

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
Бузулукский колледж промышленности и транспорта

Предметно цикловая комиссия общеобразовательных и общепрофессиональных  
дисциплин

*С.Д.Петрова*

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ**

методические указания для выполнения практических работ

Бузулук 2016

Методические указания предназначены для выполнения практических работ для студентов, обучающихся по специальности 11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники (по отраслям) по дисциплине «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты».

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании ПЦК

ООПД

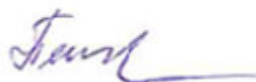
*наименование ПЦК*

протокол № 1 от «31» августа 2016 г.

Председатель ПЦК

ООПД

*наименование ПЦК*



*подпись*

Петрова С.Д.

*расшифровка подписи*

Исполнители:



*должность*

*подпись*

Петрова С.Д.

*расшифровка подписи*

## Содержание

Введение.....	4
Практическая работа №1 Определение твердости металлов: по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу.....	5
Практическая работа №2 Исследование структуры железоуглеродистых сплавов, находящихся в равновесном состоянии.....	8
Практическая работа №3 Расшифровка различных марок сталей и чугунов.....	13
Практическая работа №4 Выполнение сравнительного анализа материалов с малым удельным сопротивлением .....	20
Практическая работа №5 Выполнение сравнительного анализа материалов с высоким сопротивлением .....	21
Практическая работа №6 Выполнение сравнительного анализа жаростойких и благородных материалов.....	22
Практическая работа №7 Изучение основных характеристик полупроводниковых материалов .....	23
Практическая работа №8 Изучение свойств и характеристик твердых диэлектриков .....	24

## Введение

Методические рекомендации предназначены для организации самостоятельной и практической работы студентов по учебной дисциплине ОП.07 «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты», обучающихся по специальности 11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники (по отраслям).

Главная задача методических рекомендаций – помочь студентам самостоятельно освоить некоторые теоретические вопросы и выполнить практические задания по учебной дисциплине.

Методические рекомендации облегчают подготовку к выполнению самостоятельных работ, а также обращают внимание обучающихся на главное, существенное в изучаемой учебной дисциплине, помогают выработать умения, анализировать ситуацию, связывать теорию с практикой.

Целью данного методического указания является активизация профессионального самоопределения студентов в процессе выполнения практических и самостоятельных работ.

Задачами методического указания являются:

- дать студентам необходимые знания для повседневной и творческой деятельности;
- подготовить студентов к работе на производстве;
- научить их пользоваться технической литературой и справочниками.

В результате изучения предмета студенты должны знать:

- особенности физических явлений в электрорадиоматериалах;
- параметры и характеристики типовых радиокомпонентов.

Освоив основные положения курса, студент должен уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах;
- подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств;

# Практическая работа №1

## Тема: Твёрдость металлов

**Цель:** Изучение основных методов определения твёрдости металлов.

**Оборудование:** пресс Роквелла, образцы сталей и сплавов.

### Ход работы:

1. Систематизация знаний обучающихся по теме «Металлы и их свойства»;
2. Зарисовать схемы определения твёрдости металлов методами Бринелля, Роквелла, Виккерса (рис.1);
3. Изучить принцип действия пресса Роквелла, научиться определять твёрдость металлов вдавливанием стального шарика;
4. Защита работы, ответ на контрольные вопросы.

### 1. Общие сведения

**Твердость** — это свойство металла оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела, не получающего остаточных деформаций.

Твердость тесно связана с такими важными характеристиками металлов и сплавов, как прочность, износостойчивость.

Есть несколько методов определения твердости (рис. 1.1), наиболее широкое распространение получили следующие:

- вдавливание шарика из твердой стали (метод Бринелля);
- вдавливание вершины алмазного конуса или стального шарика (метод Роквелла);
- вдавливание вершины алмазной пирамиды (метод Виккерса).

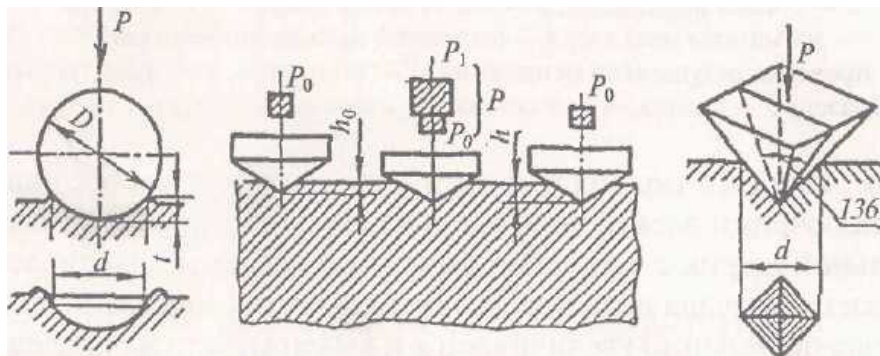


Рисунок 1.1- Определение твердости металлов методами: Бринелля (а), Роквелла (б), Виккерса (в)

**Метод Бринелля** заключается в том, что шарик из закаленной стали под действием нагрузки вдавливается в зачищенную поверхность металла.

Испытание на твердость металла по методу Бринелля проводят на приборе ТБ (рис. 1.2). Стальной шарик закрепляется в шпинделе прибора. Испытуемый образец ставят на предметный столик, который подводят к шпинделю вращением маховика. При включении электродвигателя наложенный груз опускается и стальной шарик с

помощью рычажной системы вдавливается в образец. Сначала вдавливание производится медленно, затем нагрузка постепенно увеличивается и выдерживается определенное время для получения четких границ отпечатка.

