

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Производство энергетического оборудования

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5; 3 семестр - 2; всего - 7</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>252 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 32 часа; 3 семестр - 16 часов; всего - 48 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>1 семестр - 16 часов; 3 семестр - 16 часов; всего - 32 часа</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 129,5 часа; 3 семестр - 39,7 часа; всего - 169,2 часа</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b> <b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>3 семестр - 0,3 часа; всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волков П.В.
	Идентификатор	Rae5921e8-VolkovPV-971cc7f4

П.В. Волков

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волков П.В.
	Идентификатор	Rae5921e8-VolkovPV-971cc7f4

П.В. Волков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гончаров А.Л.
	Идентификатор	R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe

А.Л. Гончаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении влияния особенностей строения и фазовых превращений конструкционных материалов энергетического оборудования на их свойства.

### Задачи дисциплины

- формирование представления о влиянии дефектов кристаллического строения на свойства легированных сталей и сплавов, применяемых в энергетике;
- приобретение навыков анализа фазовых превращений, происходящих в конструкционных материалах энергетического оборудования;
- изучение влияния фазовых превращений на свойства конструкционных материалов энергетического оборудования;
- освоение основных принципов легирования и механизмов упрочнения легированных сталей и сплавов, применяемых в энергетике;
- освоение основных закономерностей формирования структуры сварных соединений из легированных сталей и сплавов, применяемых в энергетике;
- изучение особенностей строения металла сварных соединений легированных сталей разных структурных классов;
- изучение особенностей строения и формирования структуры антикоррозионной наплавки.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
РПК-7 Способен участвовать в проведении научных исследований в области производства объектов профессиональной деятельности, а также контроля и диагностики свойств и структуры материалов этих объектов	ИД-ЗРПК-7 Демонстрирует понимание влияния особенностей структуры на свойства конструкционных материалов энергетического оборудования	знать: - закономерности фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения.  уметь: - определять количество структурных составляющих сварных соединений и твердость микроструктур по термокинетическим диаграммам распада аустенита; - определять объемную долю фазы и размер зерна и анализировать механизмы упрочнения сталей перлитного класса; - анализировать влияние вида сварки на структуру и свойства сварных соединений из материалов, применяемых в энергетике; - классифицировать дефекты сварных соединений, применяемых в энергетике и анализировать причины их возникновения и способы предотвращения их появления; - анализировать структурно-фазовые превращения в антикоррозионной наплавке, распределение в ней

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>химических элементов и твердости, а также причины возникновения напряжений;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия, а также термокинетических диаграмм распада аустенита;</li> <li>- оценивать структуру и фазовый состав по марке легированных сталей аустенитного, ферритного, мартенситного, ферритно-мартенситного классов и железо-никелевых сплавов, а также обосновывать назначение термообработки для этих сталей и стареющих сплавов, анализировать влияние термообработки на свойства этих материалов;</li> <li>- анализировать влияние степени пластической деформации и дефектов кристаллического на свойства материалов, применяемых в энергетике;</li> <li>- анализировать взаимосвязи структур сталей перлитного класса, параметров и вида термообработки и свойств, а также причины изменения структуры и свойств в зависимости от термообработки, выявлять критические точки превращений в этих сталях, оценивать структуру и фазовый состав по марке легированной стали перлитного класса.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Производство энергетического оборудования (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов	32	1	8	4	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к защите лабораторной работы «Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов»</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с. 16-26, 43-59 [10], с.15-23, 50-60, 144 [13], с.6-39</p>	
1.1	Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов	32		8	4	-	-	-	-	-	-	20	-		
2	Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов	46		4	4	-	-	-	-	-	-	38	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к защите лабораторных работ «Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов» и «Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей»</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с. 90-96, 118-120 [2], с. 64-71 [3], с. 167-178, 183-189 [10], с. 154-166, 190-193, 285-290 [13], с.40-60</p>
2.1	Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов	46		4	4	-	-	-	-	-	-	38	-		
3	Конструкционные материалы	66		20	8	-	-	-	-	-	-	38	-		
3.1	Конструкционные	66	20	8	-	-	-	-	-	-	38	-			

