

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

---

Направление подготовки/специальность: 15.03.01 Машиностроение

Наименование образовательной программы: Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ**  
**ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ КПЭ**

<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.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 93,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>7 семестр - 8,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>7 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,8 часа;</b>
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>7 семестр - 0 часов;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

В.К. Драгунов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Петров П.Ю.
	Идентификатор	R653adc76-PetrovPY-f1c0c784

П.Ю. Петров

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:** Изучение физико-химических и металлургических явлений для научно обоснованного построения технологических процессов обработки материалов с использованием концентрированных источников теплоты

### Задачи дисциплины

- Изучение совокупности явлений, которые возникают при воздействии концентрированных потоков энергии на конструкционные материалы и составляют сущность процессов термической обработки, наплавки, сварки и резки;
- Освоение методов прогнозирования химического состава, структуры и свойств сталей и сплавов, при воздействии на них концентрированных потоков энергии;;
- Освоение методов принятия и обоснования конкретных технических решений при разработке технологических процессов обработки материалов концентрированных потоков энергии.

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 принимать участие в производственно-технологической деятельности при изготовлении машиностроительных изделий	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при разработке технологии производства и ремонта объектов профессиональной деятельности	уметь: - использовать методы и критерии оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию горячих трещин, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разработку мероприятий по их предупреждению; - научно обосновано выбирать основные конструкционные и вспомогательные материалы, обеспечивающие сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин и размерную стабильность изделий машиностроения; - Осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о физико-химических явлениях, возникающих в процессе обработки конструкционных материалов КПЭ, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; - Использовать методики определения деформаций и напряжений в сварных конструкциях для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.
ПК-1 Способен принимать участие в	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических	знать: - Закономерности фазовых и структурных превращений основных и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
производственно-технологической деятельности при изготовлении машиностроительных изделий	процессов при обработке и контроле материалов	вспомогательных материалов, применяемых для изготовления изделий машиностроения; - Основы термомеханических процессов, происходящие при обработке конструкционных материалов КЧМ для освоения технологических процессов изготовления изделий машиностроения; - Основы физико-химических и металлургических явлений для разработки методик проведения экспериментов, моделирования технических объектов и технологических процессов; - Закономерности влияния параметров технологического процесса на формирование сварных соединений и методы обеспечения технологической прочности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов (далее – ОПОО), направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Методики расчета тепловых полей при действии различных концентрированных источников тепла (неподвижных, движущихся, быстродвижущихся), в том числе и для особых случаев
- знать Существующие виды схематизации нагреваемых тел и источников тепла при сварке плавлением
- уметь Рассчитывать основные характеристики термического цикла при сварке плавлением (приращение температуры в точке; длину расплавленной ванны; максимальную температуру, достигаемую в различных точках тела; мгновенную скорость охлаждения; ширину зоны, нагретой выше заданной температуры; длительность пребывания металла выше заданной температуры), в том числе и для особых случаев

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Термодеформационные процессы при обработке КПЭ	15	7	4	-	4	-	-	-	-	-	7	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Термодеформационные процессы при обработке КПЭ" и подготовка к тесту № 1</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: определение состава парогазовой фазы, деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодеформационные процессы при обработке КПЭ"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 406 - 431</p>
1.1	Термодеформационные процессы при обработке КПЭ	15		4	-	4	-	-	-	-	-	7	-	
2	Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ	53		14	8	10	-	-	-	-	-	21	-	
2.1	Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ	53		14	8	10	-	-	-	-	-	21	-	

													предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ" материалу. <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: определение состава парогазовой фазы, деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 250 - 379, 402 - 405 [2], 32 - 69, 190 - 307 [3], 160 - 267 [4], 3-10
3	Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва	28	8	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва" и подготовка к тесту № 3
3.1	Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва	28	8	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе № 3 необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование

														<p>первичной структуры металла шва" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: определение состава парогазовой фазы, деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [2], 264 - 303, 344 - 358  [3], 267 - 286, 304 - 327  [4], 11-18</p>
4	Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций	19	6	4	-	-	-	-	-	-	9	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций" и подготовка к тесту № 4</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе № 4 необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи</p>	
4.1	Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций	19	6	4	-	-	-	-	-	-	9	-	<p>выполнения заданий по лабораторной работе № 4 необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи</p>	

