

**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 - 16 часов; 3 семестр - 16 часов; всего - 32 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</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> Коллоквиум Лабораторная работа Тестирование Расчетно-графическая работа	
<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 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

П.В. Волков

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

П.В. Волков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Драгунов В.К.
	Идентификатор	R75d71719-DragunovVK-00c02b9f

(подпись)

В.К. Драгунов

(расшифровка  
подписи)

## 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
ПК-1 Способен участвовать в проведении научных исследований в области производства объектов профессиональной деятельности, а также контроля и диагностики свойств и структуры материалов этих объектов	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание влияния особенностей структуры на свойства конструкционных материалов энергетического оборудования	знать: - назначение, принципы легирования высокохромистых сталей ферритного, феррито-мартенситного, мартенситного классов и хромоникелевых сталей аустенитного класса, применяемых в энергетике, их строение и свойства; - основные типы кристаллических решеток, обозначения атомных плоскостей, дефекты кристаллического строения и их характеристики; - строение, свойства твердых фаз, механизмы формирования структуры в металлических системах; - понятие структурного класса легированных сталей, назначение, принципы легирования сталей перлитного класса, применяемых в энергетике, строение, их свойства; - микроструктуру, свойства и основные принципы легирования никелевых и титановых сплавов, применяемых для производства энергетического оборудования; - строение и свойства антикоррозионной наплавки; - закономерности фазовых превращений при первичной и вторичной

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирование структуры, строение и свойства сварных соединений различных из сталей структурных классов, применяемых в энергетике.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить анализ термокинетических диаграмм распада аустенита;</li> <li>- проводить анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия;</li> <li>- определять объемную долю фазы и размер зерна и анализировать механизмы упрочнения сталей перлитного класса;</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;</li> <li>- оценивать структуру и фазовый состав по марке легированной стали (аустенитного, ферритного, мартенситного, ферритно-мартенситного классов), а также обосновывать назначение термообработки для этих сталей и стареющих сплавов, анализировать влияние термообработки на свойства этих материалов;</li> <li>- определять структурные составляющие и их количество на разных участках сварного соединения с использованием термокинетических диаграмм распада аустенита для материалов, применяемых в энергетике;</li> <li>- классифицировать дефекты сварных соединений, применяемых в энергетике и анализировать причины их возникновения и способы предотвращения их появления;</li> <li>- анализировать влияние вида сварки на структуру и свойства сварных соединений из материалов, применяемых в энергетике;</li> <li>- анализировать структурно-фазовые</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		превращения в антикоррозионной наплавке, распределение в ней химических элементов и твердости, а также причины возникновения напряжений; - анализировать влияние степени пластической деформации и дефектов кристаллического на свойства материалов, применяемых в энергетике.

## 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 среднего общего образования.

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	28	1	3	4	6	-	-	-	-	-	15	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к коллоквиуму №1. Подготовка к лабораторной работе №1. Подготовка к защите лабораторной работы №1.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с. 16-26, 43-59 [10], с.15-23, 50-60, 144</p>	
1.1	Дефекты кристаллического строения конструкционных материалов	28		3	4	6	-	-	-	-	-	15	-		
2	Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов	22		3	4	-	-	-	-	-	-	-	15	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к тесту №1. Подготовка к лабораторным работам №№2,3. Подготовка к защите лабораторных работ №№2,3.</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</p>
2.1	Строение твердых фаз и формирование структуры металлических сплавов	22		3	4	-	-	-	-	-	-	-	15	-	
3	Стали перлитного класса	41		4	4	4	-	-	-	-	-	-	29	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к тесту №2. Подготовка к лабораторной работе № 4. Подготовка к защите лабораторной работы № 4. Подготовка к защите расчетного задания.</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b></p>
3.1	Стали перлитного класса	41		4	4	4	-	-	-	-	-	-	29	-	

