-1ДСК, ПП-2ДСК, ЭПС-15/2 и др.

Порошковые проволоки, применяемые с дополнительной защитой CO<sub>2</sub>: ПП-АН4, ПП-АН8, ПП-АН9, ПП-АН10 и др.

Применяют сварочные проволоки сплошного сечения без всякой защиты – Св-20ГСЮТ с содержанием церия- (0,3-0,45)% и Св-15ГСТЮ ЦА, разработанные в институте электросварки им. Е.О.Патона.

Марку электрода выбирают в зависимости от химического состава свариваемого металла. Покрытие электрода со шлакообразующей основой на базе карбонатов кальция или магния и плавикового шпата называется основным. Основные покрытия пригодны

для сварки и углеродистых, и легированных сталей. Наиболее известные марки электродов этой группы – УОНИИ-13/45, АНО-7, АНО-8. Наплавленный ими металл обладает высокой ударной вязкостью при отрицательных температурах.

Покрытие со шлакообразующей основой на базе рутила (TiO<sub>2</sub>) называют рутиловым, которое является наиболее распространенным в нашей стране. Широко используют электроды марок МР-3, ОЗС-4, АНО-4 из-за высоких механических свойств швов и хороших сварочно-технологических характеристик.

При выборе типа электрода следует руководствоваться ГОСТ 9467-75. В нем предусмотрено девять типов электродов: Э38,

Э42, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60. Их применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 Мпа. Для сварки легированных сталей с временным сопротивлением свыше 600 Мпа используют электроды

Э70, Э150. В обозначении типа электрода указаны буква Э (электрод) и цифра, показывающая минимальное временное сопротивление разрыву металла шва или наплавленного металла в кгс/мм<sup>2</sup>. Буква А после цифрового обозначения электродов указывает на повышенные пластичность и вязкость металла шва.

Тип электрода выбирают таким образом, чтобы прочность металла шва и прочность основного металла были примерно равны.

$\sigma_B = 480$  Мпа, то следует выбирать электрод типа Э50 или Э50А. Например, если у основного металла ??

2) Изучить свойства электродной проволоки и марок электродов для различного способа сварки.

3) проанализировать проделанную работу;

4) ответить на контрольные вопросы:

Контрольные вопросы:

- какие типы электродов применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 Мпа?

- для чего нужно покрытие электродов?

- чем можно заменить покрытие электрода?

#### **Практическое занятие № 4**

##### **«Исследование контактных пар на износостойкость»**

Основные положения теории

Трение обусловлено сложными механо- и физико-химическими процессами, протекающими в зонах фактического касания твердых тел. Эти процессы зависят от внешних условий, окружающей среды, температуры, нагрузки, шероховатости поверхностей, механических свойств и природы

материалов. В практике проектирования, изготовления эксплуатации машин и оборудования необходимо прогнозировать и знать потери на трение в подвижных сопряжениях, определяющие коэффициент полезного действия изделий. Возникает необходимость выявления таких параметров и соотношений, на основе которых по заданным условиям можно определить важнейшую характеристику – коэффициент трения.

Коэффициент трения определяется как отношение силы сопротивления относительному перемещению  $T$  двух твердых тел при трении к нормальной составляющей  $N$  реакции внешних сил, действующих на кинематическую

пару:

$$f = T/N$$

Цель работы состоит в изучении характера поведения триботехнической системы и определении коэффициента трения в парах сталь-сталь, сталь- бронза при трении скольжения без смазочного материала.

Экспериментальная установка, материалы

Проведение испытаний осуществляется на машине трения СМЦ-2, расположенной в трибоцентре кафедры (а. П-1-45). Кинематическая схема Пары трения представлена на рис.1. Испытуемые материалы (сталь 45, бронз ОЦС-5-5-5) выполнены в виде колодки, контртело – ролик диаметром 35 мм выполнен из стали 40Х13.

От двигателя 1 через клиноременную передачу 2 со сменными шкивами вращение передается к шестерням 3 раздаточной коробки. В каретке 5, поворачивающейся вокруг оси вала 4, расположены сменные шестерни 6 для привода верхнего образца 8, в случае, если используется схема трения качения с проскальзыванием и в качестве образца используется ролик.

Нагружение образцов осуществляется пружинным механизмом 7.

Вращение на бабку 4 и вал 5 нижнего о бразца передается от электродвигателя 1 через клиноремennую передачу и контрпривод 2.

Верхний образец размещается в приспособлении на валу 6 в бабке 7.

Нагрузка задается устройством 8, содержащим тарировочную пружину и серьгу. Момент трения регистрируется индуктивным датчиком 3 по скручиванию торсионного валика. Основные величины, характеризующие процесс трения, записываются синхронно на ленте электронного потенциометра – самописца КСП-4. Износ определяется микрометрированием или по потере массы образца.

Технические характеристики машины СМЦ-2:

Частота вращения нижнего образца, с-1 ..... 5,0;8,33;16,7

Диапазон измерения момента трения, Нм ..... 1,5 – 15,0

Нагрузка на образцы, кН ..... 0,2 – 2,0

Мощность, потребляемая, кВт ..... 2,2

Масса машины, кг ..... 500

Порядок выполнения работы

Преподавателем выдаются элементы пары трения: ролик  $\varnothing$  35 мм из стали 40X13, закаленный до твердости HRC 40 и колодки размерами 10x10x10 мм из бронзы ОСЦ 5-5-5 и стали 45 (HRC 35-40).

В начале, перед проведением испытания, пара трения притирается путем трения при незначительной нагрузке, порядка 5-10 кг в течение 20-30 мин.

При этом контролируется поведение стрелки на самописце КСП-4. Притирка считается законченной, когда стрелка самописца будет показывать постоянное значение момента трения.