														по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: определение состава парогазовой фазы, деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 537 - 548 [2], 360-382 [4], 19-24
	Экзамен	36.3	-	-	-	-	2	-	-	0.8	-	33.5		
	Курсовая работа (КР)	28.7	-	-	-	16	-	4	-	-	8.7	-		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>59.7</b>	<b>33.5</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>93.2</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Термодиформационные процессы при обработке КПЭ

#### 1.1. Термодиформационные процессы при обработке КПЭ

Понятие о термодиформационном цикле. Термодиформационные процессы в металлах, возникающие при воздействии на них источников теплоты. Изменение прочности материалов в области высоких температур. Распределение временных напряжений и деформаций при сварке пластин. Остаточные напряжения, возникающие при сварке материалов, не испытывающих полиморфных превращений. Остаточные напряжения, возникающие при сварке закаливающихся сталей. Остаточные напряжения при сварке закаливающихся сталей аустенитным швом. Порядок расчета деформаций и напряжений по методу Трочуна И.П..

### 2. Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ

#### 2.1. Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ

Взаимодействие обрабатываемого материала с окружающей средой. Обозначения, основные определения и законы. Кипение расплавов при сварке. Испарение. Равновесие при фазовых превращениях чистых веществ. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Равновесие между конденсированным раствором и паром. Уравнение Рауля. Испарение элементов из бинарных сплавов. Активность и летучесть. Состав пара над раствором. 1-й закон Коновалова Д.П. Испарение элементов из многокомпонентных сплавов. Порядок расчета состава пара над жидким сплавом. Диффузионные процессы в зоне обработки и их влияние на свойства сварных соединений. Закон распределения вещества в несмешивающихся жидкостях (закон Нернста). Шлаковая фаза. Свойства и состав шлаков. Взаимодействие материала с кислородом, азотом, водородом, сложными газами в процессе обработки КПЭ..

### 3. Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва

#### 3.1. Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва

Особенности кристаллизации металла сварочной ванны. Схемы кристаллизации сварочной ванны. Влияние режимов сварки и условий кристаллизации на формирование первичной структуры и образование химической неоднородности металла шва. Изменению пластичности и прочности металлов и сплавов при высоких температурах. Закономерности образования горячих трещин. Методы испытаний на сопротивляемость сплавов образованию горячих трещин. Способы повышения сопротивляемости сварных соединений образованию горячих трещин..

### 4. Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций

#### 4.1. Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций

Особенности фазовых и структурных превращений в металле сварных соединений. Причины образования трещин на этапе структурных и фазовых превращений (холодные трещины, трещины повторного нагрева и др). Методы испытаний на сопротивляемость образованию холодных трещин при сварке. Способы повышения сопротивляемости сварных соединений образованию холодных трещин. Размерная нестабильность сварных

конструкций. Факторы, определяющие размерную нестабильность. Методы стабилизации структуры, формы и размеров сварных конструкций..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Расчет констант равновесия реакций. Расчет упругости диссоциации химических соединений (2 часа);
2. Определение теплового эффекта реакции. Определение состояние реакции при различных температурах (4 часа);
3. Расчет температуры кипения чистых металлов и их оксидов Расчет состава пара над жидким сплавом. Определение вариантности системы с использованием правила фаз Гиббса (4 часа);
4. Расчет давления насыщенного пара в пузыре при кипении расплавов. Определение упругости пара чистых металлов с использованием уравнения Клапейрона – Клаузиуса (2 часа);
5. Расчет напряжений и деформаций при нагреве стержня, свободного или ограниченного в перемещениях. Расчет деформаций и напряжений по методу Трочуна И.П. при сварке пластин встык (4 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование макроструктуры металла сварного шва (4 часа);
2. Определение нижней границы температурного интервала хрупкости (4 часа);
3. Определение состава пара при сварке сталей и сплавов на основе алюминия (4 часа);
4. Определение состава металла шва при дуговой сварке (4 часа).