													Выполнение расчетного задания "Проведение количественной оценки предела текучести и изменения температуры хрупко-вязкого перехода по параметрам структуры" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], с. 4-15, 18-33 [5], с. 3-12 [10], с. 86-92 [11], с. 399-403
4	Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито- ферритного и ферритного классов. Хромоникелевые стали и сплавы аустенитного класса	34	4	4	4	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к тесту №3. Подготовка к лабораторной работе №5. Подготовка к защите лабораторной работы №5. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], с. 285-291 [4], с. 40-52 [11], с. 297-299, 312-323, 394-399
4.1	Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито- ферритного и ферритного классов. Хромоникелевые стали и сплавы аустенитного класса	34	4	4	4	-	-	-	-	-	22	-	
5	Сплавы на основе никеля и титана.	19	2	-	2	-	-	-	-	-	15	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к тесту №4.
5.1	Сплавы на основе никеля и титана	19	2	-	2	-	-	-	-	-	15	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с.334, 336-337, 355-361 [2], с. 328-340 [3], с. 380-382 [11], с. 406-416, 491-503
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	

	Всего за семестр	180.0		16	16	16	-	2	-	-	0.5	96	33.5		
	Итого за семестр	180.0		16	16	16	2		-		0.5	129.5			
6	Дефекты сварных соединений	12	3	2	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к лабораторной работе №6. Подготовка к защите лабораторной работе № 6. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [8], с.207-210 [9], с. 82-93, 97-108	
6.1	Дефекты сварных соединений	12		2	4	-	-	-	-	-	-	6	-		
7	Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения	13		4	4	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к коллоквиуму №2. Подготовка к лабораторной работе №7. Подготовка к защите лабораторной работы №7. <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
7.1	Закономерности и механизмы фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения	13		4	4	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
8	Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов	18		6	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
8.1	Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных	18	6	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	[9], с. 6-13, 30-53 [12], с. 82-92	

	структурных классов													
9	Антикоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную	11		4	4	-	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к коллоквиуму № 4. Подготовка к лабораторной работе №9. Подготовка к защите лабораторной работы № 9. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [9], с. 54-60
9.1	. Антикоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную	11		4	4	-	-	-	-	-	-	3	-	
	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>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</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

Типы дислокаций, вектор Бюргера. Способы движения дислокаций: консервативное и неконсервативное перемещение. Влияние дислокаций на деформационное упрочнение. Частичные дислокации и дефекты упаковок. Взаимодействие атомов примесей с дислокациями и дефектами упаковок. Малоугловые и большеугловые границы зерен. Когерентная граница. Методы определения размера зерна.

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

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

Упорядоченные твердые растворы. 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. 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 составе (диффузионное превращение). Мартенситное превращение. Особенности мартенситного превращения в сплавах на основе железа. Распад пересыщенного твердого раствора. Промежуточное (бейнитное) превращение; температурный интервал и кинетика.

### 3. Стали перлитного класса

#### 3.1. Стали перлитного класса

Пути повышения прочности конструкционных материалов, применяемых в энергетике: упрочнение твердого раствора, упрочнение за счет перлитной составляющей, деформационное, дисперсионное, зернограничное упрочнение. Основные легирующие элементы сталей перлитного класса и их влияние на свойства твердого раствора. Взаимодействие легирующих элементов с углеродом. Предварительная и основная термическая обработка сталей перлитного класса.

### 4. Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов. Хромоникелевые стали и сплавы аустенитного класса

#### 4.1. Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов. Хромоникелевые стали и сплавы аустенитного класса

Влияние концентрации углерода и дополнительного легирования на структуру и свойства высокохромистых сталей. Термическая обработка сталей ферритного и феррито-мартенситного классов. Влияние структуры на коррозионную стойкость. 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. 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.

### 5. Сплавы на основе никеля и титана.

### 5.1. 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. Сплавы на основе титана: классификация, термическая обработка и области применения.

## 6. Дефекты сварных соединений

### 6.1. 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.

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

7.1. 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. Кинетика фазовых превращений.

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

8.1. Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов

Дефекты сварных соединений. 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.