	материалы												предела текучести и изменения температуры хрупко-вязкого перехода по параметрам структуры" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 1. Подготовка к защите лабораторных работ «Структура, свойства и термическая обработка конструкционных легированных сталей перлитного класса», «Структура, свойства, термическая обработка высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей, а также стареющих сплавов» 2. Подготовка к защите расчетного задания. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с.334, 336-337, 355-361 [2], с. 285-291, с. 328-340 [3], с. 380-382 [4], с. 4-15, 18-33, 40-52 [5], с. 3-12 [10], с. 86-92 [11], с. 399-403, 297-299, 312-323, 394-399, 406-416, 491-503 [13], с.61-73	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		32	16	-	-	2	-	-	0.5	96	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	16	-	2	-	-	0.5	129.5			
4	Дефекты сварных соединений	11	3	2	4	-	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к защите лабораторных работ «Макро- и микродефекты металла сварных соединений», "Особенности определения характеристик механических свойств сварных соединений". <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [8], с.207-210 [9], с. 82-93, 97-108 [14], с. 9-13
4.1	Дефекты сварных соединений	11		2	4	-	-	-	-	-	-	5	-	

5	Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения	10	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к коллоквиуму «Закономерности фазовых превращений в неравновесных условиях охлаждения».</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [1], с. 223-228, 231-235  [6], с. 51-55  [7], с. 163-169, 274-275  [10], с. 148-153  [14], с.14-28</p>
5.1	Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения	10	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
6	Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов	20	6	8	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к защите лабораторной работы «Структура металла сварных соединений» .</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [9], с. 6-13, 30-53  [12], с. 82-92  [14], с.29-45</p>
6.1	Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов	20	6	8	-	-	-	-	-	-	6	-	
7	Антикоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную	13	4	4	-	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к защите лабораторной работы «Структура антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную».</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [9], с. 54-60  [14], с.46-53</p>
7.1	. Антикоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную	13	4	4	-	-	-	-	-	-	5	-	

	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	72.0		16	16	-	-	-	-	-	0.3	22	17.7	
	Итого за семестр	72.0		16	16	-	-	-	-	-	0.3		39.7	
	<b>ИТОГО</b>	<b>252.0</b>	-	<b>48</b>	<b>32</b>	-	<b>2</b>	-	-	-	<b>0.8</b>		<b>169.2</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов

#### 1.1. Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов

Основные типы кристаллических решеток и их характеристики. Обозначение плоскостей и направлений в кубических и гексагональной кристаллических решетках. Типы дислокаций, вектор Бюргера. Способы движения дислокаций: консервативное и неконсервативное перемещение. Сила тения решетки (напряжение Пайерлса). Источники Франка-Рида. Лес дислокаций. Полудислокация Франка. Пересечение дислокаций. Влияние дислокаций на деформационное упрочнение. Частичные дислокации и дефекты упаковок. Взаимодействие атомов примесей с дислокациями и дефектами упаковок. Малоугловые и большеугловые границы зерен. Когерентная и полукогерентная границы. Определение размера зерна и объемной доли фаз методами количественной металлографии. Сетки Франка.

### 2. Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов

#### 2.1. Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов

Понятия фазы, компонента и числа степеней свободы. Правило фаз (правило Гиббса) и правила отрезков.. Классификация фаз. Твердые растворы внедрения и замещения. Ограниченные и неограниченные твердые растворы. Диаграммы состояния с перитектоидным превращением. Диаграммы состояния для сплавов полиморфными превращениями. Упорядоченные твердые растворы. Сверхструктурная дислокация. Промежуточные фазы постоянного состава. Электронные соединения (фазы Юм-Розери), сигма-фазы, фазы Лавеса и промежуточные фазы внедрения. Условия образования и свойства этих фаз. Диаграммы равновесия в случае образования подобных фаз. Диаграмма состояния с особой точкой. Свойства сплавов при наличии этих фаз в структуре сплавов. Условия образования и форма зародыша новой фазы. Рост фазы. Нормальный рост, контролируемый процессами диффузии: превращения при постоянном и изменяющемся составах (диффузионное превращение). Мартенситное превращение. Особенности мартенситного превращения в сплавах на основе железа. Распад пересыщенного твердого раствора. Промежуточное (бейнитное) превращение; температурный интервал и кинетика.