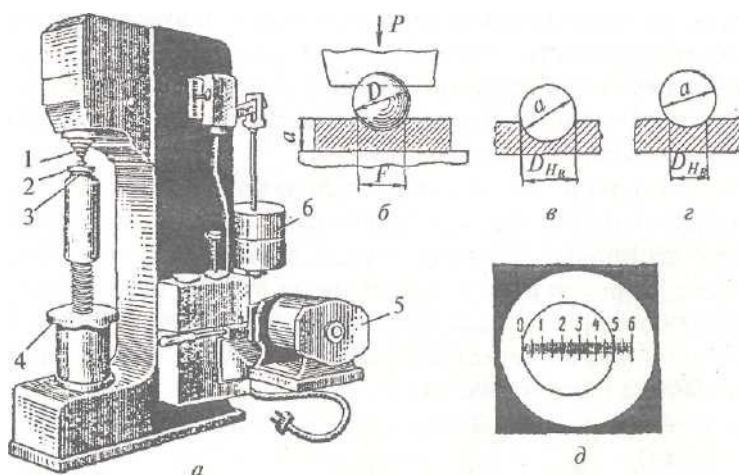


Рисунок 1.2 - Определение твердости металла по Бринеллю

*a* — общий вид пресса; *б* — схема испытания; *в* — отпечаток на мягком металле; *г* — отпечаток на твердом металле; *д* — проверка результатов испытания; 1 — шпиндель; 2 — испытуемый образец; 3 — столик; 4 — маховик; 5 — электродвигатель; 6 — груз

Испытуемый образец снимают со столика и измеряют диаметр полученного отпечатка (лунки) при помощи специальной лупы со встроенной шкалой (цена деления 0,1 мм).

Твердость по Бринеллю обозначается буквами **HB** и определяется как отношение нагрузки  $P$  (кг), приходящейся на  $1 \text{ мм}^2$  сферической поверхности отпечатка  $F$ , по формуле

$$HB = \frac{P}{F}, \text{ кг/мм}^2.$$

**Метод Роквелла** отличается от метода Бринелля тем, что измеряется не диаметр отпечатка (лунки), а его глубина. Чем больше глубина вдавливания, тем меньше твердость испытуемого образца (рис. 1.3).

Алмазный конус (или стальной шарик) вдавливается в испытуемый образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок — предварительной нагрузки, равной 10 кг, а затем полной (предварительная плюс основная) нагрузки 60 кг (шкала А) или 150 кг (шкала С).

На приборе *TR* величину вдавливания определяют непосредственно по шкалам *L*, *B* и *C* циферблата индикатора (без измерения отпечатка и математических расчетов).

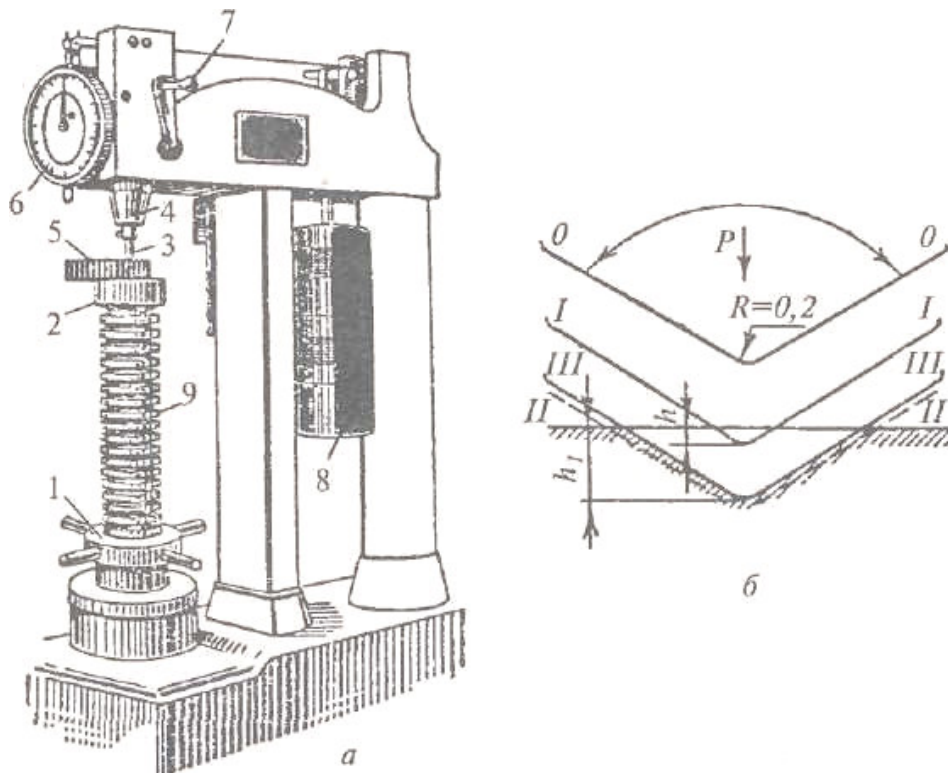


Рисунок 1.3- Определение твердости металла по Роквеллу

*a*— прибор *ТР*; *б*— схема испытания вдавливанием алмазного конуса; 1 — маховик; 2 — столик; 3 — алмазный конус; 4 — шпindelь; 5 — испытуемый образец; 6 — индикатор, показывающий величину вдавливания; 7 — ручка; 8 - грузы; 9 — подъемный винт;

I-I — углубление конуса под действием предварительной нагрузки,

II—II — углубление конуса под действием полной нагрузки,

III—III — углубление конуса при уменьшении полной нагрузки до значения предварительной нагрузки

При измерении твердости стандартной нагрузкой **150 кг** значение твердости *HR* отсчитывается по **шкале С** индикатора, к обозначению твердости добавляется индекс шкалы, т. е. ***HR<sub>С</sub>***.

При измерении твердости тонких образцов или поверхностного слоя металла со стандартной нагрузкой **60 кг** отсчет ведется по **шкале А**; к обозначению твердости добавляется индекс данной шкалы, т. е. ***HR<sub>А</sub>***.

При измерении твердости мягких металлов стальным шариком со стандартной нагрузкой **100 кг** отсчет ведется по **шкале В** и к обозначению твердости добавляется индекс данной шкалы, т. е. ***HR<sub>В</sub>***.

**Метод Виккерса** применяется для испытания металлов и сплавов высокой твердости, деталей малых сечений и твердых поверхностных слоев, полученных химико-термической обработкой (цементированных, азотированных и др.).

Этот метод дает очень точные показатели и применим к металлам любой твердости. Преимуществом метода Виккерса является возможность испытания тонкого поверхностного слоя металла после различных видов обработки.

Твердость металла определяется отношением нагрузки  $P$  в кг, создаваемой прибором, к площади отпечатка  $F$  в  $\text{мм}^2$ , вычисленной по его диагонали, и обозначается  $HV$ .

