

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УМР   
 \_\_\_\_\_\_\_\_\_И.Г.Бозрова

«\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП.03.ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

**для обучающихся по профессии НПО 270843.04 Электромонтажник электрических сетей и электрооборудования**

**МОСКВА 2014**

**Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании ПЦК** **преподавателей** по укрупненной группе 140000 Электроснабжение (НПО и СПО)

протокол №\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_ 201\_ г.

Председатель ПЦК

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г.А. Бобылева

«\_\_\_\_» 201\_\_\_ г.

**Разработчик:**

Скопцова Наталья Игоревна,

преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**СОДЕРЖАНИЕ**

#### Введение………………………………………………………………………..…3

#### Практическая работа №1. Измерение удельного сопротивления проводников…………………………………………………………………...…7

#### Практическая работа №2. Определение коэффициента теплопроводности металла…………………………………………….……..11

#### Практическая работа №3. Маркировка цветных металлов

#### и сплавов……………………………………………………………………...…15

#### Практическая работа №4. Расчет сечения проводов

#### и кабелей………………………………………………………………………...21

#### Практическая работа №5. Определение зависимости сопротивления полупроводников и металлов от температуры…………………………….26

#### Приложения……………………………………………………………………..32

#### Список литературы…………………………………………………………….41

#### Введение

Учебная дисциплина ОП.03 Электроматериаловедение относится к общепрофессиональному циклу основной профессиональной образовательной программы.

Изучение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Общие компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

Профессиональные компетенции:

ПК 1.1. Выполнять работы по монтажу электропроводок всех видов (кроме проводок во взрывоопасных зонах).

ПК1.2.Устанавливать светильники всех видов, различные электроустановочные изделия и аппараты.

ПК 1.3. Контролировать качество выполненных работ.

ПК 1.4. Производить ремонт осветительных сетей и оборудования.

ПК 3.1. Производить подготовительные работы.

ПК 3.2. Выполнять различные типы соединительных электропроводок.

ПК 3.3. Устанавливать и подключать распределительные устройства.

ПК 3.4. Устанавливать и подключать приборы и аппараты вторичных цепей.

ПК 3.5.Проверять качество и надежность монтажа распределительных устройств и вторичных цепей.

ПК 3.6.Производить ремонт распределительных устройств и вторичных цепей.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь:**

* определять характеристики материалов по справочникам;
* выбирать материалы по их свойствам и условиям эксплуатации.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

* общие сведения о строении материалов;
* классификацию электротехнических материалов;
* механические, электрические, тепловые, физико-химические характеристики материалов;
* основные виды проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалов, их свойства и области применения;
* состав, основные свойства и назначение припоев, флюсов, клеев.

Практические работы - важнейшая составная часть обучения электроматериаловедения, направленная на гармоничное развитие личности обучающихся.

Основной целью практических работ является углубление и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях по материаловедению.

Методические указания по выполнению практических работ по электроматериаловедению разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины. Содержание методических указаний по выполнению практических работ по электроматериаловедению соответствует требованиям ФГОС.

Данное пособие включает в себя 5 практических работ по темам курса ОП.03.Электроматериаловедение. Каждая практическая работа содержит сведения о цели ее проведения, необходимых приборах и материалах, а также включает в себя основные теоретические сведения, порядок выполнения и контрольные вопросы.

К выполнению практических работ обучающиеся приступают после подробного изучения соответствующего теоретического материала.

После окончания работ обучающиеся приводят в порядок рабочее место.

В процессе выполнения практической работы и после окончания ее студент должен показать преподавателю полученные им расчеты и вытекающие из них выводы. После утверждения преподавателем указанных результатов и выводов каждый обучающийся оформляет отчет по работе, который представляется на проверку и подпись преподавателю в тот же день либо на следующем практическом занятии.

Отчет составляются по каждой выполненной работе на основе записей в тетради и в зависимости от темы и цели работы должен содержать: наименование работы, ее номер, дату выполнения. В отчете должны быть отражены результаты работы, заполнены таблицы наблюдений, вычерчены необходимые схемы, приведены формулы, расчеты, графики, эскизы, технологические карты.

Заключительным этапом выполнения практических работ обучающихся является сдача зачетов по выполненным работам. К зачету обучающиеся готовятся заранее дома, отвечая на контрольные вопросы.

#### Практическая работа №1. Измерение удельного сопротивления проводников.

**Цель работы:** научиться определять удельное сопротивление проводника, установить количественную зависимость электрического сопротивления от длины проводника:

* научиться получать рабочую формулу для расчета удельного сопротивления проводника;
* познакомиться с приборами к данной лабораторной работе, научиться пользоваться микрометром или штангенциркулем;
* научиться составлять схему и собирать электрическую цепь;
* научиться вычислять среднее значение экспериментально полученной величины;
* научиться сравнивать полученное экспериментальное значение удельного сопротивления проводника с табличным и определять материал, из которого сделан проводник;
* научиться анализировать экспериментальные данные и выявлять количественные зависимости.

**Приборы и материалы:** амперметр, вольтметр, лента измерительная, микрометр или штангенциркуль, источник тока, проволока из материала с большим удельным сопротивлением длиной 65–70 см и диаметром около 0,5 мм, металлические наконечники, ключ, соединительные провода.

**Основные теоретические сведения.**

Удельное электрическое сопротивление, или просто удельное сопротивление вещества — физическая величина, характеризующая способность вещества препятствовать прохождению [электрического тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA).

Удельное сопротивление обозначается греческой буквой . Величина, обратная удельному сопротивлению, называется [удельной проводимостью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) (удельной электропроводностью). В отличие от [электрического сопротивления](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), являющегося свойством *проводника* и зависящего от его материала, формы и размеров, удельное электрическое сопротивление является свойством только *вещества*.

Электрическое сопротивление однородного проводника с удельным сопротивлением, длиной  и площадью поперечного сечения *S* может быть рассчитано по формуле

(при этом предполагается, что ни площадь, ни форма поперечного сечения не меняются вдоль проводника). Соответственно, для ρ выполняется

Из последней формулы следует: физический смысл удельного сопротивления вещества заключается в том, что оно представляет собой сопротивление изготовленного из этого вещества однородного проводника единичной длины и с единичной площадью поперечного сечения.

