

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И**  
**КОНСТРУКЦИЙ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.17
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	4 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	4 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	4 семестр - 32 часа;
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	4 семестр - 79,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Лабораторная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	4 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Марченков А.Ю.
	Идентификатор	R1428e5c3-MarchenkovAY-a17968f

А.Ю.  
Марченков

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaee29

А.С. Дмитриев

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю. Пузина

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение взаимосвязи между составом, структурой и механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике

### Задачи дисциплины

- освоение теоретических основ металловедения;
- изучение характерных особенностей металлов и сплавов, применяемых при проектировании оборудования для тепловой и атомной энергетике;
- изучение основных методов определения характеристик механических свойств конструкционных материалов тепловой и атомной энергетике;
- освоение теории анализа фазовых превращений, происходящих в конструкционных материалах, и изучения влияния этих фазовых превращений на механические, технологические и эксплуатационные свойства материалов;
- освоение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений по выбору конструкционных материалов при проектировании элементов оборудования для тепловой и атомной энергетике.

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
ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ИД-бопк-1 Проектирует элементы конструкций и узлы аппаратов новой техники, учитывая требования к выбору материалов, и прочностным характеристикам	знать: - химический состав, строение, свойства и маркировку конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике; - влияние основных видов обработки на свойства и строение конструкционных материалов и закономерности структурно-фазовых превращений в конструкционных материалах, протекающие под воздействием эксплуатационных факторов; - теоретические основы сварочных процессов, виды и технологии сварки, используемые для материалов тепловой и атомной энергетике; - основы атомно-кристаллического строения конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике; - разрушающие и неразрушающие методы определения механических свойств конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике.  уметь: - выбирать и обосновывать выбор технологий сварки и термической обработки для изделий тепловой и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		атомной энергетики; - выбирать конструкционные материалы для изготовления элементов конструкций тепловой и атомной энергетики в зависимости от условий их эксплуатации; - определять микроструктуру конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике, и её характерные особенности; - принимать участие в исследовании механических свойств конструкционных материалов с использованием нормативных методик; - анализировать влияние технологических и эксплуатационных факторов на структурно-механическое состояние конструкционных материалов тепловой и атомной энергетики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

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 4 зачетных единицы, 144 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	Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов	22	4	6	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Атомно-кристаллическое строение металлов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 95-118 [2], 15-43 [3], 11-60, 67-82</p>	
1.1	Атомно-кристаллическое строение металлов	22		6	6	-	-	-	-	-	-	10	-		
2	Основные характеристики механических свойств конструкционных материалов	22		4	8	-	-	-	-	-	-	10	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные характеристики механических свойств материалов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 118-141, 239-245 [2], 223-232 [3], 102-110, 459-470</p>
2.1	Основные характеристики механических свойств материалов	22		4	8	-	-	-	-	-	-	10	-		
3	Конструкционные материалы, применяемые в энергетике	44		14	6	-	-	-	-	-	-	24	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Конструкционные материалы, применяемые в энергетике"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 170-189, 251-326</p>
3.1	Конструкционные материалы, применяемые в энергетике	44		14	6	-	-	-	-	-	-	24	-		

													[2], 135-140, 177-203 [3], 186-224, 367-509, 540-557, 566-620
4	Основные методы обработки конструкционных материалов	38	8	12	-	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные методы обработки конструкционных материалов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 197-238, 443-613, 749-805 [2], 146-177 [3], 248-367
4.1	Сварка металлов и сплавов	19	4	6	-	-	-	-	-	-	9	-	
4.2	Металловедение	19	4	6	-	-	-	-	-	-	9	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	32	32	-	-	-	-	-	0.3	62	17.7	
	Итого за семестр	144.0	32	32	-	-	-	-	-	0.3	79.7		