## 2. Выводы, оформление отчёта

### 3. Контрольные вопросы

1. Дайте определение твёрдости металлов;
2. Перечислите основные методы определения твёрдости;
3. Что замеряется при определении твёрдости методом Бринелля диаметр или глубина отпечатка?
4. Опишите методику определения твёрдости на прессе Роквелла;
5. Чем отличается метод Роквелла от метода Бринелля?
6. В чём преимущество метода Роквелла от остальных методов?

## Практическая работа №2

**Тема: Исследование структуры железоуглеродистых сплавов, находящихся в равновесном состоянии**

**Цель работы:** Изучить диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов. Разобраться с превращениями, происходящими в железоуглеродистых сплавах при медленном охлаждении и нагреве.

**Материалы:** Диаграмма состояния системы  $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ .

### 1. Основные положения

Диаграмма железоуглеродистых сплавов может быть представлена в двух вариантах: метастабильном, отражающем превращения в системе “железо-карбид железа”, и стабильном, отражающем превращения в системе “железо-графит”. Наибольшее практическое значение имеет диаграмма состояния “железо-карбид железа”, т.к. для большинства технических сплавов превращения реализуются по этой диаграмме.

Карбид железа ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) называют *цементитом*, поэтому метастабильную диаграмму железоуглеродистых сплавов называют диаграммой состояния “железо-цементит” ( $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ ).

#### 1.1 Компоненты и фазы в железоуглеродистых сплавах

*Основными компонентами* железоуглеродистых сплавов являются **железо** и **углерод**, которые относятся к полиморфным элементам. В железоуглеродистых сплавах эти элементы взаимодействуют, образуя различные фазы.

Под *фазой* в общем смысле понимается однородная часть системы, имеющая одинаковый химический состав, физические свойства и отделенная от других частей системы поверхностью раздела.



Взаимодействие железа и углерода состоит в том, что углерод может растворяться как в жидком (расплавленном) железе, так и в различных его модификациях в твердом состоянии. Помимо этого он может образовывать с железом химическое соединение. Таким образом, в железоуглеродистых сплавах могут образовываться следующие *фазы*: **жидкий раствор, аустенит, феррит, цементит**.

**Аустенит** (обозначают А или  $\gamma$ ) – твердый раствор внедрения углерода в  $Fe\gamma$ . Имеет ГЦК – решетку, растворяет углерода до 2,14 %, немагнитен, твердость (НВ 160-200).

**Феррит** (обозначают Ф или  $\alpha$ ) – твердый раствор внедрения углерода в  $Fe\alpha$ . Имеет ОЦК – решетку, растворяет углерода до 0,02 % (727 °С), при 20 °С менее 0,006 %, ферромагнитен до температуры 769 °С, твердость (НВ 80-100).

**Цементит** (Ц) – химическое соединение железа с углеродом ( $Fe_3C$ ). Содержит 6,67 % С. При нормальных условиях цементит тверд (НВ 800) и хрупок. Слабо ферромагнитен до 210 °С.

## 1.2 Превращения в железоуглеродистых сплавах

Диаграмма состояния  $Fe-Fe_3C$  (рис. 4.1) показывает фазовый состав и превращения в сплавах с концентрацией от чистого железа до цементита. Превращения в железоуглеродистых сплавах происходит как при кристаллизации (затвердевании) жидкой фазы (Ж), так и в твердом состоянии.

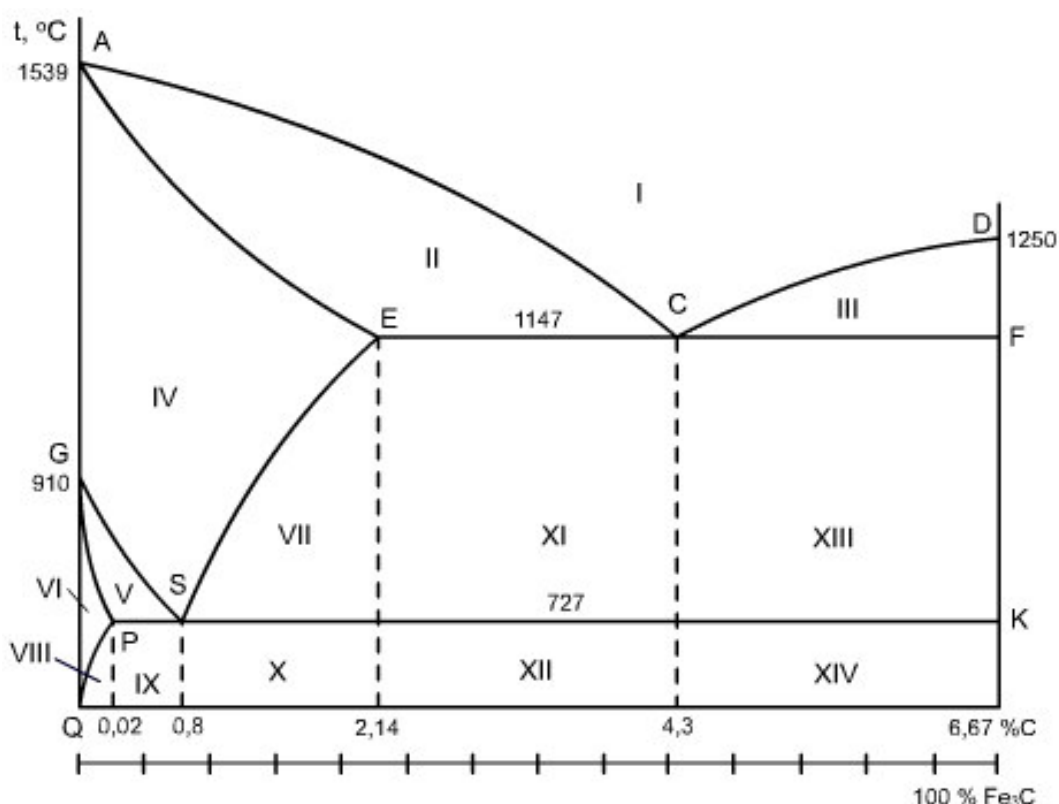


Рисунок 4.1- Диаграмма состояния  $Fe - Fe_3C$  (в упрощенном виде).

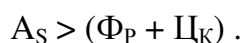
*Первичная кристаллизация* идет в интервале температур, ограниченных линиями **ликвидус** (ACD) и **солидус** (AECF).