Единица измерения удельного сопротивления в [Международной системе единиц (СИ)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%98) — [Ом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BC)·[м](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80). Из соотношения

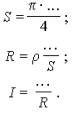
следует, что единица измерения удельного сопротивления в системе СИ равна такому удельному сопротивлению вещества, при котором однородный проводник длиной 1 м с площадью поперечного сечения 1 м², изготовленный из этого вещества, имеет сопротивление, равное 1 Ом. Соответственно, удельное сопротивление произвольного вещества, выраженное в единицах СИ, численно равно сопротивлению участка электрической цепи, выполненного из данного вещества, длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м².

В технике также применяется устаревшая внесистемная единица Ом·мм²/м, равная 10−6 от 1 Ом·м. Данная единица равна такому удельному сопротивлению вещества, при котором однородный проводник длиной 1 м с площадью поперечного сечения 1 мм², изготовленный из этого вещества, имеет сопротивление, равное1 Ом. Соответственно, удельное сопротивление какого-либо вещества, выраженное в этих единицах, численно равно сопротивлению участка электрической цепи, выполненного из данного вещества, длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм².

Площадь поперечного сечения образца проволоки можно рассчитать по формуле

**Порядок выполнения.**

1. Запишите исходные формулы для расчета удельного сопротивления проводника, заполнив пропуски:



2. Получите *рабочую формулу* для расчета удельного сопротивления проводника, заполнив пропуски: http://www.distedu.ru/mirror/_fiz/archive.1september.ru/fiz/1999/no43_7.gif

3.  Зарисуйте в тетради схему электрической цепи для измерения удельного сопротивления проводника.

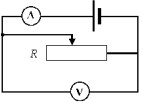


Рис.1 Схема электрической цепи.

4. Измерьте микрометром или штангенциркулем диаметр проволоки *d*, вычислите площадь поперечного сечения проволоки *S*.

5. Измерьте лентой длину проволоки (между металлическими наконечниками).

6. Соберите цепь, соединив последовательно источник тока, проволоку, амперметр и ключ.

7. Параллельно проволоке подключите вольтметр.

8. Замкнув ключ, измерьте силу тока *I* в цепи и напряжение *U* на концах проволоки. Рассчитайте электрическое сопротивление *R* проволоки.

9. Вычислите удельное сопротивление по *рабочей формуле*.

10. Разомкните ключ, измените расстояние  между наконечниками и измерьте длину проволоки во второй раз.

11. Замкнув ключ, измерьте опять силу тока *I* в цепи и напряжение *U* на концах проволоки; вычислите сопротивление проволоки *R* и ее удельное сопротивление  во второй раз.

12. Повторите п. 10, 11, проделав опыт в третий раз.

13. Рассчитайте среднее значение экспериментально полученных значений удельного

сопротивления по формуле: http://www.distedu.ru/mirror/_fiz/archive.1september.ru/fiz/1999/no43_3.gif

14. По данным таблицы постройте график зависимости *R*().

15. Сравните среднее экспериментальное значение удельного сопротивления проволоки с табличными данными, укажите, из какого материала изготовлена проволока, проанализируйте график зависимости *R*(), запишите вывод.

**Контрольные вопросы.**

1. Как классифицируют проводниковые материалы?
2. Что такое удельное сопротивление?
3. По какой формуле рассчитывается удельное сопротивление?
4. В каких единицах измеряется удельное сопротивление?
5. Как зависит удельное сопротивление металлов от примесей?

#### Практическая работа №2. Определение коэффициента теплопроводности металла

**Цель работы:** определить коэффициент теплопроводности металла, по полученному значению определить металл, который использовался в установке.

**Приборы и материалы:** два алюминиевых стаканчика соединенных между собой металлом цилиндрической формы (будем называть его образец), мензурка, холодная вода, горячая вода, штангенциркуль, два термометра, секундомер.

**Основные теоретические сведения.**

Теплопроводность – это перенос теплоты структурными частицами вещества (молекулами, атомами, электронами) в процессе их теплового движения. Такой теплообмен может происходить в любых телах с неоднородным распределением температур, но механизм переноса теплоты будет зависеть от агрегатного состояния вещества.

Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и молекул, которая определяет температуру тела, передается другому телу при их взаимодействии или передается из более нагретых областей тела к менее нагретым областям. Иногда теплопроводностью называется также количественная оценка способности конкретного вещества проводить тепло.

Если относительное изменение температуры Т на расстоянии средней длины свободного пробега частиц l мало, то выполняется основной закон теплопроводности (закон Фурье) – плотность теплового потока q пропорциональна градиенту температуры:

q = -λgradT,

где λ – коэффициент теплопроводности.

Отклонения от закона Фурье могут появиться при очень больших значениях gradT (в сильных ударных волнах), при низких температурах (для жидкого Не) и при температурах ~104 – 105 К, когда в газах перенос энергии осуществляется не только в результате межатомных столкновений, но и за счёт излучения.

Следует отметить, что закон Фурье не учитывает инерционность процесса теплопроводности, то есть в данной модели изменение температуры в какой-то точке мгновенно распространяется на всё тело. Закон Фурье не применим для описания высокочастотных процессов (и соответственно процессов, чьё разложение в ряд Фурье имеет значительные высокочастотные гармоники). Примерами таких процессов являются распространение ультразвука, ударные волны и т. д

Теплопроводность жидкостей меняется в диапазоне от 0,06 до 0,7 Вт/мК. С увеличением температуры теплопроводность у всех жидкостей, за исключением воды и глицерина, уменьшается. Теплопроводность газов примерно меняется в диапазоне от 0,006 до 0,1 Вт/мК. Исключение составляют водород и гелий, теплопроводность которых в 5 – 10 раз выше, чем у остальных газов.

Коэффициент теплопроводности.

Коэффициент теплопроводности является физическим параметром вещества и в общем случае зависит от температуры, давления и рода вещества. В большинстве случаев коэффициент теплопроводности для различных материалов определяется экспериментально с помощью различных методов. Большинство из них основано на измерении теплового потока и градиента температур в исследуемом веществе. Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м×К), при этом определяется из соотношения:

λ=q/gradt

из которого следует, что коэффициент теплопроводности численно равен количеству теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице. Примерные значения коэффициента теплопроводности различных веществ показаны в приложении 3.Так как тела могут иметь различную температуру, а при наличии теплообмена и в самом теле температура будет распределена неравномерно, т.е. в первую очередь важно знать зависимость коэффициента теплопроводности от температуры. Опыты показывают, что для многих материалов с достаточной для практики точностью зависимость коэффициента теплопроводности от температуры можно принять линейной:

λ= λ0[1+β(t-t0)]

где λ0 - значение коэффициента теплопроводности при температуре t0; β - постоянная, определяемая опытным путём.