### 3. Конструкционные материалы

#### 3.1. Конструкционные материалы

Стали перлитного класса. Пути повышения прочности конструкционных материалов, применяемых в энергетике: упрочнение твердого раствора, упрочнение за счет перлитной составляющей, деформационное, дисперсионное, зернограничное упрочнение. Влияние неметаллических включений на механические свойства сталей. Влияние радиуса поры кристаллической решетки на ударную вязкость. Основные легирующие элементы сталей перлитного класса и их влияние на свойства твердого раствора. Взаимодействие легирующих элементов с углеродом. Распределение легирующих карбидообразующих элементов между ферритом и карбидами. Влияние легирующих элементов на размер зерна. Термическая обработка. Предварительная и основная термическая обработка сталей перлитного класса. Понятие флокенов. Противофлокенная обработка. Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов. Влияние концентрации углерода и дополнительного легирования на структуру и свойства высокохромистых сталей. Причины возникновения хладноломкости, хрупкости 475 градусов и сигма-фазы в сталях ферритного класса. Механизм и причины возникновения и межкристаллитной коррозии в сталях ферритного класса. Меры борьбы с межкристаллитной коррозией. Суперферриты. Влияние структуры на коррозионную стойкость высокохромистых сталей. Термическая

обработка сталей ферритного и феррито-мартенситного классов.. Хромоникелевые стали и сплавы аустенитного класса. Влияние структуры на коррозионную стойкость. Влияние радиуса поры кристаллической решетки и коэффициента компактности на механические свойства сталей аустенитного класса. Соотношение хрома и никеля, необходимое для формирования аустенитной структуры. Влияние альфа-фазы, величины зерна, сигма-фазы на жаропрочность, коррозионную стойкость и технологические свойства аустенитных сталей. Механизм и причины возникновения и межкристаллитной коррозии в сталях аустенитного класса. Стабилизация аустенитных сталей присадками титана и ниобия. Термическая обработка аустенитных сталей с однофазной структурой. Стали аустенитного класса с многофазной структурой. Аустенитные стали и сплавы с карбидным упрочнением, их термическая обработка. Аустенитные стали и сплавы с интерметаллидным упрочнением. Термическая обработка, обеспечивающая наиболее высокие жаропрочные свойства.. Сплавы на основе никеля и титана. Сплавы на основе никеля: обоснование легирования жаростойких и жаропрочных сплавов. Термическая обработка никелевых сплавов. Титан и сплавы на его основе. Методы получения титана и основные свойства. Классификация легирующих элементов в титановых сплавах. Сплавы на основе титана: классификация, термическая обработка и области применения.

#### 4. Дефекты сварных соединений

##### 4.1. Дефекты сварных соединений

Классификация дефектов сварных соединений. Горячие трещины: кристаллизационные и подсолидусные, причины возникновения, меры борьбы. Холодные трещины, причины возникновения и меры борьбы. Образование пор и флокенов в сварных соединениях. Дефекты, характерные для сварных соединений при электронно-лучевой сварке.

#### 5. Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения

##### 5.1. Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения

Влияние скорости нагрева и охлаждения на температуры фазовых превращений. Неравновесная кристаллизация сплавов с полной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Коэффициент распределения. Кристаллизация эвтектики и перитектики в неравновесных условиях. Роль строения межфазных границ в фазовых превращениях. Гомогенное (флуктуационное) и гетерогенное зарождение фаз. Влияние скорости охлаждения на характер выделения новой фазы. Образование вторичного твердого раствора. Эвтектоидное превращение (квазиэвтектоид). Образование структуры видманштетта.

#### 6. Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов

##### 6.1. Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов

Кристаллизация металла шва. Структура сварных швов металлов и сплавов без полиморфных превращений и с полиморфными превращениями. Превращения в зоне термического влияния при сварочном нагреве и охлаждении. Влияние термического цикла сварки на структуру металла сварных соединений. Структура и превращения в сварных соединениях сталей перлитного класса (углеродистых, низколегированных без карбидообразующих и с карбидообразующими элементами): превращения при неравновесном нагреве выше температуры фазовых превращений; превращения при

непрерывном охлаждении с температур выше критических. Структура и превращения в сварных соединениях сталей аустенитного класса: превращения при неравновесном нагреве выше температуры фазовых превращений; превращения при непрерывном охлаждении с температур выше критических. Структура и превращения в сварных соединениях сталей феррито-мартенситного класса: превращения при неравновесном нагреве выше температуры фазовых превращений; превращения при непрерывном охлаждении с температур выше критических. Термическая обработка сварных соединений углеродистых, низко- и среднелегированных сталей, высоколегированных, хромистых и хромоникелевых сталей. Обоснование выбора термической обработки, исходя из структуры, свойств и условий работы изделия. Карбидообразование при отпуске в сварных швах легированных сталей.