**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. Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов

##### 1.1. Атомно-кристаллическое строение металлов

Основные типы кристаллических решеток и их основные характеристики. Анизотропия. Полиморфизм. Дефекты кристаллического строения металлов. Типы точечных дефектов и их влияние на свойства сплавов. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Влияние плотности дислокаций в металле на его прочность. Деформация металлов. Механизм деформации сдвигом в идеальном кристалле. Дислокационный механизм пластической деформации металла. Упрочнение металла холодной пластической деформацией. Влияние нагрева на строение и свойства деформированного металла. Кристаллизация металлов и сплавов. Энергетические предпосылки процесса кристаллизации. Степень переохлаждения при кристаллизации. Влияние среднего размера зерна на прочность металла. Уравнение Холла-Петча. Способы получения мелкозернистой структуры при кристаллизации. Кристаллизация в условиях направленного теплоотвода. Строение металлического слитка. Модифицирование металла. Виды модификаторов. Сплавы. Теория диаграмм состояния. Сплавы. Виды взаимодействия атомов в сплавах. Диаграммы состояния сплавов. Типы диаграмм состояния. Основные линии диаграммы. Правило фаз (правило Гиббса). Правило отрезков.

#### 2. Основные характеристики механических свойств конструкционных материалов

##### 2.1. Основные характеристики механических свойств материалов

Испытание материалов на растяжение. Характеристики прочности и пластичности, определяемые при испытаниях растяжением. Влияние высоких температур на механические свойства сталей. Явление синеломкости. Методы определения твердости металлических материалов. Испытания на ударный изгиб. Вязкое и хрупкое разрушение. Порог хладноломкости. Критическая температура хрупкости. Характеристики жаропрочности металла. Ползучесть. Длительная прочность.

#### 3. Конструкционные материалы, применяемые в энергетике

##### 3.1. Конструкционные материалы, применяемые в энергетике

Углеродистые стали. Структурные составляющие углеродистых незакаленных сталей. Диаграмма состояния «железо – цементит». Влияние углерода на механические свойства углеродистых сталей. Примеси в сталях. Влияние серы и фосфора на механические свойства сталей. Явление красноломкости. Углеродистые стали общего назначения. Степени раскисления сталей. Качественные конструкционные углеродистые стали. Инструментальные углеродистые стали. Легированные стали. Цели легирования. Примеры легирования. Маркировка легированных сталей. Стали, маркирующиеся не в соответствии с общими правилами маркировки (исключения из маркировки). Классификации легированных сталей по степени легированности, по числу компонентов, по назначению, по микроструктуре после нормализации. Влияние легирующих элементов на устойчивость переохлажденного аустенита. Серые чугуны. Высокопрочные чугуны. Ковкие чугуны. Сплавы на основе меди. Латунни. Бронзы. Алюминий. Литейные сплавы на основе алюминия. Деформируемые термически упрочняемые и неупрочняемые сплавы на основе алюминия. Термическая обработка деформируемых упрочняемых сплавов. Антифрикционные сплавы. Баббиты.

#### 4. Основные методы обработки конструкционных материалов

#### 4.1. Сварка металлов и сплавов

Основные методы обработки материалов. Обработка металлов давлением. Обработка резанием. Сварка..

#### 4.2. Металловедение

Термическая обработка. Температуры структурно-фазовых превращений в сталях (критические точки). Отжиг I рода (гомогенизация, рекристаллизационный отжиг). Отжиг II рода (отжиг на мелкое зерно, неполный отжиг и др.). Нормализация и одинарная термическая обработка. Закалка. Выбор температуры нагрева стали под закалку. Способы закалки сталей. Отпуск стали. Виды отпуска. Превращения в структуре стали при отпуске..

### 3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Определение характеристик прочности и пластичности металла испытанием образцов на растяжение;
2. Автоматическая сварка под флюсом;
3. Ручная дуговая сварка;
4. Методы определения твердости металлических материалов;
5. Определение ударной вязкости металлов испытаниями на ударный изгиб. Определение критической температуры хрупкости стали;
6. Аргонодуговая сварка;
7. Влияние термической обработки на свойства углеродистых сталей;
8. Микроструктура цветных металлов и сплавов;
9. Микроструктура и свойства углеродистых незакаленных сталей;
10. Изучение процесса кристаллизации, влияния модификаторов и скорости охлаждения на величину зерна;
11. Построение диаграммы состояния Pb-Sn по кривым охлаждения;
12. Микроструктура легированных сталей и сплавов.

