

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 12.12.2023 19:38:20  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ  
Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по научной работе и  
международной деятельности  
\_\_\_\_\_ Е.Г. Пахомова  
« 15 » сентября 2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов  
*(наименование дисциплины)*

Программа аспирантуры 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

форма обучения очная  
*(очная, заочная)*

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями № 951 от 20.10.2021 г. и на основании учебного плана 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, одобренного Ученым советом университета протокол № 12 от 29.05.2023 г.

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к применению в образовательном процессе для обучения аспирантов 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов на заседании кафедры технологии материалов и транспорта «28» июня 2023 г., протокол № 24.

## **1 Планируемые результаты обучения, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП**

### **1.1 Цель преподавания дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» является формирование и развитие у аспирантов знаний, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов.

### **1.2 Задачи изучения дисциплины**

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование навыков и умений в области теории и практики металловедения и термической обработки металлов и сплавов;
- изучение основных методов научных исследований, применяемых в данной области;
- освоение ключевых подходов к исследованию объектов металловедения.

### **1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспиранты должны:

**Знать:** основные принципы разработки технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов; основные принципы оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов; методы экономической оценки производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий; основные проблемы развития материаловедения; основные принципы технологического контроля при производстве материалов и изделий; основные проблемные места в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов; основные методы и подходы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области термической обработки металлов и сплавов с использованием передовых технологий.

**Уметь:** самостоятельно проводить обобщенный анализ, формировать цель и задачи исследований; выбирать методики исследований, планировать и проводить экспериментальные исследования в области металловедения и термическая обработка металлов и сплавов.

**Владеть:** техническими средствами измерений, современными методиками измерений и обработки данных экспериментов и оценки результатов экспериментальных исследований в области металловедения и термическая обработка металлов и сплавов.

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» представляет собой дисциплину образовательного компонента с индексом 2.1.4 учебного плана аспирантуры 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, изучаемую на 4 курсе в 8 семестре.

### 3 Содержание и объем дисциплины

#### 3.1 Содержание дисциплины и лекционных занятий

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетных единиц (з.е.), 216 часов.

Таблица 3.1 – Объем дисциплины по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	216
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	54
в том числе:	
лекции	36
лабораторные занятия	0
практические занятия	18
экзамен	предусмотрен
зачет	не предусмотрен
Аудиторная работа (всего):	54
в том числе:	
лекции	36
лабораторные занятия	0
практические занятия	18
Самостоятельная работа аспирантов (всего)	162
Контроль/экс (подготовка к экзамену)	0

Таблица 3.2 - Содержание дисциплины и ее методическое обеспечение

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
		лек., час	№ лаб	№ пр.		
1	2	3	4	5	6	7
1	Строение металлических материалов	4		1	У-1, У-4, У-5, МУ-1	1-2 неделя С
2	Металлические сплавы	4		2	У-1, У-2, МУ-1	3-4 неделя С
3	Диаграммы состояния металлических сплавов	4		3	У-1, У-3, МУ-1	5-6 неделя С
4	Пластическая деформация и рекристаллизация металлов и сплавов	4		4	У-1, МУ-1	7-8 неделя С
5	Механические свойства металлов и сплавов	4		5	У-1, У-3, МУ-1	9-10 неделя С
6	Железо и его сплавы	2		6	У-1, У-4,	11-12 неделя С

					У-5, МУ-1	
7	Стали	2		7	У-1, У-2, МУ-1	13-14 неделя С
8	Теория и технология термической обработки сталей и сплавов	6		8	У-1, У-3, МУ-1	15-16 неделя С
9	Теория и технология химико-термической обработки сталей и сплавов	6		9	У-1, МУ-1	17-18 неделя С З
Итого		36				

Таблица 3.3 – Краткое содержание лекционного курса

№	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	Строение металлических материалов	Атомно-кристаллическое строение металлов. Виды несовершенств кристаллического строения металлов. Диффузия в кристаллических телах. Процессы плавления и кристаллизации.
2	Металлические сплавы	Характеристики основных фаз в сплавах. Термодинамический анализ металлических сплавов и построение диаграмм состояний. Построение диаграмм состояний аналитическим методом.
3	Диаграммы состояния металлических сплавов	Экспериментальные методы построения диаграмм состояний и анализ их основных типов. Диаграмма для случая ограниченной растворимости в твердом состоянии. Основы построения и анализа диаграмм состояний тройных систем.
4	Пластическая деформация и рекристаллизация металлов и сплавов	Упругая и пластическая деформация. Диаграммы деформации. Механизмы пластической деформации. Хрупкость и сверхпластичность. Методы измерения механических свойств.
5	Механические свойства металлов и сплавов	Влияние пластической деформации на структуру металлов и сплавов. Анизотропия в поликристаллических металлах и сплавах, вызванная пластической деформацией (текстура). Отжиг деформированных металлов. Рекристаллизация.
6	Железо и его сплавы	Диаграмма состояний железоуглеродистых сплавов. Чугуны.
7	Стали	Легированные стали. Углеродистые стали.
8	Теория и технология термической обработки сталей и сплавов	Основы теории термической обработки сталей и сплавов. Общая характеристика технологических процессов термической обработки стали.
9	Теория и технология химико-термической обработки сталей и сплавов	Основы химико-термической обработки. Основное оборудование термических цехов. Механизация и автоматизация процессов термической обработки.