*Вторичная кристаллизация* происходит за счет превращения железа одной аллотропической модификации в другую и за счет изменения растворимости углерода в аустените и феррите, которая уменьшается с понижением температуры. Избыток углерода выделяется из твердых растворов в виде цементита. В сплавах системы Fe-Fe<sub>3</sub>C происходят следующие изотермические превращения:

*Эвтектическое превращение* на линии ECF (1147 °С) (*Эвтектикой* называют равномерную мелкодисперсную механическую смесь двух фаз, которые одновременно кристаллизуются из жидкого сплава.)



*Эвтектоидное превращение* на линии PSK (727 °С) (Эвтектоид - это механическая смесь двух фаз, образующаяся из твердого раствора.)



Эвтектическая смесь аустенита и цементита называется **ледебуритом** (Л), а эвтектоидная смесь феррита и цементита – **перлитом** (П).

**Ледебурит** содержит 4,3 % углерода. При охлаждении ледебурита ниже линий PSK входящий в него аустенит превращается в перлит и при нормальной температуре ледебурит представляет собой смесь перлита и цементита и называется ледебуритом превращенным (Л пр). Цементит в этой структурной составляющей образует сплошную матрицу, в которой размещены колонии перлита. Такое строение ледебурита объясняет его большую твердость (HB 700) и хрупкость.

Перлит содержит 0,8 % углерода. В зависимости от формы частичек цементит бывает пластинчатый и зернистый. Является прочной структурной составляющей с твердостью (HB210).

### 1.3 Линии диаграммы состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C

Линии диаграммы представляют собой совокупность критических точек сплавов с различным составом, характеризующих превращения в этих сплавах при соответствующих температурах.

Рассмотрим значение линий диаграммы при медленном охлаждении.

ACD – линия ликвидус. Выше этой линии все сплавы находятся в жидком состоянии.

AECF – линия солидус. Ниже этой линии все сплавы находятся в твердом состоянии.

AC – из жидкого раствора выпадают кристаллы аустенита.

CD – линия выделения первичного цементита.

AE – заканчивается кристаллизация аустенита.

ECF – линия эвтектического превращения.

GS – определяет температуру начала выделения феррита из аустенита (910-727 °С).

GP – определяет температуру окончания выделения феррита из аустенита.

PSK – линия эвтектоидного превращения.

ES – линия выделения вторичного цементита.

PQ – линия выделения третичного цементита.

## 1.4 Области диаграммы состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C

Линии диаграммы делят все поле диаграммы на области равновесного существования фаз. Каждой области диаграммы соответствует определенное структурное состояние, сформированное в результате происходящих в сплавах превращений.

I – Жидкий раствор (Ж).

II – Жидкий раствор (Ж) и кристаллы аустенита (А).

III – Жидкий раствор (Ж) и кристаллы цементита первичного (Ц<sub>I</sub>).

IV – Кристаллы аустенита (А).

V – Кристаллы аустенита (А) и феррита (Ф).

VI – Кристаллы феррита (Ф).

VII – Кристаллы аустенита (А) и цементита вторичного (Ц<sub>II</sub>).

VIII – Кристаллы феррита (Ф) и цементита третичного (Ц<sub>III</sub>).

IX – Кристаллы феррита (Ф) и перлита (П).

X – Кристаллы перлита (П) и цементита вторичного (Ц<sub>II</sub>).

XI – Кристаллы аустенита (А), ледебурита (Л) и цементита вторичного (Ц<sub>II</sub>).

XII – Кристаллы перлита (П), цементита вторичного (Ц<sub>II</sub>) и ледебурита превращенного (Л пр).

XIII – Кристаллы ледебурита и цементита первичного (Ц<sub>I</sub>).

XIV – Кристаллы цементита первичного (Ц<sub>I</sub>) перлита (П) и ледебурита превращенного (Л пр).

## 2. Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Диаграмма состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C с обозначением фаз и структурных составляющих по всем областям диаграммы.
4. Характеристика линий и структурных составляющих железоуглеродистых сплавов.
5. Подробное описание изменений структуры при медленном охлаждении контрольного сплава, который выбирают, согласно своего варианта по таблице 4.1. (Фрагмент диаграммы с контрольным сплавом рис. 4.2).
6. Выводы.
7. Ответы на контрольные вопросы.

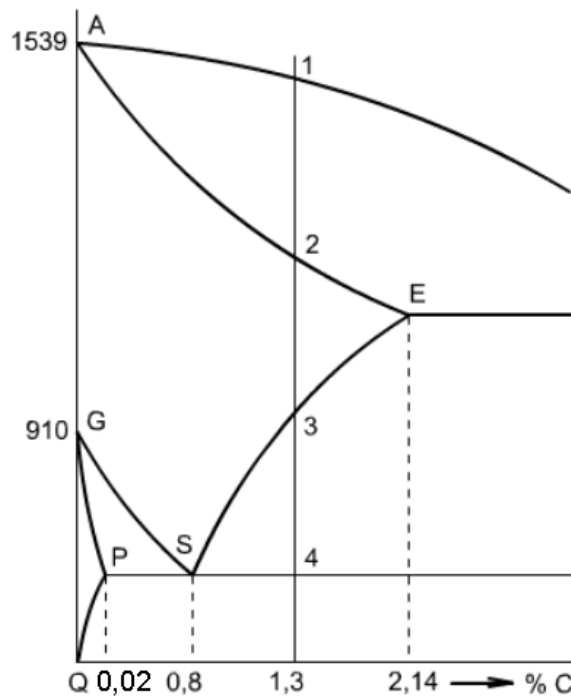


Рисунок- 4.2- Фрагмент диаграммы состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C с нанесенной ординатой состава сплава, содержащего 1,3 % С.

### 3. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое фаза?
2. Что такое аустенит?
3. Что такое феррит?
4. Что такое цементит?
5. Какими линиями диаграммы ограничивается температурный интервал первичной кристаллизации?
6. В чем состоит сущность эвтектического превращения?
7. В чем состоит сущность эвтектоидного превращения?
8. Что такое ледебурит?
9. Что такое перлит?
10. На какой линии происходят эвтектические превращения?
11. На какой линии происходят эвтектоидные превращения?
12. Линия выделения первичного цементита?
13. Линия выделения вторичного цементита?
14. Линия выделения третичного цементита?
15. Назовите фазы железоуглеродистых сплавов.
16. Максимальное растворение углерода в Fe□?
17. Максимальное растворение углерода в Fe□?
18. Содержание углерода в цементите?
19. При какой температуре происходит эвтектическое превращение?
20. При какой температуре происходит эвтектоидное превращение?