2. **Порядок выполнения.**

1. Измерить диаметр образца, посчитать его площадь и записать в тетрадь.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | d1, мм | S1,мм2 | V,л | V1,л | V2,л | Т0, 0С |
| 1. |  |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | d2, мм | S2,мм2 | V,л | V1,л | V2,л | Т0, 0С |
| 1. |  |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |  |

1. Налить холодную воду в мензурку, измерить её объем и записать в тетрадь.
2. Налить холодную воду в один из алюминиевых стаканчиков.
3. Повторить п.1 только с горячей водой, желательно чтобы объемы горячей и холодной воды совпадали.
4. Налить горячую воду в другой алюминиевый стаканчик.
5. Закрыть плотно стаканчики крышкой, и в специально проделанные отверстия вставить термометры.
6. Записать начальную температуру T0, одновременно включив секундомер и через каждые 30 сек. записывать температуру горячей и холодной воды. В процессе измерения воду надо непрерывно перемешивать.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № опыта | Т1, 0С | Т2, 0С |
| 1. |  |  |
| 2. |  |  |

1. Вычислить коэффициент теплопроводности для каждой из температур по формуле:



где C1 - удельная теплоемкость алюминия, m1 - масса алюминиевых стаканчиков, C2 - удельная теплоемкость воды, m2 - масса воды, S - площадь образца, t - время,



- начальная температура горячей воды- начальная температура холодной воды

1. Из полученных данных вычислить среднее значение коэффициента теплопроводности.
2. Полученное значение сравнить с табличными значениями (Приложение 4) коэффициентов теплопроводности различных металлов, и узнать, из какого металла сделан образец.

**Контрольные вопросы.**

1. Дайте определение коэффициенту теплопроводности
2. Напишите определительную формулу для коэффициента теплопроводности металлов.
3. Укажите единицы измерения теплопроводности
4. Объясните процесс теплопроводности
5. Назовите основные методы измерения коэффициента теплопроводности.

#### Практическая работа №3. Маркировка цветных металлов и сплавов

**Цель работы**: расшифровать буквы и цифры в названии марок цветных металлов и сплавов

**Оборудование:** мультимедийный проектор

**Основные теоретические сведения.**

Классификация цветных сплавов.

2.1 Алюминий и алюминиевые сплавы

* [Деформируемые алюминиевые сплавы](http://cncexpert.ru/m211.htm)
* [Литейные алюминиевые сплавы](http://cncexpert.ru/m212.htm)

2.2 Медь и медные сплавы

* [Бронзы](http://cncexpert.ru/m221.htm)
* [Латуни](http://cncexpert.ru/m222.htm)
* [Сплавы меди с никелем](http://cncexpert.ru/m223.htm)

Титан, магний и их сплавы

* [Титан](http://cncexpert.ru/m231.htm)
* [Магний](http://cncexpert.ru/m232.htm)

Олово, свинец, цинк и их сплавы

* [Припои](http://cncexpert.ru/m241.htm)
* [Антифрикционные сплавы](http://cncexpert.ru/m242.htm)

2.1 Алюминий и его сплавы

Алюминий - легкий металл, обладающий высокими тепло- и электропроводностью, стойкий к коррозии. В зависимости от степени частоты первичный алюминий согласно ГОСТ 11069-74 бывает особой (А999), высокой (А995, А95) и технической чистоты (А85, А7Е, АО и др.). Алюминий маркируют буквой А и цифрами, обозначающими доли процента свыше 99,0% Al; буква "Е" обозначает повышенное содержание железа и пониженное кремния.

А999 - алюминий особой чистоты, в котором содержится не менее 99,999% Al;

А5 - алюминий технической чистоты в котором 99,5% алюминия. Алюминиевые сплавы разделяют на деформируемые и литейные. Те и другие могут быть не упрочняемые и упрочняемые термической обработкой.

Деформируемые алюминиевые сплавы хорошо обрабатываются прокаткой, ковкой, штамповкой. Их марки приведены в ГОСТ4784-74. К деформируемым алюминиевым сплавам не упрочняемым термообработкой, относятся сплавы системы Al-Mn и AL-Mg:Aмц; АмцС; Амг1; АМг4,5; Амг6. Аббревиатура включает в себя начальные буквы, входящие в состав сплава компонентов и цифры, указывающие содержание легирующего элемента в процентах. К деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой, относятся сплавы системы Al-Cu-Mg с добавками некоторых элементов (дуралюны, ковочные сплавы), а также высокопрочные и жаропрочные сплавы сложного хим.состава. Дуралюмины маркируются буквой "Д" и порядковым номером, например: Д1, Д12, Д18, АК4, АК8.

Чистый деформируемый алюминий обозначается буквами "АД" и условным обозначением степени его чистоты: АДоч (>=99,98% Al), АД000(>=99,80% Аl), АД0(99,5% Аl), АД1 (99,30% Al), АД(>=98,80% Аl).

Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 2685-75) обладает хорошей жидко-текучестью, имеет сравнительно не большую усадку и предназначены в основном для фасонного литья. Эти сплавы маркируются буквами "АЛ" с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9, АЛ13, АЛ22, АЛЗО.

Иногда маркируют по составу: АК7М2; АК21М2, 5Н2,5; АК4МЦ6. В этом случае "М" обозначает медь. "К" - кремний, "Ц" - цинк, "Н" - никель; цифра - среднее % содержание элемента.

Из алюминиевых антифрикционных сплавов (ГОСТ 14113-78) изготовляют подшипники и вкладыши как литьем так и обработкой давлением. Такие сплавы маркируют буквой "А" и начальными буквами входящих в них элементов: А09-2, А06-1, АН-2,5, АСМТ. В первые два сплава входят в указанное количество олова и меди (первая цифра-олово, вторая-медь в %), в третий 2,7-3,3% Ni и в четвертый медь сурьма и теллур.

2.2 Медь и её сплавы

Технически чистая медь обладает высокими пластичностью и коррозийной стойкостью, малым удельным электросопротивлением и высокой теплопроводностью. По чистоте медь подразделяют на марки (ГОСТ 859-78).