### 3.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

Таблица 3.4 – Практические занятия

№ темы	Наименование практического занятия	Объем, час.
1	Классификация, промышленная маркировка и применение сталей	2

2	Классификация, маркировка и применение чугунов	2
3	Изучение структуры и свойств сталей и чугунов в равновесном состоянии, превращений в железоуглеродистых сталях	2
4	Определение твердости металлов	2
5	Макроструктурный анализ металла	2
6	Микроструктурный анализ металлических материалов	2
7	Маркировка и применение твёрдых сплавов	2
8	Классификация, промышленная маркировка и применение меди и медных сплавов	2
9	Классификация, маркировка и область применения алюминия и его сплавов	2
	Итого	18

### 3.3. Самостоятельная работа аспирантов (СРС)

Таблица 3.5 – Самостоятельная работа аспирантов

№	Наименование раздела дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час
1	Строение металлических материалов	1-2 неделя	18
2	Металлические сплавы	3-4 неделя	18
3	Диаграммы состояния металлических сплавов	5-6 неделя	18
4	Пластическая деформация и рекристаллизация металлов и сплавов	7-8 неделя	18
5	Механические свойства металлов и сплавов	9-10 неделя	18
6	Железо и его сплавы	11-12 неделя	18
7	Стали	13-14 неделя	18
8	Теория и технология термической обработки сталей и сплавов	15-16 неделя	18
9	Теория и технология химико-термической обработки сталей и сплавов	17-18 неделя	18
Итого			162

## 4 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы

Аспиранты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы аспирантов по данной дисциплине организуется:

*библиотекой университета:*

– библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;

– имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

*кафедрой:*

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
  - путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств;
  - путем разработки:
    - методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы аспирантов;
    - заданий для самостоятельной работы;
    - тем рефератов и докладов;
    - вопросов к экзаменам и зачетам;
    - методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ и т.д.;
    - тем курсовых работ и методические рекомендации по их выполнению.
- типографией университета:*
- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
  - удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

## **5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену приведен в Приложении А.

Для промежуточной аттестации, проводимой в форме тестирования, используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- верный ответ на вопрос – 2 балла.

Максимальное количество баллов за тестирование - 36 баллов.

### **5.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Примеры типовых контрольных заданий для текущего контроля

Примеры тестовых заданий по дисциплине

1 Содержание углерода в стали...

- 1) не более 2,14 %
- 2) не менее 2,14 %
- 3) не более 21,4 %

2 С повышением содержания углерода в стали...

- 1) увеличивается ее временное сопротивление и предел текучести
- 2) уменьшается ее сопротивление и предел текучести
- 3) не изменяется ее временное сопротивление и предел текучести

3 Почему в конструкциях автомобилей кованных и штампованных деталей большинство?

- 1) кованные и штампованные детали отличаются наиболее благоприятной структурой металла, а, следовательно, и наилучшими механическими свойствами изготавливаемых из них деталей
- 2) кованные и штампованные детали отличаются самыми дешевыми
- 3) кованные и штампованные детали легче изготовить

4 В каком случае применяют литье для изготовления деталей?

- 1) при изготовлении деталей особенно сложной формы
- 2) при изготовлении деталей кузова
- 3) при изготовлении колес

5 Какой материал является исходным для изготовления поковок и штамповок?

- 1) металлопрокат
- 2) расплавленный металл
- 3) металлический порошок

6 На свойства чугунов оказывает влияние...

- 1) форма графитизированного в них углерода
- 2) содержание углерода
- 3) окружающая среда

7 Механическую обрабатываемость металлов и сплавов обычно оценивают...

- 1) по износу режущей части инструмента, выполненного из быстрорежущей стали P18 или твердого титанокобальтового сплава Т5К10
- 2) по износу режущей части инструмента
- 3) по износу инструмента, выполненного стали

8 Как повысить механические и другие характеристики сталей и чугунов?

- 1) ввести в их состав легирующие компоненты
- 2) вывести из их состава легирующие компоненты
- 3) ввести в их состав любые компоненты

9 Как определяются механические характеристики металлов и сплавов?