### 4. Варианты контрольных сплавов

Таблица 4.1- Содержание углерода в сплаве по вариантам

№ п/п	% С	№ п/п	% С	№ п/п	% С
1	0,2	11	5,1	21	1,2
2	1,1	12	2,8	22	3,5
3	3,0	13	1,1	23	4,3
4	4,3	14	0,45	24	5,5
5	5,0	15	1,7	25	0,15
6	0,02	16	1,0	26	0,8
7	0,35	17	4,5	27	0,9
8	0,8	18	2,7	28	2,4
9	1,3	19	0,7	29	4,7
10	2,5	20	0,4	30	1,2

### Практическая работа №3

#### Тема: Классификация и маркировка сталей и чугунов

*Цель работы:* изучение классификации, состава и маркировки сталей и чугунов.

#### 1. Введение

В различных отраслях промышленного производства наибольшее применение получили чёрные металлические сплавы - стали и чугуны.

*Сталь* - сплав железа (основа) с углеродом (до 2,14%), всегда содержит в определенных количествах постоянные примеси: марганец, кремний, серу, фосфор и газы (кислород, азот, водород).

*Чугун* - сплав железа с углеродом (более 2,14% до 6,67%). Чугун также содержит постоянные примеси и газы.

И в стали, и в чугуны вводят различные легирующие элементы с целью повышения механических характеристик и получения специальных свойств.

#### 2. Классификация и маркировка сталей

##### 2.1 Стали классифицируют по следующим признакам:

- химическому составу,
- способу производства,
- качеству,
- степени раскисления,
- назначению и структуре.

**По химическому составу** различают стали *углеродистые и легированные*. Сталь, содержащая железо, углерод и постоянные примеси в количестве до 0,5-0,8%Mn; 0,3-0,4%Si (содержание серы и фосфора определяются качеством стали) называется *углеродистой*.

Если же в процессе выплавки стали к ней добавляют легирующие элементы - хром, никель, ванадий и др., а также марганец и кремний в повышенном количестве по сравнению с углеродистой, то такую сталь называют *легированной*.

*Углеродистые стали* по содержанию в них углерода подразделяют на низкоуглеродистые (до 0,3 % С), среднеуглеродистые (0,3 - 0,7%С) и высокоуглеродистые (более 0,7 % С).

Легированные стали в зависимости от наличия в них легирующих элементов называют хромистыми, кремнистыми, хромоникелевыми и т.п., а в зависимости от общего содержания легирующих элементов подразделяют на низколегированные - до 3 %, среднелегированные от 3 до 10 % и высоколегированные - более 10 %.

**По способу производства** различают стали *мартеновские* (выплавка в мартеновских печах) – переработка чугуна, металлического лома и отходов металлургического производства; *бессемеровские* (конвертерные) – выплавляемые в конверторах с продувкой кислородом, однородны по составу, имеют низкое содержание азота, серы и фосфора; *электростали*, выплавляемые в электрических печах, по качеству превосходят все остальные виды и, наконец, *стали особых методов выплавки* (индукционный нагрев, магнитное перемешивание и т.д.).

**По качеству** стали классифицируют на обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные.

Критерием качества стали является, главным образом, содержание вредных примесей - серы и фосфора. Стали обыкновенного качества содержат до 0,060 % S и 0,070 % P, качественные - до 0,040 % S и 0,035 % P, высококачественные - не более 0,025 % S и 0,025 % P, а особо высококачественные - не более 0,015 % S и 0,025 % P.

Необходимо отметить, что углеродистые стали могут быть обыкновенного качества и качественные, а легированные только качественные или высококачественные (особо высококачественные).

**По степени раскисления** стали делят на спокойные (сп) - полностью раскисленные ферромарганцем, феррокремнием и алюминием; кипящие (кп) - частично раскисленные только ферромарганцем, в ней сохраняется много окиси железа, которая взаимодействует с углеродом, выделяя газ СО (пузырьки газа создают впечатление “кипения”); полуспокойные (пс) – раскисленные ферромарганцем и алюминием – промежуточное положение между кипящей и спокойной сталями. Степень раскисления стали указывается в конце обозначения марки, например, Ст3кп, БСт2пс, ВСт1сп.

**По назначению** стали подразделяют на конструкционные (для изготовления деталей машин и конструкций), инструментальные (для различного рода инструмента) и специальные стали с особыми свойствами (с коэффициентом расширения, магнитные и др.).

## 2.2 Маркировка сталей

Для сталей в России принята буквенно-цифровая маркировка. Цифры и буквы указывают на приблизительный состав стали.

**1. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества** в соответствии с ГОСТ380-88 поставляют трех групп:

- группа А - с гарантируемыми структурой и механическими свойствами ( $\sigma_B, \sigma_T, \delta$ );

- группа Б - с гарантируемым химическим составом, допускается наличие хрома, никеля, меди в количестве не более 0,30 % каждого элемента;
- группа В - с гарантируемыми механическими свойствами и химическим составом.

Маркируют стали обыкновенного качества буквами Ст и условным номером от 0 до 6.

Если сталь относится к группе А, то обозначение группы в марке не указывают: Ст0, Ст1, Ст2...Ст6.

Если сталь относится к группе Б, то в начале марки ставят букву "Б": БСт0, БСт1 ... БСт6.

Стали группы В маркируют: ВСт1, ВСт2 ... ВСт5.

Стали всех групп с номером марок 1 - 4 производят кипящими, полуспокойными и спокойными, а с номерами 5 и 6 - только полуспокойными и спокойными.

Стали обыкновенного качества используют для изготовления листов, полос, прокатных профилей, труб, а также для деталей в мостостроении и судостроении.

**2. Углеродистые качественные конструкционные стали (ГОСТ1050-88)** обозначают двузначным числом, показывающим среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента.

Например, стали марок 08, 20, 45 содержат в среднем соответственно 0,08%; 0,20%; 0,45% углерода.

Из них может быть изготовлена большая номенклатура деталей от шайб, втулок, шестерён, шпинделей, шатунов до деталей, работающих в условиях трения (рессоры и пружины).