После обозначения марки указывают способ изготовления меди: к - катодная, б - бес кислородная, р - раскисленная. Медь огневого рафинирования не обозначается.

МООк - технически чистая катодная медь, содержащая не менее 99,99% меди и серебра.

МЗ - технически чистая медь огневого рафинирования, содержит не менее 99,5%меди и серебра.

Медные сплавы разделяют на бронзы и латуни. Бронзы- это сплавы меди с оловом (4 - 33% Sn хотя бывают без оловянные бронзы), свинцом (до 30% Pb), алюминием (5-11% AL), кремнием (4-5% Si), сурьмой и фосфором (ГОСТ 493-79 , ГОСТ 613-79, ГОСТ 5017-74, ГОСТ 18175-78).

Латуни - сплавы меди с цинком (до 50% Zn) и небольшими добавками алюминия, кремния, свинца, никеля, марганца (ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80). Медные сплавы предназначены для изготовления деталей методами литья, называют литейными, а сплавы, предназначенные для изготовления деталей пластическим деформированием - сплавами, обрабатываемыми давлением.

Медные сплавы обозначают начальными буквами их названия (Бр или Л), после чего следуют первые буквы названий основных элементов, образующих сплав, и цифры, указывающие кол-во элемента в процентах. Приняты следующие обозначения компонентов сплавов:

|  |  |
| --- | --- |
| А - алюминий | Су - сурьма |
| Мц - марганец | К - кремний |
| С - свинец | Н - никель |
| Б - бериллий | Т - титан |
| Мг - магний | Кд - кадмий |
| Ср - серебро | О - олово |
| Ж - железо | Ф - фосфор |
| Мш - мышьяк | Х - хром |
|  | Ц - цинк |

Примеры: БрА9Мц2Л - бронза, содержащая 9% алюминия, 2% Mn, остальное Cu ("Л"' указывает, что сплав литейный);

ЛЦ40Мц3Ж - латунь, содержащая 40% Zn, 3% Mn, ~l% Fe, остальное Cu;

Бр0Ф8,0-0,3 - бронза на ряду с медью содержащая 8% олова и 0,3% фосфора;

ЛАМш77-2-0,05 - латунь содержащая 77% Cu, 2% Al, 0,055 мышьяка, остальное Zn (в обозначении латуни, предназначенной для обработки давлением, первое число указывает на содержание меди).

В несложных по составу латунях указывают только содержание в сплаве меди:Л96 - латунь содержащая 96% Cu и ~4% Zn (томпак);

Лб3 - латунь содержащая 63% Cu и -37% Zn.

**Марки меди и её применение**



**Порядок выполнения работы**

1. Изучить характеристики и расшифровку марок алюминия и его сплавов, меди и её сплавов, изложенных в теоретической части работы.

2. Произвести расшифровку предложенных марок материалов таблицы 1, полученные результаты записать в таблицу 2.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| 1) БСт3кп | 9) БрАЖНЮ-4-4 |
| 2) АЛ9 | 10) БрА7Мц15ЖЗН2Ц2 |
| 3) БрОФ4-0 | 11) ЛЦ23АбЖЗМц2 |
| 4) БрСуЗНЗЦЗС20Ф | 12) БрКМцЗ-1 |
| 5) ЛЦ40МцЗА | 13) Бр06Ц6СЗ |
| 6) ЛЖМц59-1-1 | 14) ЛАНКМц75-2-2 |
| 7) ЛС59-1 | 15) АК4М4.ВТ22 |
| 8) Л68 | 16) АК9 |

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Марка | Химические элементы и их содержание |
| 1 | Пример  ЦАМ10-5Л | содержит 9,0-12,4%Al, 4,0-5,5% Cu, 0,03-0,06% Mg, временное сопротивление не менее 250 МПа, пластичность не менее 0,4%, твердость -не менее 100HB. Из сплава изготавливают подшипники и втулки металлообрабатывающих станаков, прессов, работающих под давлением до200-10000 Па. |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 |  |  |
| 5 |  |  |
| 6 |  |  |
| 7 |  |  |

3. Оформить отчёт работы

4.Ответить на контрольные вопросы

**Контрольные вопросы**

1. Опишите основные свойства меди.

2. Какие примеси меди значительно снижают пластичность и электропроводность?

3. Как влияет кислород, висмут, сера на структуру и свойства меди?

4. Опишите влияние цинка на свойства латуней.

5. Опишите влияние легирующих элементов на свойства бронз.

#### Практическая работа №4. Расчет сечения проводов и кабелей

**Цель работы:** рассчитать сечения проводов и кабелей по заданным условиям; выбрать марку кабеля, провода в соответствии с расчётными данными.

**Основные теоретические сведения.**

1.1. Требования к выбору проводов и кабелей

1. Если прокладывается постоянная проводка, лучше использовать кабель с токоведущими жилами из одиночных проволок. Он меньше, чем многопроволочный, подвержен коррозии (за счет меньшей площади поверхности), и его проще зачищать перед подключением.

2. Резина под действием озона, содержащегося в воздухе, стареет и покрывается микротрещинами. Поэтому желательно не использовать кабели с резиновым покрытием на солнечных местах.

3. Поливинилхлорид склонен к растрескиванию при сильном морозе, так что на улице лучше применять кабели с покрытием из полиэтилена.

4. В помещениях предпочтителен стабилизированный самозатухающий полиэтилен (в марке провода обозначается как Пс).

5. Кабели АВВГнг, ВВГнг, АВБбШнг и ВБбШнг отличаются оболочкой или шлангом из ПВХ-пластиката пониженной горючести. Применяются в местах с повышенной пожароопасностью.

6. При прокладке кабеля в водной среде (например, для подключения насосов), требуется специальная марка ВПП для погружных двигателей.

8. Для временного подключения желательно использовать многожильные кабели марок КГ и ПВС (КГ - с медными многопроволочными жилами, снабженными резиновой изоляцией, в резиновой оболочке), для постоянного подсоединения: по улице - ВВГ, для прокладки в грунте - ВБбШв.

9. Если кабель требуется провести через горючие материалы, в его обозначении должны присутствовать буквы "Н" (негорючий) или "нг" (не распространяющий горение). Это, например, кабели КГн и ВВГнг.