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Термодеформационные процессы при обработке КПЭ"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ"

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодеформационные процессы при обработке КПЭ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ"

#### Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Термодеформационные процессы при обработке КПЭ"
2. Консультации проводятся по разделу "Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термодеформационные процессы при обработке КПЭ"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 7 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Определение состава парогазовой фазы, деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	20	20	20	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	30	50	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Определение химического состава, теплофизических и механических свойств свариваемых материалов
2	Вычисление термодинамических характеристик металлического сплава и его компонентов
3	Теоретическое обоснование и определение преимущественного испарения элементов из сплава в зависимости от упругости пара
4	Описание причин возникновения деформаций и напряжений в сварных конструкциях и представление расчетной схемы для определения деформаций и напряжений в сварных конструкциях
5	Расчет основных характеристик термического цикла, деформаций и напряжений при сварке пластин мощным быстро движущимся источником теплоты

### 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>						
Закономерности влияния параметров технологического процесса на формирование сварных соединений и методы обеспечения технологической прочности	ИД-2ПК-1			+		Тестирование/Тест № 3 «Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке»
Основы физико-химических и металлургических явлений для разработки методик проведения экспериментов, моделирования технических объектов и технологических процессов	ИД-2ПК-1		+			Тестирование/Тест № 2 "Физико-химические и металлургические процессы при сварке"
Основы термомеханических процессов, происходящие при обработке конструкционных материалов КПЭ для освоения технологических процессов изготовления изделий машиностроения	ИД-2ПК-1	+				Тестирование/Тест № 1 "Термомеханические процессы при сварке"
Закономерности фазовых и структурных превращений основных и вспомогательных материалов, применяемых для изготовления изделий машиностроения	ИД-2ПК-1				+	Тестирование/Тест № 4 "Дефекты сварных соединений"
<b>Уметь:</b>						
Использовать методики определения деформаций и напряжений в сварных конструкциях для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий	ИД-1ПК-1	+				Контрольная работа/Контрольная работа «Определение деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ»
Осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о физико-химических явлениях, возникающих в процессе обработки конструкционных материалов КПЭ, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	ИД-1ПК-1		+			Лабораторная работа/Защита лабораторных работ № 1 "Определение состава металла шва при дуговой сварке" и № 2 «Определение состава пара при сварке сталей и сплавов на основе алюминия »

научно обосновано выбирать основные конструкционные и вспомогательные материалы, обеспечивающие сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин и размерную стабильность изделий машиностроения	ИД-1ПК-1				+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 4 «Исследование макроструктуры металла сварного шва »
использовать методы и критерии оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию горячих трещин, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разработку мероприятий по их предупреждению	ИД-1ПК-1				+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 3 «Определение нижней границы температурного интервала хрупкости »

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Определение деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ» (Контрольная работа)
2. Тест № 1 "Термодеформационные процессы при сварке" (Тестирование)
3. Тест № 2 "Физико-химические и металлургические процессы при сварке" (Тестирование)
4. Тест № 3 «Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке» (Тестирование)
5. Тест № 4 "Дефекты сварных соединений" (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы № 3 «Определение нижней границы температурного интервала хрупкости » (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 4 «Исследование макроструктуры металла сварного шва » (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторных работ № 1 "Определение состава металла шва при дуговой сварке" и № 2 «Определение состава пара при сварке сталей и сплавов на основе алюминия » (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №7)

Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Теория сварочных процессов : Учебник для вузов по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / В. Н. Волченко, и др. ; Ред. В. В. Фролов . – М. : Высшая школа, 1988 . – 559 с. : 1.60 .;
2. Г. Л. Петров, А. С. Тумарев- "Теория сварочных процессов (с основами физической химии)", (2-е изд., перераб.), Издательство: "Высшая школа", Москва, 1977 - (392 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447955;>

3. К. В. Багрянский, З. А. Добротина, К. К. Хренов- "Теория сварочных процессов", (2-е изд., перераб.), Издательство: "Вища школа", Киев, 1976 - (424 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601986>;