**3. Углеродистые качественные инструментальные стали (ГОСТ1435-90)** маркируют следующим образом:

впереди ставят букву У, за ней цифру (от 7 до 13), указывающую среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, сталь марки У9 содержит в среднем 0,9 % С; У12 - 1,2 % С и т.д.

*Для высококачественных углеродистых инструментальных сталей* в конце обозначения марки стали ставят букву А.

Например, У7А, У13А.

Из этих сталей может быть изготовлен режущий инструмент – резцы, напильники и др., работающий с небольшими скоростями резания, а также штампы для холодного деформирования для обработки малопрочных материалов.

**4. Легированные конструкционные стали (ГОСТ 4543-71)** маркируют двухзначным числом, показывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента, далее следуют буквы и цифры.

Буквы обозначают легирующие элементы (например, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ю – алюминий). Цифры после букв показывают примерное содержание соответствующего легирующего элемента в целых процентах. Если цифра после буквы отсутствует, это означает, что содержание данного легирующего элемента в стали составляет примерно 1 %. Для высококачественных сталей в конце обозначения марки ставят букву А. Например, сталь марки 12Х2Н4А содержит в среднем 0,12 % С,  $\approx 2$  % Cr,  $\approx 4$  % Ni и является высококачественной.

Конструкционные легированные стали широко применяются в автомобильной промышленности, строительстве и тяжёлом машиностроении для

деталей машин и механизмов, работающих в условиях сложного нагружения под действием статических, динамических и знакопеременных нагрузок.

**5. Легированные инструментальные стали** (ГОСТ 5950-73) маркируют однозначным числом, показывающим среднее содержание углерода в десятых долях процента, далее следуют буквы и цифры.

Принцип обозначения легирующих элементов и их содержание в этих сталях аналогичен с маркировкой конструкционных. Если же сталь начинается с буквы (кроме буквы У), то в стали около 1 % С. Например, сталь марки 9ХС содержит в среднем 0,9 % С,  $\approx 1$  % Cr,  $\approx 1$  % Si; сталь марки ХВГ содержит  $\approx 1$  % С,  $\approx 1$  % Cr,  $\approx 1$  % W,  $\approx 1$  % Mn.

Инструментальные легированные стали применяют для изготовления всех видов инструментов: режущего (резцы, развёртки, протяжки), штампованного (штампы для холодного и горячего деформирования), измерительного (калибры, меры, шаблоны).

**6. Специальные стали** это высоколегированные стали, в которых содержание легирующих элементов более 10 %, обладающие особыми свойствами, например, коррозионностойкие стали (ГОСТ 5632-72), обладающие высокой химической стойкостью в агрессивных средах. В состав коррозионностойкой стали обязательно входят хром и никель, причём содержание хрома должно быть более 12 %, а маркировка сохраняет принципы маркировки легированных сталей: сталь марки 17Х18Н9 содержит 0,17 % С,  $\approx 18$  % Cr,  $\approx 9$  % Ni.

Эти стали применяют для изготовления клапанов гидропрессов, лопаток турбин, карбюраторных игл и других деталей машин, подвергающихся действию атмосферных осадков, воды, водных растворов солей и других агрессивных сред при комнатной температуре или до 400<sup>0</sup> С.

Некоторые специальные стали имеют маркировку, отличающуюся от вышеизложенных правил:

- *углеродистые автоматные стали* (ГОСТ 1414-75) с повышенным содержанием серы и фосфора, а иногда с добавлением небольшого количества Рb, Са, Мп и др., обладающие хорошей обрабатываемостью резанием, применяют для изготовления деталей на металлорежущих станках-автоматах. Автоматные стали маркируют буквой А и цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента; например, А12 - автоматная сталь с содержанием углерода в среднем 0,12%;

- *шарикоподшипниковые стали* (ГОСТ 801-83) применяют для изготовления подшипников качения и других деталей, работающих в условиях трения, должны обладать высокой контактной прочностью и износостойкостью, содержат около 1 % С с обязательным наличием хрома (0,4-1,9 %). Шарикоподшипниковые стали маркируются буквой “Ш”, далее буква “Х” – хром, содержание которого указывается в десятых долях процента. Из этих сталей изготавливают шарики и ролики подшипников, подшипниковые кольца, корпуса и направляющие;

- *быстрорежущие стали* (ГОСТ 19265-73) применяют для изготовления режущего инструмента (резцы, свёрла, фрезы и т.д.), работающего при высоких скоростях резания. Марки этих сталей обозначают русской буквой Р (rapid - быстрый), а следующая за ней цифра указывает среднее содержание основного легирующего элемента вольфрама в процентах. Например, Р18 - быстрорежущая сталь, содержащая около 1 % С и 18 % W, а также  $\approx 4$  % Cr и около 2,5 % V, но это не внесено в марку;



- стали, применяемые для получения отливок (ГОСТ 977-88), имеют в своем обозначении букву Л. Например, 15Л - сталь для отливок, содержащая в среднем 0,15 % С. Из этих сталей отливают втулки, шестерни и т.д.

### 3. Классификация и маркировка чугунов

Как уже отмечалось выше, по сравнению со сталью, чугун имеет более высокое содержание углерода (практически от 2 до 4 %). Углерод в чугуне может находиться в двух состояниях: в связанном - в виде химического соединения  $Fe_3C$ , которое называется цементит, либо в свободном - в виде графита.

В зависимости от состояния углерода в чугуне различают:

- *белый чугун*, в котором весь углерод находится в связанном состоянии. Название он получил по цвету излома. Имеет высокую твердость, хрупкость, практически не поддается обработке резанием и поэтому не нашел применения в качестве конструкционного материала и используется для передела в сталь и ковкий чугун;

- *серый чугун*, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде графита пластинчатой формы, а остальная часть - в связанном состоянии в виде карбида железа  $Fe_3C$ . В изломе имеет темно-серый цвет. Серый чугун маркируется (ГОСТ 1412-85) буквами СЧ с добавлением цифры, которая указывает предел прочности чугуна при растяжении ( $\sigma_B$ ). Например, СЧ20 - серый чугун, имеющий  $\sigma_B = 200 \text{ МПа}$  или  $20 \text{ кгс/мм}^2$ .