10. При напряжении в сети 220 В и 1-й фазе используют двух- или трехжильный кабель (третья жила - "земля"). Если 380 В и трехфазный ток, то необходим трехжильный или четырехжильный кабель (четвертая жила - "земля"). Это отражается в маркировке изделия. Например, КГ - 4 × 2,5 означает четырехжильный кабель с сечением основных жил 2,5 мм2.

**2. Порядок выполнения работы**

1. Выбор сечения проводов и кабелей

Для выбора сечения проводов и кабелей необходимо учитывать величину максимально потребляемого нагрузкой тока:

для однофазной нагрузки

где Pн – мощность нагрузки; Uс – питающее напряжение.

для трёхфазной нагрузки

При выборе сечения провода, необходимо предусмотреть подключение дополнительной нагрузки. Для этого используется коэффициент запаса КЗ,который умножается на рассчитанную мощность нагрузки.

Зная суммарный ток всех потребителей, из Приложения 5 выбирается ближайшее большее значение сечения провода S.

Расчёт проводов и кабелей

Расчёт сечения проводов и кабелей осуществляется обычно тремя способами:

1) По допустимому нагреву

При выборе вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей должны учитываться требования электробезопасности и пожарной безопасности. При относительно небольшой длине линий (~ до 30м) расчёт на нагревание является определяющим. При прохождении по проводнику электрического тока проводник нагревается. Нагрев изолированных проводов не должен быть выше определённого предела, т.к. изоляция при сильном нагреве может обуглиться и даже загореться.

В приложении 4указана допустимая токовая нагрузка в процентах в зависимости от температуры окружающей среды. Расчетный ток нагрузки при это пересчитывается по формуле

По приложению 5 выбираем сечение проводника.

Для безаварийной работы проводов и кабелей нормами установлена предельно допустимая температура нагрева (60-80о С) в зависимости от типа изоляции, условий монтажа и температуры окружающей среды.

2) По допустимой потере напряжения

Сечение проводов и кабелей по допустимой потере напряжения определяют главным образом для осветительных сетей. Для силовых сетей этот метод применяют лишь при сравнительно большой их протяжённости.

Допустимую потерю напряжения от источника тока до наиболее отдаленной по значению нагрузки (в процентах от номинального напряжения) можно применять:

5% - для силовых сетей напряжением до 1000 В

2,5% - для осветительных сетей

При ра­счете сетей по потере напряжения исходят из уровней напряжения для наиболее удаленной лампы. Выбор проводов по потере напряжения производится по формуле:

где *М -* момент нагрузки, кВт∙м; *ΔU* -потеря напряжения, %; *с -* постоян­ная, зависящая от материала провода, напряжения и рода тока сети - для медного провода и напряжении питания 220 В составляет 12,8, алюминиевого – 7,4.

Момент нагрузки определяется из выражения

где *L* - длина линии от пункта питания до наиболее удален­ной лампы, м.

3) по механической прочности

Исходя из соображений механической прочности, при малых значениях силы тока сечение медной жилы берут не менее 1 мм2, а алюминиевой - 2 мм2.

После выполнения этих расчётов выбирают стандартное сечение жилы проводника, равное максимальному из расчётных значений (или ближайшее большее).(Приложение7)

3. Отчет по практической работе должен содержать:

1) Тему и цели

2) Заполненную таблицу 3

3) Все расчеты, включая промежуточные

4. Задание: Минимагазин

Исходные данные:

* 1. Потребляемая мощность

- холодильные камеры 2 шт. 2 кВт

- холодильник 1 кВт

- кондиционер 1,5 кВт

- микроволновая печь 1 кВт

- подсветка витрин 10×10 Вт

- светильники 8 шт. 4×20 Вт

- внешняя подсветка 500 Вт

* 1. Коэффициент запаса

Кз = 1,3

* 1. способ прокладки проводки

скрытая по полимерным материалам; экономический фактор – приоритетный

Рассчитать и выбрать провода, кабели:

- вводный

- электрической сети магазина

- осветительной сети магазина

- электрической сети внешней подсветки

Таблица 3 – Данные расчета и выбора

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Провод, кабель | Ток нагрузки  Iн, А | Ток по допустимому нагреву  Iр, А | Сечение по потере напряж-я  Sп, А | Выбранное  сечение  S, А | Марка  провода,  кабеля |
| вводный |  |  | - |  |  |
| электросети  магазина |  |  | - |  |  |
| осветительной сети магазина |  |  |  |  |  |
| электросети  внешней подсветки |  |  |  |  |  |

Контрольные вопросы.

1. По каким параметрам можно рассчитать сечение проводов и кабелей?

2. В чем отличие проводов от кабелей?

3. Перечислите основные элементы проводов.

4. Перечислите основные элементы кабелей.

5. Укажите основные требования к выбору проводов и кабелей.

#### Практическая работа №5. Определение зависимости сопротивления полупроводников и металлов от температуры.

**Цель работы**: экспериментально изучить зависимость сопротивления металлов и полупроводников от температуры и измерение их температурных коэффициентов сопротивления.

**Основные теоретические сведения.**

С точки зрения способности проводить электрический ток все вещества делятся на три класса: проводники, полупроводники и диэлектрики (изоляторы). Электрическое сопротивление полупроводников занимает промежуточное значение между сопротивлением металлов и диэлектриков. Удельная электропроводность (или просто проводимость) метал-лов () имеет порядок (108…106) Ом-1⋅м-1, диэлектриков (1015÷…10-18) Ом-1⋅м-1 полупроводников (102…10-11) Ом-1⋅м-1. Удельное сопротивление проводников зависит от проводи-мости: . Для металлов удельные сопротивления имеют значения порядка 107…108 Ом⋅м.

Сопротивление металлического проводника прямо пропорционально температуре:

 (1)

где *R0* – сопротивление металлического проводника при 20° С; *t* – температура, °С; *α* – температурный коэффициент сопротивления металла.



Рис.3. Схема примесного полупроводника

Если примесный полупроводник является полупроводником *n*-типа, то *Еакт* определяет глубину расположения донорных уровней относительно дна зоны проводимости (*Ед*=*Еакт*), т. е. ту энергию, которая необходима для отрыва электронов от атома примеси и перевода в зону проводимости, где он может свободно перемещаться по кристаллу.