Затем прикладывается испытываемая нагрузка на пару трения – 50-60 кг и проводятся испытания в течение 10 минут. При этом снимаются показания самописца и значения момента трения. Проводятся измерения массы колодки до и после испытания. Таких испытаний с одной колодкой проводят не менее трех. После этого вместо бронзовой колодки устанавливают колодку из стали 45 и по аналогичной схеме проводят притирку, испытания и измерения потери массы.

Обработка результатов работы

Работу следует проводить в следующей последовательности:

- включить все приборы с целью их прогрева;
- установить необходимую частота вращения нижнего образца-ролика;
- закрепить ролик и колодку в приспособлении;
- произвести обжатие образцов при некоторой нагрузке и проворот вала ролика от руки для лучшей самоустановки оправки с верхним образцом;
- на холостом ходу машины произвести прогрев всей измерительной системы момента трения, а также запись нулевой линии момента трения холостого хода;
- осуществить нагружение узла трения.

С целью исключения случайных ошибок образцы перед взвешиванием до испытаний и после эксперимента тщательно очищают. Каждый образец взвешивать до и после испытаний не менее трех раз, после чего определять потерю массы в результате изнашивания.

Линейная скорость скольжения составляет 0,09 м/с (для роликов  $\varnothing$ 35 мм при угловой скорости 5 с-1). Первоначальная (притирочная) удельная нагрузка составляет 0,5 – 1 Мпа, затем (через 10000 оборотов) нагрузку увеличить до 5 – 6 Мпа.

Непрерывная запись динамики изменений момента силы трения в процессе приработки и в установившемся режиме осуществляется потенциометром КСП-4. Точность измерения момента силы трения составляет 0,015 Н·м.

Коэффициент трения рассчитать по формуле:

$$Pd Mf \cdot 2, (1)$$

где М – момент силы трения в процессе работы, Н·м;

d - диаметр ролика, м;

P - прижимающая нагрузка, Н.

Затем рассчитать среднее значение коэффициента трения.

Скорость изнашивания V в г/ч рассчитать по формуле:

$m$

$$V t \Delta = , (2)$$

где:  $\Delta m$  - изменение массы трущегося образца, г;

t – время одного испытания, 20 мин (по достижении 10000 оборотов).

Интенсивность изнашивания I<sub>g</sub> в г/м рассчитать по формуле:

$$g m I L \Delta = , (3)$$

где:  $\Delta m$  - изменение массы трущегося образца, г;

L – путь трения, м.

Контрольные вопросы

1. Как определяется коэффициент трения?
2. От каких факторов зависит величина коэффициента трения?
3. Какие существуют пути снижения коэффициента трения?

### Практическое занятие № 5

«Изучение свойств электроизоляционных лаков, электроизоляционных эмалей.

#### Компаунды

**Цель работы:** изучить электротехнические характеристики слоистых пластиков, композиционных материалов

**Задание**

1. Заполните таблицу 5 и среди перечисленных диэлектриков выберите обладающий наибольшей электрической прочностью и наименьшим тангенсом угла диэлектрических потерь. Укажите область применения этого диэлектрика.

2. Заполните таблицу 6 и среди перечисленных диэлектриков выберите обладающий наилучшими электрическими характеристиками. Укажите область применения этого диэлектрика.

3. Заполнить таблица 7 - Достоинства, недостатки и области применения твердых поликонденсационных диэлектриков.

Таблица 5-Основные характеристики полимеризационных диэлектриков

Характеристика	Полистирол	Полиэтилен	Винипласт	Органическое стекло	Капрон
Плотность, кг/м <sup>3</sup>					
Теплостойкость (по Мартенсу), °C					
Холодостойкость, °C					
Удельное электрическое сопротивление, Ом*м					
Диэлектрическая проницаемость					
Тангенс угла диэлектрических потерь					
Электрическая прочность, МВ/м					

Ответ:

1. Определите вид полимеризационного диэлектрика последующему описанию: «Твердый непрозрачный материал белого или светло-серого цвета, несколько жирный на ощупь, получается из газа этилена ( $H_2C = CH_2$ ) посредством его полимеризации под давлением». Назовите область применения данного диэлектрика.

2. Определите вид полимеризационного диэлектрика по следующему описанию: «Высокополимерный термопластичный прозрачный материал, легко окрашивается во многие цвета, обладает оптической прозрачностью (пропускает 0,2 % лучей видимой области спектра)». Назовите область применения данного диэлектрика.

Таблица

6

Достоинства, недостатки и области применения твердых полимеризационных диэлектриков

Диэлектрик	Достоинства	Недостатки	Область применения
Полистирол			
Полиэтилен			
Винипласт			
Полиформальдегид			
Органическое стекло			
Капрон			

Таблица 7-Достоинства, недостатки и области применения твердых поликонденсационных диэлектриков

Наименование смол	Достоинства	Недостатки	Область применения
Резольные смолы			
Новолачные смолы (новолаки)			
Глифталевые смолы (глифтали)			
Эпоксидные смолы			

### Контрольные вопросы

1. Почему диэлектрики, полученные в результате реакции поликонденсации, обладают пониженными электроизоляционными свойствами по сравнению с диэлектриками, полученными в результате полимеризации?
2. Какие вещества вводят в капрон для повышения его стойкости к атмосферным воздействиям?
3. Какой из полимеризационных диэлектриков устойчив к разбавленным кислотам, щелочам, бензину и минеральным маслам?
4. Почему пластмассовые изделия, изготовленные на основе резольных смол, не рекомендуется применять там, где возможно образование электрических искр?

## Литература

1. Основные источники: Радченко, М. В. Электротехническое материаловедение / М. В. Радченко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 116 с. — ISBN 978-5-507-46507-1.

Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310229>