- 1) экспериментально на образцах при различных видах их нагружения
- 2) экспериментально на одном образце при одном виде нагружения
- 3) экспериментально на образцах при одном виде нагружения

10 Свариваемость определяет способность металлов и сплавов...

- 1) получать при оптимальной технологии прочный и износостойкий шов или наплавленный металл без существенного снижения эксплуатационных качеств восстановленной или изготовленной детали или сварного узла
- 2) получать при оптимальной технологии прочный и износостойкий шов
- 3) получать при оптимальной технологии непрочный шов или наплавленный металл для существенного снижения эксплуатационных качеств восстановленной детали

### **Примеры вопросов, выносимых на собеседование:**

1. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика.
2. Дефекты кристаллического строения.
3. Термическая обработка стали.
4. Основные виды термической обработки стали.
5. Дислокационная структура и прочность металлов.
6. Фуллерены и нанотрубки.
7. Термомеханическая обработка.
8. Структура и свойства материалов после термомеханической обработки.
9. Наноструктурное строение веществ.
10. Наклёп и рекристаллизация.
11. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия концентрированных потоков энергии.
12. Классификация углеродистых сталей по качеству.



13. Температура рекристаллизации
14. Строение металлов
15. Влияние углерода и примесей на свойства углеродистых сталей
16. Легированные стали
17. Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов и методы их построения
18. Фазовые и структурные превращения в твердом состоянии
19. Классификация и маркировка
20. Термическая обработка
21. Диаграммы состояния железо-цементит и железо-графит
22. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита
23. Коррозионно-стойкие стали
24. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцево-никелевые и хромозотистые аустенитные стали
25. Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении
26. Процесс образования аустенита при нагреве
27. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки
28. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии

Полностью оценочные средства представлены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## **БУчебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1 Основная и дополнительная учебная литература**

Основная:

1. Агеев, Е. В. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов [Электронный ресурс] : учебное пособие : [для студентов и аспирантов машиностроительных направлений подготовки всех форм обучения] / Е. В. Агеев, Д. А. Чумак-Жунь, А. Ю. Алтухов ; Юго-Зап. гос. ун-т (Курск). – Электрон. текстовые дан. (5352 КБ). – Курск : ЮЗГУ, 2014. – 238 с.
2. Материаловедение и технологии конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.А. Масанский, В.С. Казаков, А.М. Токмин и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. – 268 с. – Режим доступа: [biblioclub.ru](http://biblioclub.ru).

Дополнительная:

3. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов [Электронный ресурс]: курс лекций / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.В. Агеев, Б.Н. Сабельников. – Курск: ЮЗГУ, 2018. – 230 с.
4. Материаловедение [Текст] : учебник / В. Н. Гадалов [и др.]. – Москва : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. – 272 с.
5. Акулова, Л. Ю. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Ю. Акулова, А. Н. Бормотов, И. А. Прошин. – Пенза : ПензГТУ, 2013. – 234 с. – Режим доступа: [biblioclub.ru](http://biblioclub.ru).
6. Гарифуллин, Ф.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Ф.А. Гарифуллин, Р.Ш. Аюпов, В.В. Жилияков ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : Издательство КНИТУ, 2013. – 248 с. – Режим доступа: [biblioclub.ru](http://biblioclub.ru).

## 6.2 Перечень методических указаний

1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.В. Агеев, Б.Н. Сабельников. – Курск: ЮЗГУ, 2018. – 67 с.

## 6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <https://vak.minobrnauki.gov.ru/main>
2. <http://biblioclub.ru> - Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
3. <http://www.consultant.ru> - Официальный сайт компании «Консультант Плюс»
4. <http://window.edu.ru>

## 6.4 Перечень информационных технологий

Операционная система Windows ; LibreOffice (Бесплатная, GNU General Public License).

## 6.5 Другие учебно-методические материалы

В учебном процессе используются учебные кинофильмы, презентации, плакаты, а также отраслевые научно-технические журналы:

«Металловедение и термическая обработка металлов»; «Технология металлов»; «Металлы»; «Цветные металлы»; «Все материалы. Энциклопедический справочник»; «Материаловедение»; «Сталь»; «Электрометаллургия».

### Справочники:

1. Марочник сталей и сплавов/В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. –640 с.
2. Краткий справочник металлиста / Под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1986.– 960 с.
3. Термическая обработка сплавов: Справочник / Фиргер В.И. – : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – 304 с
4. Конструкционные материалы: Справочник / Под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с.
5. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы: Справ, изд. / А.П. Шлямнев. и др. – М.: Интермет Инжиниринг. – 2000. – 232 с.
6. Марочник сталей и сплавов / М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. – 672 с.

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенные учебной мебелью: столы, стулья для обучающихся; стол, стул для преподавателя; доска. Проекционный экран на штативе; мультимедиа центр: ноут-бук.

**Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу**

№ измен ения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	измене нных	замене нных	аннулиро ванных	НОВЫХ			

**Перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика.
2. Дефекты кристаллического строения.
3. Дислокационная структура и прочность металлов.
4. Фуллерены и нанотрубки.
5. Наноструктурное строение веществ.
6. Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов и методы их построения.
7. Фазовые и структурные превращения в твердом состоянии.
8. Диаграммы состояния железо-цементит и железографит.
9. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита.
10. Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении.
11. Процесс образования аустенита при нагреве.
12. Механизм превращений переохлажденного аустенита.
13. Мартенситное превращение, механизм и кинетика.
14. Структура и свойства мартенсита.
15. Влияние деформации на мартенситное превращение.
16. Превращения при отпуске стали.
17. Изменение структуры и свойств при отпуске.
18. Отпускная хрупкость и способы ее предотвращения.
19. Металлографические и фрактографические методы исследования, оптическая и электронная.
20. Рентгеновские методы исследования.
21. Физические свойства: акустические, магнитные, электрические и т.д..
22. Остаточные напряжения, определение, классификация.
23. Влияние пластической деформации на структуру и свойства материалов.
24. Механизм упрочнения.
25. Деформационное упрочнение.
26. Дисперсионное твердение.
27. Виды разрушения материалов.
28. Механизмы зарождения трещин. Трещиностойкость.
29. Механические свойства, определяемые при статическом нагружении.
30. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, трещиностойкость.
31. Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении.
32. Динамические испытания на изгиб образцов.
33. Ударная вязкость.
34. Хладостойкость и критическая температура хрупкости, методы определения.
35. Усталость, предел выносливости.
36. Малоцикловая и многоцикловая усталость.
37. Природа усталостного разрушения.
38. Влияние различных факторов на сопротивление усталости.
39. Испытания на твердость, микротвердость вдавливанием и царапанием.
40. Триботехнические испытания.
41. Жаростойкость и жаропрочность.
42. Ползучесть, диаграммы ползучести, предел ползучести.
43. Длительная прочность, предел длительной прочности.
44. Термическая обработка стали.
45. Основные виды термической обработки стали
46. Химико-термическая обработка: цементация, аотирование, нитроцементация стали.
47. Диффузионная металлизация: алитирование, хромирование, силицирование и т.п

48. Термомеханическая обработка. Основные виды.
49. Структура и свойства материалов после термомеханической обработки.
50. Наклёп и рекристаллизация.
51. Температура рекристаллизации.
52. Строение металлов.
53. Механизм и стадии процесса рекристаллизации.
54. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия концентрированных потоков энергии.
55. Классификация углеродистых сталей по качеству, структуре и областям применения.
56. Влияние углерода и примесей на свойства углеродистых сталей
57. Легированные стали. Классификация и маркировка. Термическая обработка. Назначение.
58. Коррозионно-стойкие стали.
59. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцево-никелевые и хромазотистые аустенитные стали.
60. Жаропрочные стали.
61. Жаропрочные и жаростойкие никелевые сплавы. Термическая обработка.
62. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки.
63. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии
64. Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Применение в машиностроении.
65. Алюминий, магний и их сплавы.
66. Деформируемые и литейные сплавы. Особенности термической обработки.
67. Спеченные алюминиевые сплавы
68. Медь и ее сплавы. Латуни, их свойства.
69. Строение и свойства оловянных, алюминиевых, свинцовых, марганцовистых и бериллиевых бронз.
70. Медно-никелевые сплавы.
71. Титан и его сплавы. Классификация сплавов титана. Свойства. Особенности термической обработки.
72. Методы исследования металлов.
73. Световая микроскопия.
74. Электронная микроскопия.
75. Рентгеноструктурный анализ.
76. Локальный анализ состава по электронным спектрам.
77. Технология термической обработки стали.
78. Отжиг первого рода: гомогенизационный отжиг, рекристаллизационный отжиг и отжиг для снятия напряжений.
79. Отжиг второго рода (перекристаллизационный) полный отжиг, неполный отжиг, сфероидальный отжиг, изотермический отжиг.
80. Нормализация.
81. Закалка (выбор температуры нагрева под закалку, время нагрева, окисление и обезуглероживание стали при нагреве, охлаждающие среды для закалки, прокаливаемость стали, внутреннее напряжения, способы закалки).
82. Отпуск закаленной стали (низкий, средний, высокий).
83. Поверхностная закалка с высокочастотным нагревом и с газопламенным нагревом.
84. Установки для скоростного нагрева ТВЧ.
85. Возможности рентгеноструктурного анализа металлов и сплавов.
86. Классификация методов структурного анализа
87. Устройство и возможности электронного микроскопа
88. Способы определения химического состава стали.