Если полупроводник *p*-типа, то *Еакт* определяет энергетическое положение акцепторных уровней относительно вершины валентной зоны (*Еа*=*Еакт*)

1. Устройство и принцип работы стенда.

R1

R2

S1

Омметр

ИП

*Рис.4. Принципиальная схема экспериментальной установки*

Полупроводниковый резистор ММТ-4 и металлический резистор, представляющий собой катушку из медной прово-локи помещены в термостат. Температура в термостате изме-ряется с помощью ртутного термометра или термопары. Со-противление резисторов изменяется с помощью моста посто-янного тока Р-4833 или с помощью комбинированного при-бора Щ4313, работающего в режиме измерения сопротив-ления. На рис. 2 ИП – источник питания термостата.

**Порядок выполнения.**

3.1. Измерения.

1. Включить установку с соответствующим номером на стенде. Дать прогреться 5-10 минут.

2. Убедиться, что ручка «Установка температуры» находится в положении min, а переключатель температуры – в положении «Текущая». В этом случае индикатор «Температура» показывает значение комнатной температуры.

3. Измерить значение сопротивление полупроводника (R1) и металла (R2) при комнатной температуре. Для этого:

3.1. Поставить переключатель S1 в положение «Полу-проводник» (вверх), снять показания с цифрового индикатора «Сопротивление».

3.2. Поставить переключатель S1 в положение «Металл», снять показание с того же индикатора «Сопротивление».

Результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | 1 | 2 | 3 | ... | 12 |
| *t, оС* |  |  |  |  |  |
| *R1, Ом (П/п)* |  |  |  |  |  |
| *R2, Ом (металл)* |  |  |  |  |  |

4. Снять зависимость сопротивления полупроводника и метала от температуры:

– установить температуру нагрева образцов на С выше комнатной. Для этого:

– поставить переключатель температуры в положение «Заданная»;

– установить нужную температуру с помощью ручки «Установка температуры» по индикатору «Температура»;

– поставить переключатель температуры в положение «Текущая».

Когда температура достигнет заданной, измерить значения сопротивлений полупроводника и металла (см. пункт 3).

Результаты занести в Табл. 1.

– Последовательно увеличивая температуру нагрева на  С снять зависимость сопротивления полупроводника и металла от температуры. Максимальная температура нагрева  С.

5. После окончания работы выключите источник питания термостата и всю установку.

3.2. Обработка результатов измерений

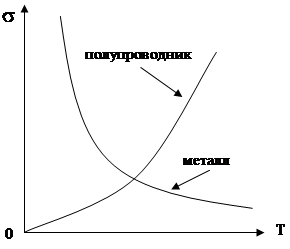
1. По данным табл. 1 построить на масштабной миллиметровой бумаге графики (но, возможно, в разном масштабе) зависимости сопротивления полупроводника и металла от температуры.

2. Исходя из формулы (6) можно получить следующую формулу для вычисления  – температурного коэффициента сопротивления металла:

 (2)

Выбрать на прямой линии графика *R(T)* для металла две точки *R1(T1)* и *R2(T2)* в начале и в конце интервала температур измерений и вычислить  по формуле (17). Если измерения проводились с начальной температуры, большей, чем 20o С, то значение R0 найти методом ин-терполяции.

Примечание: точки *R1(T1)* и *R2(T2)* не обязательно будут совпадать с экспериментально измеренными значениями. Сравнить полученное значение  с табличным значением для меди.



*Рис.5. График зависимости сопротивления полупроводника и металла от температуры*

Коэффициент сопротивления  вычислить по формуле (2).

**Контрольные вопросы**

1. Чем отличаются полупроводники от металлов и диэлектриков по своим электрическим свойствам?
2. Каков механизм сопротивления проводников электрическому току?
3. Чем объясняется температурная зависимость сопротивления полупроводников?
4. Что такое собственная проводимость полупроводника?
5. Что такое примесная проводимость полупроводника?
6. Что такое энергия активации примесного (локального) уровня?
7. Что такое полупроводник *p*–типа и *n*–типа?
8. Какова будет проводимость металлов и полупроводников при *Т=0К*?
9. Как определяется физическая величина, называемая «подвижность носителей заряда»?
10. Как определяется температурный коэффициент сопротивления металлов?
11. Какой смысл имеет знак «минус» в формуле (16) для температурного коэффициента сопротивления по-лупроводника?
12. Почему рекомендуется нагревать всю сборку со-противлений медленно, время от времени отключая нагреватель от сети?
13. Чем ограничено максимальное значение температуры, достигаемое в данной работе?
14. Какие недостатки у термистора как датчика температуры?

**КРИТЕРИИ**

**оценки знаний обучающихся при выполнении практических работ.**

**Оценка 5** – «отлично» выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы.

**Оценка 4** – «хорошо» выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы.

**Оценка 3** – «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы.

**Оценка 2** – «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.

#### Приложения.

Приложение 1.

Отчет о практической работе №\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Тема\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
2. Цель работы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Формулы и предварительные расчеты

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Схемы и таблицы
2. Расчетно-графическая часть

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Краткие выводы

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Обучающийся\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Преподаватель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Приложение 2. Удельное сопротивление некоторых веществ, Ом·м

|  |  |
| --- | --- |
| Вещество при 20°С | ρ, Ом ⋅ м |
| Алюминий | 2,8 ⋅ 10-8 |
| Железо | 9,8 ⋅ 10-8 |
| Медь | 1,7 ⋅ 10-8 |
| Нихром | 110 ⋅ 10-8 |
| Сталь | 12 ⋅ 10-8 |
| Цинк | 6 ⋅ 10-8 |