### 7. Анतिकоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную

#### 7.1. . Анतिकоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную

Формирование структуры наплавки. Термический цикл наплавки. Напряжения, возникающие при наплавке. распределение легирующих элементов и углерода в антикоррозионной наплавке. Микроструктура основных зон наплавки.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов (2 часа);
2. Структура металла сварных соединений (4 часа);
3. Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей (2 часа);
4. Закалка и старение сталей и сплавов, не имеющих полиморфных превращений (2 часа);
5. Термическая обработка легированных сталей перлитного класса (2 часа);
6. Структура и свойства конструкционных легированных сталей перлитного класса (2 часа);
7. Структура и свойства высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей (2 часа);
8. Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов (4 часа);
9. Структура антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную (4 часа);
10. Макро- и микродефекты металла сварных соединений (4 часа);
11. Применение термокинетических диаграмм для исследования структуры сварных соединений (4 часа).

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультация по разделу "Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов" проводится перед экзаменом
2. Консультация по разделу "Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов" проводится перед экзаменом
3. Консультация по разделу "Конструкционные материалы" проводится перед экзаменом

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
закономерности фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения	ИД-3РПК-7					+				Коллоквиум/Коллоквиум № 2 «Закономерности фазовых превращений в неравновесных условиях охлаждения»
<b>Уметь:</b>										
анализировать взаимосвязи структур сталей перлитного класса, параметров и вида термообработки и свойств, а также причины изменения структуры и свойств в зависимости от термообработки, выявлять критические точки превращений в этих сталях, оценивать структуру и фазовый состав по марке легированной стали перлитного класса	ИД-3РПК-7			+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4 «Структура, свойства и термическая обработка конструкционных легированных сталей перлитного класса»
анализировать влияние степени пластической деформации и дефектов кристаллического на свойства материалов, применяемых в энергетике	ИД-3РПК-7	+								Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 «Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов»
оценивать структуру и фазовый состав по марке легированных сталей аустенитного, ферритного, мартенситного, ферритно-мартенситного классов и железо-никелевых сплавов, а также обосновывать назначение термообработки для этих сталей и стареющих сплавов, анализировать влияние термообработки на свойства этих материалов	ИД-3РПК-7			+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №5 «Структура, свойства, термическая обработка высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей, а также стареющих сплавов»
проводить анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия, а также термокинетических диаграмм распада аустенита	ИД-3РПК-7		+							Лабораторная работа/Защита лабораторных работ № 2«Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия

									двухкомпонентных сплавов» и № 3 «Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей»
анализировать структурно-фазовые превращения в антикоррозионной наплавке, распределение в ней химических элементов и твердости, а также причины возникновения напряжений	ИД-ЗРПК-7							+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 9 «Структура антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную»
классифицировать дефекты сварных соединений, применяемых в энергетике и анализировать причины их возникновения и способы предотвращения их появления	ИД-ЗРПК-7				+				Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 6 «Макро- и микродефекты металла сварных соединений»
анализировать влияние вида сварки на структуру и свойства сварных соединений из материалов, применяемых в энергетике	ИД-ЗРПК-7							+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 7 «Применение термокинетических диаграмм для исследования структуры сварных соединений»
определять объемную долю фазы и размер зерна и анализировать механизмы упрочнения сталей перлитного класса	ИД-ЗРПК-7			+					Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания
определять количество структурных составляющих сварных соединений и твердость микроструктур по термокинетическим диаграмм распада аустенита	ИД-ЗРПК-7							+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 8 «Структура металла сварных соединений»

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторных работ № 2 «Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов» и № 3 «Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 «Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №4 «Структура, свойства и термическая обработка конструкционных легированных сталей перлитного класса» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №5 «Структура, свойства, термическая обработка высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей, а также стареющих сплавов» (Лабораторная работа)
4. Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

#### **3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Коллоквиум № 2 «Закономерности фазовых превращений в неравновесных условиях охлаждения» (Коллоквиум)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы № 6 «Макро- и микродефекты металла сварных соединений» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 7 «Применение термокинетических диаграмм для исследования структуры сварных соединений» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 8 «Структура металла сварных соединений» (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы № 9 «Структура антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложении к диплому выносятся оценки за 1 семестр