Серый чугун широко применяется в машиностроении как конструкционный материал для изготовления станин станков, тормозных барабанов, поршневых колец и т.д.;

- *ковкий чугун*, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде графита хлопьевидной формы. Ковкий чугун маркируют (ГОСТ 1215-59) буквами КЧ и двумя числами. Первое обозначает предел прочности при растяжении ( $\sigma_B$ ) в  $\text{кг/мм}^2$ , второе - относительное удлинение ( $\delta$ ), %. Например, КЧ35-10 - ковкий чугун, имеющий  $\sigma_B = 350 \text{ МПа}$  ( $35 \text{ кгс/мм}^2$ ) и  $\delta = 10\%$ ;

Ковкие чугуны имеют более высокие характеристики пластичности по сравнению с другими чугунами (но это не значит, что его можно ковать). Применяется ковкий чугун для изготовления деталей, работающих при средних и высоких статических нагрузках (картеры автомобиля, ступицы, кронштейны, муфты и т.д.);

- *высокопрочный чугун*, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде графита шаровидной формы. Имеет самые высокие прочностные свойства по сравнению с другими чугунами. Применяется для деталей машин, работающих в тяжелых условиях (в тяжёлом машиностроении – шабот молота, траверс прессы, прокатные валки и т.д.). Высокопрочный чугун маркируется (ГОСТ 7293-85) буквами ВЧ и цифрами, обозначающими предел прочности чугуна при растяжении ( $\sigma_B$ ), например, ВЧ50 - высокопрочный чугун, имеющий  $\sigma_B = 500 \text{ МПа}$  ( $50 \text{ кгс/мм}^2$ ).

### 4. Порядок выполнения работы

1. Получить от преподавателя индивидуальное задание по классификации и маркировке сталей и чугунов (табл. 6.1).
2. Расшифровать обозначение каждой марки стали и чугуна.  
Указать, какой является сталь по содержанию углерода (низко-, средне- или высокоуглеродистой), по степени легированности (низко-, средне- или высоколегированной), качеству, назначению.
3. Представить преподавателю оформленный отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

#### **4.1 Содержание отчета**

1. Наименование и цель работы.
2. Краткое описание системы классификации и маркировки сталей и чугунов.
3. Результаты выполнения задания.

#### **5. Контрольные вопросы**

1. Что такое сталь, чугун и их характеристики?
2. Как классифицируются стали по химическому составу?
3. Как классифицируются стали по содержанию углерода?
4. Как классифицируются стали по степени легированности?
5. Как можно подразделить стали по назначению?
6. Как классифицируются стали по способу производства, степени раскисления?
7. Как маркируются углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные стали?
8. Как маркируются углеродистые инструментальные стали?
9. Что такое легированная сталь?
10. Как маркируются легированные стали?
11. Что такое белый, серый, высокопрочный и ковкий чугуны, их характеристики, назначение?
12. Как маркируются серые, высокопрочные и ковкие чугуны?
13. В чём заключается основное отличие структуры белых и серых чугунов, причины этого отличия?

Таблица 6.1- Варианты индивидуальных занятий

№ варианта	Марки сплавов для изучения					
1	Ст0;	08кп;	09Г2;	У7;	СЧ10;	40ХЛ;
2	Ст1пс;	10;	09Г2С;	У7А;	15Л;	СЧ15;
3	Ст2кп;	15;	30ХГТ;	У8;	20Л;	СЧ20;
4	Ст3;	20;	12Х2Н4А;	У8А;	25Л;	СЧ25;
5	БСт1кп;	25;	25ХГМ;	У9;	30Л;	СЧ30;
6	БСт2пс;	30;	40ХН;	У9А;	35Л;	СЧ35;
7	БСт3;	35;	38ХМА;	У10;	40Л;	ВЧ40;
8	Ст5;	40;	20Х;	У10А;	ВЧ45;	35ГЛ;
9	Ст6;	45;	12ХН3А;	У12;	ВЧ50;	40ХЛ;
10	БСт3кп;	55;	38ХГН;	У12А;	ВЧ60;	КЧ60-3;
11	ВСт4сп;	60;	30ХГСА;	Р9;	20Х13;	КЧ30-6;
12	БСт5пс;	09Г2;	У7;	12Х18Н9Т;	40Л;	КЧ63-2;
13	ВСт5сп;	14Г2;	ШХ15;	У13;	35Л;	КЧ50-4;
14	БСт6пс;	15ГФ;	ШХ20СГ;	У13А;	30Л;	КЧ45-6;
15	ВСт6;	17ГС;	ШХ15СГ;	Х12М;	12Х13;	КЧ35-10;
16	БСт4;	35ГС;	40ХФА;	ХВГ;	25Л;	КЧ33-8;
17	ВСт1сп;	09Г2С;	50ХФА;	Р18;	СЧ30;	35ГЛ;
18	Ст2пс;	25Г2С;	65;	30Х13;	У13А;	КЧ60-3;
19	Ст4кп;	15Х;	18ХГТ;	60Г;	У13;	КЧ63-2;
20	БСт2кп;	20Х;	15Г;	9ХС;	20Х13;	КЧ50-4;
21	БСт3;	30Х;	70;	50ХФА;	Р9;	КЧ45-6;
22	БСт6пс;	35Х;	60Г;	08Х17Т;	ХВГ;	КЧ35-10;
23	ВСт5сп;	38ХА;	75;	У12;	СЧ10;	40ХЛ;
24	БСт5пс;	40Х;	ШХ15СГ;	70;	08Х18Н10;	КЧ30-6;
25	ВСт4сп;	40Г;	30ХМ;	У10;	40Л;	ВЧ60;
26	БСт3кп;	35ГС;	55С2;	У9А;	12Х18Н9Т;	ВЧ50;
27	Ст6;	60С2;	У9;	Х12Ф1;	25Л;	ВЧ45;
28	Ст5;	09Г2;	12ХН3А;	У9;	35Л;	ВЧ40

## Практическая работа №4

### Тема «Выполнение сравнительного анализа материалов с малым удельным сопротивлением»

#### 1.Цель работы:

Изучить основные характеристики проводниковых материалов с малым удельным сопротивлением.