# Приложение 3. Коэффициенты теплопроводности различных материалов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал | Коэффициент теплопроводности, Вт/м\*К | Материал | Коэффициент теплопроводности, Вт/м\* |
| Алебастровые плиты | 0,47 | Гранит, базальт | 3,5 |
| Алюминий | 230 | Грунт 10% воды | 1,75 |
| Асбест (шифер) | 0,35 | Грунт 20% воды | 2,1 |
| Асбест волокнистый | 0,15 | Грунт песчаный | 1,16 |
| Асбестоцемент | 1.76 | Грунт сухой | 0,4 |
| Асбоцементные плиты | 0,35 | Грунт утрамбованный | 1,05 |
| Асфальт | 0,72 | Гудрон | 0,3 |
| Асфальт в полах | 0,8 | Древесина — доски | 0,15 |
| Бакелит | 0,23 | Древесина — фанера | 0,15 |
| Бетон на каменном щебне | 1,3 | Древесина твердых пород | 0,2 |
| Бетон на песке | 0,7 | Древесно-стружечная плита ДСП | 0,2 |
| Бетон пористый | 1,4 | Дюралюминий | 160 |
| Бетон сплошной | 1,75 | Железобетон | 1,7 |
| Бетон термоизоляционный | 0,18 | Зола древесная | 0,15 |
| Битум | 0,47 | Известняк | 1,7 |
| Бумага | 0,14 | Известь-песок раствор | 0,87 |
| Вата минеральная легкая | 0,045 | Иней | 0,47 |
| Вата минеральная тяжелая | 0,055 | Ипорка (вспененная смола) | 0,038 |
| Вата хлопковая | 0,055 | Камень | 1,4 |
| Вермикулитовые листы | 0,1 | Картон строительный многослойный | 0,13 |
| Войлок шерстяной | 0,045 | Картон теплоизолированный БТК-1 | 0,04 |
| Гипс строительный | 0,35 | Каучук вспененный | 0,03 |
| Глинозем | 2,33 | Каучук натуральный | 0,042 |
| Гравий (наполнитель) | 0,93 | Каучук фторированный | 0,055 |
| Керамзитобетон | 0,2 | Пергамин | 0,17 |
| Кирпич кремнеземный | 0,15 | Перлит | 0,05 |
| Кирпич пустотелый | 0,44 | Перлито-цементные плиты | 0,08 |
| Кирпич силикатный | 0,81 | Песок 0% влажности 10% влажности 20% влажности | 0.33 0.97 1.33 |
| Кирпич сплошной | 0,67 | Песчаник обожженный | 1,5 |
| Кирпич шлаковый | 0,58 | Плитка облицовочная | 105 |
| Кремнезистые плиты | 0,07 | Плитка термоизоляционная ПМТБ-2 | 0,036 |
| Латунь | 110 | Полистирол | 0,082 |
| Лед 0°С −20°С −60°С | 2.21 2.44 2.91 | Поролон | 0,04 |
| Липа, береза, клен, дуб (15% влажности) | 0,15 | Портландцемент раствор | 0,47 |
| Медь | 380 | Пробковая плита | 0,043 |
| Мипора | 0,085 | Пробковые листы легкие | 0,035 |
| Опилки — засыпка | 0,095 | Пробковые листы тяжелые | 0,05 |
| Опилки древесные сухие | 0,065 | Резина | 0,15 |
| ПВХ | 0,19 | Рубероид | 0,17 |
| Пенобетон | 0,3 | Сланец | 2,1 |
| Пенопласт ПС-1 | 0,037 | Снег | 1,5 |
| Пенопласт ПС-4 | 0,04 | [Сосна](http://www.xiron.ru/content/view/15765/28/) обыкновенная, ель, пихта (450…550 кг/куб.м, 15% влажности) | 0,15 |
| Пенопласт ПХВ-1 | 0,05 | Сосна смолистая (600…750 кг/куб.м, 15% влажности) | 0,23 |
| Пенопласт резопен ФРП | 0,045 | Сталь | 52 |
| Пенополистирол ПС-Б | 0,04 | Стекло | 1,15 |
| Пенополистирол ПС-БС | 0,04 | Стекловата | 0,05 |
| Пенополиуретановые листы | 0,035 | Стекловолокно | 0,036 |
| Пенополиуретановые панели | 0,025 | Стеклотекстолит | 0,3 |
| Стружки — набивка | 0,12 | Шлак гранулированный | 0,15 |
| Тефлон | 0,25 | Шлак котельный | 0,29 |
| Толь бумажный | 0,23 | Шлакобетон | 0,6 |
| Цементные плиты | 1,92 | Штукатурка сухая | 0,21 |
| Цемент-песок раствор | 1,2 | Штукатурка цементная | 0,9 |
| Чугун | 56 | Эбонит | 0,16 |

#### Приложение 4. Коэффициент теплопроводности металлов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Металл | λ, Вт/(м•К) | Металл | λ, Вт/(м•К) |
| Алюминий | 230 | Ртуть | 29,1 |
| Бронза | 47-58 | Серебро | 418,7 |
| Железо | 74,4 | Сталь | 52 |
| Золото | 312,8 | Свинец | 35 |
| Латунь | 85,5 | Серый чугун | 50 |
| Медь | 389,6 | Фольфрам | 153 (при 298 К), 105 (при 1873 К); |
| Платина | 70 | Чугун | 62,8 |

Приложение 5. Допустимые длительные токовые нагрузки на провода, кабели

Таблица 5.1.а

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечение жил, мм2 | Голые провода воздушных линий | | Шланговые кабели и провода | | | |
| Марки А | Марки ПС | Марок КРПТ, ГРШ, ШРПС | | Марки КШВГ | Марки ГТШ |
| Алюминиевые | Стальные | Двухжильные | Трехжильные | Трехжильные, 6 кВ | |
| Медные жилы | | | |
| 2,5 | - | - | 33 | 28 | - | - |
| 4 | - | - | 43 | 36 | - | - |
| 6 | - | - | 55 | 45 | - | 47 |
| 10 | - | - | 75 | 60 | - | 65 |
| 16 | 105 | - | 95 | 80 | 90 | 85 |
| 25 | 135 | 60 | 125 | 105 | 120 | 105 |
| 35 | 170 | 75 | 150 | 130 | 145 | 230 |
| 50 | 215 | 90 | 185 | 160 | 180 | 160 |
| 70 | 265 | 125 | 235 | 200 | 220 | - |
| 95 | 320 | 135 | - | - | 260 | - |
| 120 | 375 | - | - | - | 300 | - |