#### Зачет с оценкой (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих. Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Металловедение. В 2 т. Т.1. Основы металловедения : учебник для вузов по направлению "Металлургия" / И. И. Новиков, и др. ; общ. ред. В. С. Золоторевский . – М. : Издательский дом МИСиС, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-87623-191-8 .;
2. Гольдштейн, М. И. Специальные стали : Учебник для вузов по специальности "Металловедение и термическая обработка металлов" / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МИСИС, 1999 . – 408 с. - ISBN 5-87623-032-4 : 53.20 .;
3. Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учебник для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева . – 4-е изд., перераб . – М. : Альянс, 2009 . – 528 с. - ISBN 978-5-903034-54-3 .;
4. Зайцева, А. В. Конспект лекций по курсу "Конструкционные материалы АЭС": Материалы основного оборудования АЭС / А. В. Зайцева ; Ред. И. В. Зуев ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1986 . – 52 с.;
5. Муравьева, Т. П. Определение характеристик прочности и критической температуры хрупкости сталей перлитного класса по микроструктуре : методическое пособие по курсу "Специальные вопросы материаловедения" по направлению "Машиностроительные технологии и оборудование" / Т. П. Муравьева, П. В. Волков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 12 с.;
6. Металловедение. В 2 т. Т.2. Термическая обработка. Сплавы : учебник для вузов по направлению "Металлургия" / И. И. Новиков, и др. ; Общ. ред. В. С. Золоторевский . – М. : Изд-во МИСИС, 2009 . – 528 с. - ISBN 978-5-87623-217-5 .;
7. Гуляев, А. П. Металловедение : учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев . – 7-е изд., перераб. и доп . – М. : Альянс, 2011 . – 644 с. - ISBN 978-5-903034-98-7 .;
8. Михайлицын С. В.- "Основы сварочного производства", Издательство: "Инфра-Инженерия", Вологда, 2019 - (260 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/124664>;
9. Зорин Н. Е., Зорин Е. Е.- "Материаловедение сварки. Сварка плавлением", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (164 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/102605>;
10. Болдырев Д. А., Давыдов С. В., Попова Л. И., Тюрков М. Н.- "Материаловедение", Издательство: "Инфра-Инженерия", Вологда, 2020 - (424 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/148345>;
11. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Пирирайнен В. Ю.- "Специальные материалы в машиностроении", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (664 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/118630>;
12. Смирнов И. В.- "Сварка специальных сталей и сплавов", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (268 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/118607>;
13. Волков, П. В. Специальные вопросы материаловедения: [в 3-х ч.]. Ч. 1 : учебное пособие по курсу "Специальные вопросы материаловедения" по направлению подготовки магистров 13.04.03 "Энергетическое машиностроение" / П. В. Волков, А. Ю. Марченков, М. В. Горячкина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2022 . – 76 с. - ISBN 978-5-7046-2647-3 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=12073>;



14. Волков, П. В. *Материаловедение сварных соединений : учебное пособие по курсу "Специальные вопросы материаловедения" по направлению подготовки магистров 13.04.03 "Энергетическое машиностроение"* / П. В. Волков, А. Ю. Марченков, М. В. Горячкина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 56 с. - ISBN 978-5-7046-2464-6 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11687>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru; http://docs.cntd.ru/>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран,

		компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-108, Лаборатория термической обработки материалов	парта, стол преподавателя, стол, стул, тумба, доска меловая, оборудование учебное, кондиционер, инвентарь учебный, стенд информационный
	Б-106а, Металлографическая лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, доска меловая, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-106б, Металлографическая лаборатория	стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер
	Б-406, Лаборатория механико-технологических испытаний	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Х-202в, Помещение кафедры "Технологии металлов"	стол, стул, шкаф

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Специальные вопросы материаловедения

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Защита лабораторной работы №1 «Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов» (Лабораторная работа)
- КМ-2 Защита лабораторных работ № 2 «Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов» и № 3 «Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы №4 «Структура, свойства и термическая обработка конструкционных легированных сталей перлитного класса» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №5 «Структура, свойства, термическая обработка высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей, а также стареющих сплавов» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов						
1.1	Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов		+				
2	Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов						
2.1	Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов			+			
3	Конструкционные материалы						
3.1	Конструкционные материалы				+	+	+
Вес КМ, %:			15	25	20	20	20

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-6 Защита лабораторной работы № 6 «Макро- и микродефекты металла сварных соединений» (Лабораторная работа)
- КМ-7 Коллоквиум № 2 «Закономерности фазовых превращений в неравновесных условиях охлаждения» (Коллоквиум)
- КМ-8 Защита лабораторной работы № 7 «Применение термокинетических диаграмм для исследования структуры сварных соединений» (Лабораторная работа)
- КМ-9 Защита лабораторной работы № 8 «Структура металла сварных соединений»

(Лабораторная работа)

КМ-10 Защита лабораторной работы № 9 «Структура антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную» (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Дефекты сварных соединений						
1.1	Дефекты сварных соединений		+				
2	Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения						
2.1	Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения			+			
3	Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов						
3.1	Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов				+	+	
4	Антикоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную						
4.1	. Антикоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную						+
Вес КМ, %:			15	25	20	25	15