### 3.5 Консультации

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Атомно-кристаллическое строение металлов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные характеристики механических свойств материалов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конструкционные материалы, применяемые в энергетике"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные методы обработки конструкционных материалов"

### 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	
<b>Знать:</b>						
разрушающие и неразрушающие методы определения механических свойств конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике	ИД-60ПК-1		+			Лабораторная работа/Механические свойства конструкционных материалов
основы атомно-кристаллического строения конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике	ИД-60ПК-1	+				Тестирование/Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов
теоретические основы сварочных процессов, виды и технологии сварки, используемые для материалов тепловой и атомной энергетики	ИД-60ПК-1				+	Лабораторная работа/Сварка металлов и сплавов
влияние основных видов обработки на свойства и строение конструкционных материалов и закономерности структурно-фазовых превращений в конструкционных материалах, протекающие под воздействием эксплуатационных факторов	ИД-60ПК-1				+	Лабораторная работа/Металловедение
химический состав, строение, свойства и маркировку конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике	ИД-60ПК-1			+		Тестирование/Конструкционные материалы в энергетике
<b>Уметь:</b>						
анализировать влияние технологических и эксплуатационных факторов на структурно-механическое состояние конструкционных материалов тепловой и атомной энергетики	ИД-60ПК-1				+	Лабораторная работа/Металловедение
принимать участие в исследовании механических свойств конструкционных материалов с использованием нормативных методик	ИД-60ПК-1		+			Лабораторная работа/Механические свойства конструкционных материалов
определять микроструктуру конструкционных материалов, применяемых в тепловой и атомной энергетике, и её характерные особенности	ИД-60ПК-1	+				Тестирование/Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов

выбирать конструкционные материалы для изготовления элементов конструкций тепловой и атомной энергетики в зависимости от условий их эксплуатации	ИД-60ПК-1			+		Тестирование/Конструкционные материалы в энергетике
выбирать и обосновывать выбор технологий сварки и термической обработки для изделий тепловой и атомной энергетики	ИД-60ПК-1				+	Лабораторная работа/Сварка металлов и сплавов

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

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

**4 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Металловедение (Лабораторная работа)
2. Механические свойства конструкционных материалов (Лабораторная работа)
3. Сварка металлов и сплавов (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов (Тестирование)
2. Конструкционные материалы в энергетике (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №4)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» Итоговая оценка определяется на основании соотношения текущей оценки и оценки по промежуточной аттестации. На усмотрение преподавателя оценка по промежуточной аттестации может быть выставлена по средней оценки текущего контроля: "хорошо" - средняя оценка от 3,8 до 4,6 "отлично" - средняя оценка от 4,7 до 5,0

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. 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 .;
2. Матюнин В.М.- "Металловедение, ресурс и диагностика металла в теплоэнергетике", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013540.html>;
3. Матюнин В.М.- "Индентирование в диагностике механических свойств материалов", Издательство: "МЭИ", Москва, 2015 - (288 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009697.html>.

### **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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>
14. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
15. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
16. 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-200, Лекционная учебная аудитория	парта со скамьей, трибуна, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, экран, колонки, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-106а, Металлографическая лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, доска меловая, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-106а, Металлографическая лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, доска меловая, кондиционер, стенд информационный
	А-029, Лаборатория дуговой и контактной	парта, стол преподавателя, стул, шкаф, доска меловая

	сварки	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-106а, Металлографическая лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, доска меловая, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-423/1, Аудитория каф. "НТ"	стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Материаловедение и технология материалов и конструкций

(название дисциплины)

#### 4 семестр

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

- КМ-1 Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов (Тестирование)
- КМ-2 Механические свойства конструкционных материалов (Лабораторная работа)
- КМ-3 Конструкционные материалы в энергетике (Тестирование)
- КМ-4 Сварка металлов и сплавов (Лабораторная работа)
- КМ-5 Металловедение (Лабораторная работа)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	16	17
1	Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов						
1.1	Атомно-кристаллическое строение металлов		+				
2	Основные характеристики механических свойств конструкционных материалов						
2.1	Основные характеристики механических свойств материалов			+			
3	Конструкционные материалы, применяемые в энергетике						
3.1	Конструкционные материалы, применяемые в энергетике				+		
4	Основные методы обработки конструкционных материалов						
4.1	Сварка металлов и сплавов					+	
4.2	Металловедение						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20