4. Физико-химические и металлургические процессы при обработке материалов КПЭ. Сборник лабораторных работ : методическое пособие по курсу "Физико-химические и металлургические процессы при обработке материалов КПЭ" по направлению "Технологические машины и оборудование" / А. Л. Гончаров, В. К. Драгунов, В. В. Новокрещенов, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) ; Ред. В. М. Качалов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 24 с.  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=284>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
3. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	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	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	А-06а/1, Лаборатория электроннолучевой обработки	рабочее место сотрудника, шкаф, оборудование специализированное
	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
	А-029, Лаборатория дуговой и контактной сварки	парта, стол преподавателя, стул, шкаф, доска меловая

	Х-201а, Лаборатория материаловедения и термической обработки	стул, шкаф, стол письменный, тумба, оборудование специализированное
	Б-05/3, Лаборатория электроннолучевой обработки	стол, стул
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	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-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 хранения оборудования и учебного инвентаря	Х-202в, Помещение кафедры "Технологии металлов"	стол, стул, шкаф



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физико-химические и металлургические процессы при обработке материалов КПЭ

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 Тест № 1 "Термодеформационные процессы при сварке" (Тестирование)  
 КМ-2 Контрольная работа «Определение деформаций и напряжений в пластинах при обработке КПЭ» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Тест № 2 "Физико-химические и металлургические процессы при сварке" (Тестирование)  
 КМ-4 Защита лабораторных работ № 1 "Определение состава металла шва при дуговой сварке" и № 2 «Определение состава пара при сварке сталей и сплавов на основе алюминия » (Лабораторная работа)  
 КМ-5 Тест № 3 «Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке» (Тестирование)  
 КМ-6 Защита лабораторной работы № 3 «Определение нижней границы температурного интервала хрупкости » (Лабораторная работа)  
 КМ-7 Тест № 4 "Дефекты сварных соединений" (Тестирование)  
 КМ-8 Защита лабораторной работы № 4 «Исследование макроструктуры металла сварного шва » (Лабораторная работа)

#### 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
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14	16	16
1	Термодеформационные процессы при обработке КПЭ									
1.1	Термодеформационные процессы при обработке КПЭ		+	+						
2	Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ									
2.1	Физико-химические и металлургические процессы при обработке КПЭ				+	+				
3	Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва									
3.1	Сварочная ванна, кристаллизация металла при сварке и формирование первичной структуры металла шва						+	+		

4	Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций								
4.1	Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Стабильность размеров и формы сварных конструкций							+	+
Вес КМ, %:		5	10	10	25	10	15	10	15

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Физико-химические и металлургические процессы при обработке материалов  
КПЭ

(название дисциплины)

**7 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Проверка качества выполнения раздела "Определение химического состава, теплофизических и механических свойств свариваемых материалов"
- КМ-2 Проверка качества выполнения раздела "Вычисление термодинамических характеристик металлического сплава и его компонентов"
- КМ-3 Проверка качества выполнения раздела "Теоретическое обоснование и определение преимущественного испарения элементов из сплава в зависимости от упругости пара"
- КМ-4 Проверка качества выполнения раздела "Описание причин возникновения деформаций и напряжений в сварных конструкциях и представление расчетной схемы для определения деформаций и напряжений в сварных конструкциях"
- КМ-5 Проверка качества выполнения раздела "Расчет основных характеристик термического цикла, деформаций и напряжений при сварке пластин мощным быстродвижущимся источником теплоты"

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	7	10	13	16
1	Определение химического состава, теплофизических и механических свойств свариваемых материалов		+				
2	Вычисление термодинамических характеристик металлического сплава и его компонентов			+			
3	Теоретическое обоснование и определение преимущественного испарения элементов из сплава в зависимости от упругости пара				+		
4	Описание причин возникновения деформаций и напряжений в сварных конструкциях и представление расчетной схемы для определения деформаций и напряжений в сварных конструкциях					+	
5	Расчет основных характеристик термического цикла, деформаций и напряжений при сварке пластин мощным быстродвижущимся источником теплоты						+
Вес КМ, %:			10	20	20	20	30