#### Ход работы

1. Изучите учебник Л.В.Журавлева «Электроматериаловедение» (глава 3 «Проводниковые материалы»)

2. Ответить письменно на вопросы:

- 1) Определите материал, обладающий лучшими электрическими свойствами.
- 2) Укажите область применения данных проводниковых материалов:

- проводниковая медь;
- алюминий;
- серебро;
- вольфрам.

3) Сравните твердую и мягкую медь:

- по свойствам;
- по применению;
- по термообработке;
- по маркировке.

3. Заполните таблицу и сделайте сравнительный анализ материалов по электрическим и механическим характеристикам.

Таблица 1- Основные характеристики проводниковых материалов.

Характеристика	Проводниковая медь	Алюминий	Серебро	Вольфрам
Плотность, кг/м <sup>3</sup>				
Температура плавления, °С				
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°С				
Разрушающее напряжение при растяжении, Н/ м <sup>2</sup>				
Относительное удлинение, %				
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м				

4. Сделайте вывод по данной работе.

## Практическая работа №5

**Тема: Выполнение сравнительного анализа материалов с высоким сопротивлением**

### Цель работы:

Изучить характеристики проводниковых материалов с высоким сопротивлением.

### Ход работы

1. Изучите учебник Л.В.Журавлева «Электроматериаловедение» (глава 3 «Проводниковые материалы»)
2. Ответить письменно на вопросы:
  - 1) Что относят к проводниковым материалам с высоким сопротивлением? Определите материал данной группы, обладающий наилучшими свойствами, как проводник.
  - 2) Укажите сплав, применяемый для термопар.
  - 3) Опишите состав каждого сплава и укажите область применения данных материалов:
    - манганин;
    - константан;
    - нихром.
3. Заполните таблицу и сделайте сравнительный анализ материалов по электрическим и механическим характеристикам.

Таблица 1- Основные характеристики проводниковых материалов .

Характеристика	Манганин	Константан	Нихром
Состав , %			
Плотность, кг/м <sup>3</sup>			
Температура плавления, °С			
Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР), 1/°С			
Разрушающее напряжение при растяжении, Н/ м <sup>2</sup>			
Относительное удлинение, %			
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м			

4. Сделайте вывод по данной работе.

## Практическая работа № 6

### Тема: Выполнение сравнительного анализа жаростойких и благородных материалов

**Цель работы:** Изучить основные характеристики жаростойких и благородных проводниковых материалов.

#### Ход работы:

1. Изучите учебник Л.В.Журавлева «Электроматериаловедение» (глава 3 «Проводниковые материалы»)
2. Ответить письменно на вопросы:
  - 1) Что относят к проводниковым жаростойким сплавам?
  - 2) Укажите состав и область применения данных материалов:
    - нихром;
    - фехраль;
    - хромаль.
  - 3) Какие благородные металлы относятся к проводниковым?
  - 4) Укажите область применения данных материалов:
    - серебро;
    - золото;
    - платина;
    - палладий.
3. Заполните таблицы 1 и 2 и сделайте сравнительный анализ материалов по электрическим и механическим характеристикам.

Таблица 1- Основные характеристики жаростойких сплавов

Характеристика	Нихром	Фехраль	Хромаль
Состав, %			
Плотность, кг/м <sup>3</sup>			
Допустимая температура, °С			
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°С			
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м			

Таблица 2- Основные характеристики благородных проводниковых материалов

Характеристика	Серебро	Золото	Платина	Палладий
Плотность, кг/м <sup>3</sup>				
Температура плавления, °С				
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°С				
Разрушающее напряжение при растяжении,				

$H / m^2$				
Относительное удлинение, %				
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м				

4. Сделайте вывод по данной работе.

### Практическая работа № 7

**Тема:** «Изучение основных характеристик полупроводниковых материалов»

**Цель работы:** Изучить характеристики полупроводниковых материалов

**Ход работы:**

1. Изучите учебник Л.В.Журавлева «Электроматериаловедение» (глава 4 «Полупроводниковые материалы»)

2. Ответить письменно на вопросы:

- 1) Какие материалы называются полупроводниковыми?
- 2) Почему различают простые и сложные полупроводники?
- 3) Описать основные характеристики и область применения данных материалов:
  - германий;
  - кремний;
  - селен;
  - теллур.

3. Изучите, объясните и изобразите графическую зависимость электропроводности полупроводников от температуры.

4. В системе координат изобразите графические зависимости тока и сопротивления полупроводника от приложенного напряжения ( $I, R$  от  $U$ ).

5. Заполните таблицу 1- основные характеристики полупроводниковых материалов.

Таблица 1- Основные характеристики полупроводниковых материалов.

Характеристика	Германий	Кремний	Селен	Теллур
Плотность, $кг/м^3$				
Температура плавления, °С				
Диэлектрическая проницаемость				
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м				

7. Сделайте вывод по данной работе.

## Практическая работа № 8

**Тема: «Изучение свойств и характеристик твердых диэлектриков»**

**Цель работы:** Изучить основные характеристики твердых диэлектриков

**Ход работы:**

1. Изучите учебник Л.В.Журавлева «Электроматериаловедение» (глава 5 «Диэлектрические материалы»)

2. Ответьте письменно на вопросы:

- 1) Что называется диэлектриком?
- 2) Как классифицируют диэлектрики?
- 3) Основные свойства диэлектриков.
- 4) Дайте определение твердым диэлектрикам.
- 5) Укажите область применения перечисленных диэлектрических материалов:
  - полимеры;
  - пластические массы;
  - слоистые пластмассы;
  - электрокерамические материалы и т.д.

6) Укажите, что понимается под керамикой?

7) Классификация керамических материалов, их основные свойства и область применения в электрорадиотехнике.

8) Укажите основные свойства и область применения ситаллов.

9) Изучив основные характеристики твердых диэлектрических материалов, определите самый устойчивый к изменению характеристик материал.

3. Заполнить таблицу 1- основные характеристики полупроводниковых материалов.

Таблица 1- Основные характеристики полупроводниковых материалов.

Характеристика	Поливинилхлорид	Текстолит	Гетинакс	Слюда	Фарфор	Бумага
Плотность, кг/м <sup>3</sup>						
Температура плавления, °С						
Предел прочности при растяжении, Н/м <sup>2</sup>						
Удельное эл. сопротивление, Ом · м						
Диэлектрическая проницаемость						
Электрическая прочность, МВ/м						
Тангенс угла диэлектрических потерь						

4. Сделайте вывод по работе