## 9. Анतिकоррозионная наплавка аустенитной стали на перлитную

### 9.1. . 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**

1. Принципы легирования хромоникелевых сталей (2 часа);
2. Определение величины зерна методами количественной металлографии (4 часа);
3. Определение объемной доли фаз методами количественной металлографии (2 часа);
4. . Механизмы упрочнения в сталях перлитного класса (2 часа);
5. Принципы легирования сталей перлитного класса (2 часа);
6. Принципы легирования высокохромистых сталей ферритного, мартенсито-ферритного и мартенситного классов (2 часа);
7. Особенности выполнения расчетного задания (2 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Структура антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную (4 часа);
2. Структура металла сварных соединений (4 часа);
3. Применение термокинетических диаграмм для исследования структуры сварных соединений (4 часа);
4. Макро- и микродефекты металла сварных соединений (4 часа);
5. Закалка и старение сталей и сплавов, не имеющих полиморфных превращений (2 часа);
6. Структура и свойства конструкционных легированных сталей перлитного класса (2 часа);
7. Термическая обработка легированных сталей перлитного класса (2 часа);
8. Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей (2 часа);
9. Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов (2 часа);
10. Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов (4 часа);
11. Структура и свойства высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей (2 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 "Стали перлитного класса" проводится перед экзаменом
4. Консультация по разделу "Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов. Хромо-никелевые стали и сплавы аустенитного класса. Сплавы на основе никеля" проводится перед экзаменом

5. Консультация по разделу "Сплавы на основе никеля и титана" 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	8	9		
<b>Знать:</b>												
формирование структуры, строение и свойства сварных соединений различных из сталей структурных классов, применяемых в энергетике	ИД-3ПК-1									+		Коллоквиум/Коллоквиум №3 «Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов»
закономерности фазовых превращений при первичной и вторичной кристаллизации в неравновесных условиях охлаждения	ИД-3ПК-1									+		Коллоквиум/Коллоквиум № 2 «Закономерности фазовых превращений в неравновесных условиях охлаждения»
строение и свойства антикоррозионной наплавки	ИД-3ПК-1										+	Коллоквиум/Коллоквиум № 4 «Строение и свойства антикоррозионной наплавки»
микроструктуру, свойства и основные принципы легирования никелевых и титановых сплавов, применяемых для производства энергетического оборудования	ИД-3ПК-1					+						Тестирование/Тест № 4 «Никель и титан и их сплавы»
понятие структурного класса легированных сталей, назначение, принципы легирования сталей перлитного класса, применяемых в энергетике, строение, их свойства	ИД-3ПК-1			+								Тестирование/Тест № 2 «Стали перлитного класса»
строение, свойства твердых фаз, механизмы формирования структуры в металлических системах	ИД-3ПК-1		+									Тестирование/Тест №1 «Строение, свойства твердых фаз металлических систем. Механизмы формирования структуры в металлических системах»
основные типы кристаллических решеток, обозначения атомных плоскостей, дефекты кристаллического строения и их характеристики	ИД-3ПК-1	+										Коллоквиум/Коллоквиум №1 «Основные типы кристаллических решеток и дефекты кристаллического строения металлов»
назначение, принципы легирования	ИД-3ПК-1				+							Тестирование/Тест № 3

высокохромистых сталей ферритного, феррито-мартенситного, мартенситного классов и хромоникелевых сталей аустенитного класса, применяемых в энергетике, их строение и свойства										«Высокохромистые и хромоникелевые легированные стали»
<b>Уметь:</b>										
анализировать влияние степени пластической деформации и дефектов кристаллического на свойства материалов, применяемых в энергетике	ИД-3ПК-1	+								Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 «Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов»
анализировать структурно-фазовые превращения в антикоррозионной наплавке, распределение в ней химических элементов и твердости, а также причины возникновения напряжений	ИД-3ПК-1								+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 9 «Структура антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную»
анализировать влияние вида сварки на структуру и свойства сварных соединений из материалов, применяемых в энергетике	ИД-3ПК-1								+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 8 «Структура металла сварных соединений»
классифицировать дефекты сварных соединений, применяемых в энергетике и анализировать причины их возникновения и способы предотвращения их появления	ИД-3ПК-1						+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 6 «Макро- и микродефекты металла сварных соединений»
определять структурные составляющие и их количество на разных участках сварного соединения с использованием термокинетических диаграмм распада аустенита для материалов, применяемых в энергетике	ИД-3ПК-1								+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 7 «Применение термокинетических диаграмм для исследования структуры сварных соединений»
оценивать структуру и фазовый состав по марке легированной стали (аустенитного, ферритного, мартенситного, ферритно-мартенситного классов), а также обосновывать назначение термообработки для этих сталей и стареющих сплавов, анализировать влияние	ИД-3ПК-1				+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №5 «Структура, свойства, термическая обработка высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей, а также стареющих сплавов»