Таблица 5.27.2.б

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечение жил, мм2 | Кабели с бумажной изоляцией, прокладываемые в земле, траншее | | Установочные провода марок АПР, АПВ, ПРГ, АППВ, АПН | | | Кабели марок АВРГ, АНРГ, трехжильные |
| Трехжильные, до 3 кВ | Четырехжильные, до 1 кВ | Открытая прокладка | | Скрытая прокладка или 3 провода в трубе | Открытая прокладка |
| Алюминиевые | | Алюминиевые | Медные | Алюминиевые | |
| 2,5 | 24 | - | 24 | 30 | 19 | 19 |
| 4 | 32 | 38 | 32 | 41 | 28 | 27 |
| 6 | 39 | 46 | 39 | 50 | 32 | 32 |
| 10 | 60 | 65 | 60 | 80 | 47 | 42 |
| 16 | 75 | 90 | 75 | 100 | 60 | 60 |
| 25 | 105 | 115 | 105 | 140 | 80 | 75 |
| 35 | 130 | 135 | 130 | 170 | 95 | 90 |
| 50 | 165 | 165 | 165 | 215 | 130 | 110 |
| 70 | 210 | 200 | 210 | 270 | 165 | 140 |
| 95 | 255 | 240 | 255 | 330 | 200 | 170 |
| 120 | 295 | 270 | 295 | 385 | 220 | 200 |

Приложение 6. Допустимый длительный ток для проводов и кабелей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Проложенные открыто | | | | | | S | Проложенные в трубе | | | | | |
| Медные жилы | | | Алюминиевые  жилы | | | Медные жилы | | | Алюминиевые  жилы | | |
| Ток | Мощность, кВт | | Ток | Мощность, кВт | | Ток | Мощность, кВт | | Ток | Мощность, кВт | |
| A | 220 В | 380 В | A | 220 В | 380 В | A | 220 В | 380 В | A | 220 В | 380 В |
| 11 | 2.4 | - | - | - | - | 0.5 | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 3.3 | - | - | - | - | 0.75 | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 3.7 | 6.4 | - | - | - | 1 | 14 | 3 | 5.3 | - | - | - |
| 23 | 5 | 8.7 | - | - | - | 1.5 | 15 | 3.3 | 5.7 | - | - | - |
| 26 | 5.7 | 9.8 | 21 | 4.6 | 7.9 | 2 | 19 | 4.1 | 7.2 | 14 | 3 | 5,3 |
| 30 | 6.6 | 11 | 24 | 5.2 | 9.1 | 2.5 | 21 | 4.6 | 7.9 | 16 | 3,5 | 6 |
| 41 | 9 | 15 | 32 | 7 | 12 | 4 | 27 | 5.9 | 10 | 21 | 4,6 | 7,9 |
| 50 | 11 | 19 | 39 | 8.5 | 14 | 6 | 34 | 7.4 | 12 | 26 | 5,7 | 9,8 |
| 80 | 17 | 30 | 60 | 13 | 22 | 10 | 50 | 11 | 19 | 38 | 8,3 | 14 |
| 100 | 22 | 38 | 75 | 16 | 28 | 16 | 80 | 17 | 30 | 55 | 12 | 20 |
| 140 | 30 | 53 | 105 | 23 | 39 | 25 | 100 | 22 | 38 | 65 | 14 | 24 |
| 170 | 37 | 64 | 130 | 28 | 49 | 35 | 135 | 29 | 51 | 75 | 16 | 28 |

Приложение 7. Наименьшие  сечения проводов по          механической прочности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Провода | Сечение жил, мм2 | |  |
| медных | алюминиевых |  |
| Для зарядки осветительного прибора: |  |  |  |
| общего освещения внутри зданий | 0,5 | - |  |
| то же вне зданий | 1,0 | - |  |
| местного освещения стационарных неподвижных конструкций | 0.5 | - |  |
| то же подвижных конструкций | 1,0 | - |  |
| Для присоединения к сети настольных, переносных и ручных ОП. а также ОП местного освещения, подвешиваемых на проводах прожекторов | 0,75 | - |  |
| Незащищенные изолированные для стационарной проводки внутри помещений: |  |  |  |
| по основаниям, на роликах, клицах и тросах | 1,0 | - |  |
| на лотках, в неглухих коробах для жил. присоединяемых к винтовым зажимам | 1,0 | - |  |
| то же для жил, присоединяемых пайкой, в том числе: |  |  |  |
| однопроволочных | 0.5 | *-* |  |
| многопроволочных | 0,35 | - |  |
| на изоляторах | 1,5 | - |  |
| На изоляторах в виде |  |  |  |
| перекидок между фермами, стенами или колоннами при расстоянии между опорами, м: |  |  | |
| до 6 | 2.5 | - | |
| более 6 до 12 | 4,0 | - | |
| более 12 до 25 | 6,0 | - | |
| Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели, прокладываемые в трубах, металлорукавах, глухих коробах, в замкнутых каналах или замоноличенно | 1,0 | - | |
| Защищенные изолированные провода и кабели для стационарной проводки: |  |  | |
| для жил, присоединяемых к винтовым зажимам | 1,0 | - | |
| для жил, присоединяемых пайкой, в том числе: |  |  | |
| однопроволочмых | 0,5 | - | |
| многопроволочных (гибких) | 0,35 | - | |
| Незащищенные изолированные в наружных проводках по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах | 2,5 | 4,0 | |
| Линии групповой сети в жилых и общественных зданиях | 1,5 | - | |
| Линии до квартирных щитков и к расчетному счетчику | 2,5 | - | |
| Линии, питающие сети в жилых и общественных зданиях, и стояки для питания квартир и комнат общежитий | 4,0 | - | |
| Воздушные линии напряжением до 1 кВ | - | 16,0 | |
| Ответвления от воздушной линии к вводам на расстояние до 25м | - | 16,0 | |

Приложение8. Допустимая токовая нагрузка в зависимости от температуры окружающей среды изолированных проводов и кабелей:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура  окружающей среды оC | Допустимая токовая нагрузка (в %) | |
| Резиновая изоляция % | ПХВ- изоляция % |
| от 20 до 30 | 100 | 100 |
| от 30 до 35 | 91 | 92 |
| от 35 до 40 | 82 | 87 |
| от 40 до 45 | 71 | 79 |
| от 45 до 50 | 58 | 71 |
| от 50 до 55 | 41 | 61 |

#### Список литературы.

1. Журавлева Л.В. Электроматериаловедение: Учебное пособие для начального профессионального образования. – М.: ОИЦ «Академия», 2011
2. Макиенко Н.И. Общий курс слесарного дела– М.: Высш.шк.,2009
3. Никулин В.Н Электроматериаловедение. – М.: Высш.шк.,1984
4. Корякин Черняк С.Л. Электротехнический справочник. – СПб: Наука и Техника, 2010. – 464с.