термообработки на свойства этих материалов											
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	ИД-3ПК-1			+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4 «Структура, свойства и термическая обработка конструкционных легированных сталей перлитного класса»
определять объемную долю фазы и размер зерна и анализировать механизмы упрочнения сталей перлитного класса	ИД-3ПК-1			+							Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания
проводить анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия	ИД-3ПК-1			+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2«Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов»
проводить анализ термокинетических диаграмм распада аустенита	ИД-3ПК-1			+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 «Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей»

#### **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 лабораторной работы № 2 «Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №3 «Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей» (Лабораторная работа)
3. Тест № 2 «Стали перлитного класса» (Тестирование)
4. Тест № 3 «Высокохромистые и хромоникелевые легированные стали» (Тестирование)
5. Тест № 4 «Никель и титан и их сплавы» (Тестирование)
6. Тест №1 «Строение, свойства твердых фаз металлических систем. Механизмы формирования структуры в металлических системах» (Тестирование)

###### 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)
5. Коллоквиум №1 «Основные типы кристаллических решеток и дефекты кристаллического строения металлов» (Коллоквиум)

###### **3 семестр**

###### Форма реализации: Письменная работа

1. Коллоквиум № 2 «Закономерности фазовых превращений в неравновесных условиях охлаждения» (Коллоквиум)
2. Коллоквиум № 4 «Строение и свойства антикоррозионной наплавки» (Коллоквиум)
3. Коллоквиум №3 «Формирование структуры металла сварных соединений. Строение металла сварных соединений сталей разных структурных классов» (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

**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., Пириайнен 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>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции.

## **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, оборудование учебное, кондиционер, инвентарь учебный, 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-303, 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 Коллоквиум №1 «Основные типы кристаллических решеток и дефекты кристаллического строения металлов» (Коллоквиум)
- КМ-2 Защита лабораторной работы №1 «Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Тест №1 «Строение, свойства твердых фаз металлических систем. Механизмы формирования структуры в металлических системах» (Тестирование)
- КМ-4 Защита лабораторной работы № 2«Анализ диаграмм фазового и структурно-фазового равновесия двухкомпонентных сплавов» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы №3 «Анализ термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита легированных сталей» (Лабораторная работа)
- КМ-6 Тест № 2 «Стали перлитного класса» (Тестирование)
- КМ-7 Защита лабораторной работы №4 «Структура, свойства и термическая обработка конструкционных легированных сталей перлитного класса» (Лабораторная работа)
- КМ-8 Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
- КМ-9 Тест № 3 «Высокохромистые и хромоникелевые легированные стали» (Тестирование)
- КМ-10 Защита лабораторной работы №5 «Структура, свойства, термическая обработка высокохромистых и хромоникелевых легированных сталей, а также стареющих сплавов» (Лабораторная работа)
- КМ-11 Тест № 4 «Никель и титан и их сплавы» (Тестирование)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -10	КМ -11
		Неделя КМ:	4	6	8	10	10	11	12	14	14	16	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	Стали перлитного класса											
3.1	Стали перлитного класса						+	+	+			
4	Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов. Хромоникелевые стали и сплавы аустенитного класса											
4.1	Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов. Хромоникелевые стали и сплавы аустенитного класса									+	+	
5	Сплавы на основе никеля и титана.											
5.1	Сплавы на основе никеля и титана											+
Вес КМ, %:		8	9	7	8	5	7	9	15	8	16	8

### 3 семестр

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

- КМ-1 Защита лабораторной работы № 6 «Макро- и микродефекты металла сварных соединений» (Лабораторная работа)
- КМ-2 Коллоквиум № 2 «Закономерности фазовых превращений в неравновесных условиях охлаждения» (Коллоквиум)
- КМ-3 Защита лабораторной работы № 7 «Применение термокинетических диаграмм для исследования структуры сварных соединений» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Коллоквиум №3 «Формирование структуры металла сварных соединений. Строение

- металла сварных соединений сталей разных структурных классов» (Коллоквиум)  
 КМ-5 Защита лабораторной работы № 8 «Структура металла сварных соединений»  
 (Лабораторная работа)  
 КМ-6 Коллоквиум № 4 «Строение и свойства антикоррозионной наплавки» (Коллоквиум)  
 КМ-7 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-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	6	8	13	14	15	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, %:			10	14	10	14	17	17	18