

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
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ КПЭ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.13.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	6 семестр - 16 часов;
Самостоятельная работа	6 семестр - 117,2 часов;
в том числе на КП/КР	6 семестр - 17,7 часов;
Иная контактная работа	6 семестр - 4 часа;
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсовой работы	6 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2018

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Родякина Р.В.
	Идентификатор	R768be585-RodiakinaRV-b3c4458

(подпись)


Р.В. Родякина

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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


(подпись)

П.Ю. Петров

(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-00c02b9

(подпись)

В.К. Драгунов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Цель освоения дисциплины является изучение теоретических основ обработки материалов концентрированными потоками энергии (электронный луч) для научно обоснованного построения различных технологических процессов, связанных с электронно-лучевой обработкой материалов

Задачи дисциплины

- приобретение знаний о совокупности процессов, которые составляют сущность электронно-лучевой сварки плавлением;
- приобретение знаний о связи между процессами, протекающими при электронно-лучевой сварке плавлением, и формированием определенного химического состава, структуры и свойств сварного соединения;
- приобретение навыков расчета основных параметров режима электронно-лучевой сварки.

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-2 умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов		знать: - основные параметры режима электронно-лучевой сварки и их влияние на процесс сварки; - основные методики расчета температурных полей при воздействии сварочных источников тепла и методики расчета параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке. уметь: - анализировать влияние основных параметров режима, протекающих при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал; - рассчитывать температурные поля при воздействии сварочных источников тепла и параметры сварочного термического цикла при однопроходной сварке.
ПК-14 способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и		знать: - основные процессы, протекающие при электронно-лучевой сварке, и их вклад в формирование качественного сварного соединения. уметь: - оценивать эффективность процесса проплавления металла при электронно-лучевой сварке и при необходимости вносить необходимые корректировки параметров режима для получения качественного сварного соединения.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
деталей выпускаемой продукции		

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин основной профессиональной образовательной программе Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать устройство электронной пушки и электронно-лучевого оборудования
- знать физические принципы генерации электронных пучков, применяемых в технологических целях
- уметь обосновывать выбор электронно-лучевого оборудования под конкретные технологические цели
- уметь использовать основные методы регулирования энергетических и технологических параметров электронных пучков

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	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения	40	6	12	-	6	-	-	-	-	-	22	-	<p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа выполняется по теме "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Пример задания: Используя схему мощного быстродвижущегося источника теплоты, определить: 1) максимальную температуру (t_{max}); 2) рассчитать и построить графики распределения температуры при $\tau = 0,6; 0,8; 1,6; 3,2; 10$ с; 3) изменение температуры по времени для $y = 0; 0,2; 0,6; 1,0; 2,0$ см на поверхности детали, обрабатываемой (свариваемой) без подогрева, и 4) рассчитать мгновенную скорость для оси сварного шва при $t = 600^{\circ}\text{C}$, считая, что теплоотвод осуществляется только в обрабатываемую деталь.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения" и подготовка к контрольной работе</p>
1.1	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения	40		12	-	6	-	-	-	-	-	-	22	

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 15-48	
2	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом	34	8	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа выполняется по теме "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Пример задания: Используя схему мощного быстродвижущегося источника теплоты, определить: 1) максимальную температуру (t_{max}); 2) рассчитать и построить графики распределения температуры при $\tau = 0,6; 0,8; 1,6; 3,2; 10$ с; 3) изменение температуры по времени для $y = 0; 0,2; 0,6; 1,0; 2,0$ см на поверхности детали, обрабатываемой (свариваемой) без подогрева, и 4) рассчитать мгновенную скорость для оси сварного шва при $t = 600^{\circ}\text{C}$, считая, что теплоотвод осуществляется только в обрабатываемую деталь.
2.1	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом	34	8	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 10-25 [3], 36-54
3	Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии	34	8	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа выполняется по теме "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Пример
3.1	1 Закономерности проплавления	34	8	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	

металлов при электронно-лучевом воздействии													<p>задания: Используя схему мощного быстродействующего источника теплоты, определить: 1) максимальную температуру (t_{max}); 2) рассчитать и построить графики распределения температуры при $\tau = 0,6; 0,8; 1,6; 3,2; 10$ с; 3) изменение температуры по времени для $y = 0; 0,2; 0,6; 1,0; 2,0$ см на поверхности детали, обрабатываемой (свариваемой) без подогрева, и 4) рассчитать мгновенную скорость для оси сварного шва при $t = 600^{\circ}C$, считая, что теплоотвод осуществляется только в обрабатываемую деталь.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии" и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 26-45</p>
Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	14	-	4	-	0.3	17.7	-		
Всего за семестр	180.0	28	-	14	14	2	4	-	0.8	83.7	33.5		
Итого за семестр	180.0	28	-	14	16	4	4	-	0.8	117.2			

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. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения

1.1. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения

Концентрированные и неконцентрированные источники энергии. Понятие КПЭ. Тепловой баланс при воздействии неконцентрированных и концентрированных источников. Основные энергетические параметры источников КПЭ. Понятие плотности мощности. Основные закономерности и особенности взаимодействия концентрированных потоков энергии (электронный луч, луч лазера, струя низкотемпературной плазмы, сжатая электрическая дуга, ионные пучки) с твердым телом при осуществлении процессов сварки, резки, сверления, модифицирования. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения. Схематизация нагреваемых тел и источников теплоты. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Выбор начальных и граничных условий. Принцип суперпозиции. Расчет температурных полей при воздействии сварочных источников тепла. Тепловые процессы при воздействии движущегося и быстро движущегося электронного луча. Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроводной сварке.

2. Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом

2.1. Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом

Этапы развития электронно-лучевой технологии. Электронный луч как инструмент для технологической обработки материалов (возможности по сравнению с другими источниками, достоинства, недостатки). Физические процессы, протекающие при воздействии электронного луча на материалы. Глубина пробега электронов в материале (формула Шонланда, формула Канаи и Окаями). Распределение интенсивности энергоснабжения электронов по глубине обрабатываемого материала. Потери энергии в газовой и конденсированной средах. Понятие вакуума. Среднее расстояние, проходимое электроном в газе (вакууме). Параметры режима ЭЛС (ускоряющее напряжение, ток пучка, скорость сварки, ток фокусировки, остаточное давление в камере, расстояние от пушки до изделия). Влияние тока фокусировки на конфигурацию потока электронов. Понятие эффективного и термического КПД. Характер теплового источника при электронно-лучевом нагреве. Коэффициент сосредоточенности источника. Условный расчетный диаметр пятна нагрева.

3. Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии

3.1. 1 Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии

Основные процессы при взаимодействии пучка электронов с веществом: условия перехода к взрывному вскипанию вещества; плавление, испарение и выброс продуктов разрушения из зоны обработки; вторичное излучение и эффективный КПД нагрева, термический КПД проплавления материала; взаимодействие электронного луча с плазмой в зоне обработки. Гидродинамические процессы в зоне воздействия КПЭ на материалы, деформация поверхности жидкой ванны; формирование канала в материале; закономерности переноса (колебания) жидкого металла в канале проплавления; типичные дефекты формирования канала. Связь параметров электронного луча с характеристиками глубокого проплавления в металлах. Закономерности сварки металлов больших толщин с глубоким проплавлением, связь удельной мощности источника с геометрическими характеристиками зоны проплавления; расчетное определение параметров режима сварки и резки; зависимость

термического КПД процесса нагрева от параметров сварки; оптимизация размеров зоны термического влияния сварного шва в зависимости от тепловой эффективности процесса сварки. Закономерности испарения и выброса конденсированной фазы из зоны обработки. Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии..

3.3. Темы практических занятий

1. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения. Расчет температурных полей при воздействии сварочных источников тепла. Тепловые процессы при воздействии движущегося и быстро движущегося источника (на примере электронного луча) (2 часа).;
2. Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке (2 часа).;
3. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов (1 час). Контрольная работа № 1 (1 час);
4. Глубина пробега электронов в материале (формула Шонланда, формула Канаи и Окаямы). Среднее расстояние, проходимое электроном в газе (вакууме) (2 часа).;
5. Параметры режима ЭЛС и их влияние (2 часа).;
6. Контрольная работа № 2 (1 час.). Основные закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии (1 час);
7. Особенности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии (1 час). Контрольная работа № 3 (1 час).

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Аудиторные консультации проводятся по тематике курсовой работы по разделам "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и "Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке"
2. Аудиторные консультации проводятся по тематике курсовой работы по разделам "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и "Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке"
3. Аудиторные консультации проводятся по тематике курсовой работы по разделам "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и "Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации по данному разделу проводятся перед экзаменом
2. Консультации по данному разделу проводятся перед экзаменом
3. Консультации по данному разделу проводятся перед экзаменом

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

6 Семестр

Курсовая работа (КР)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	Зачетная
--------	-------	--------	----------

Раздел курсового проекта	1	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	50	50	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет температурных полей при воздействии движущегося и быстродвижущегося электронного луча
2	Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке

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	
Знать:					
основные методики расчета температурных полей при воздействии сварочных источников тепла и методики расчета параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке	ПК-2(Компетенция)	+			Контрольная работа/Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения
основные параметры режима электронно-лучевой сварки и их влияние на процесс сварки	ПК-2(Компетенция)		+		Контрольная работа/Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом
основные процессы, протекающие при электронно-лучевой сварке, и их вклад в формирование качественного сварного соединения	ПК-14(Компетенция)			+	Контрольная работа/Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии
Уметь:					
рассчитывать температурные поля при воздействии сварочных источников тепла и параметры сварочного термического цикла при однопроходной сварке	ПК-2(Компетенция)	+			Контрольная работа/Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения
анализировать влияние основных параметров режима, протекающих при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал	ПК-2(Компетенция)		+		Контрольная работа/Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом
оценивать эффективность процесса проплавления металла при электронно-лучевой сварке и при необходимости вносить	ПК-14(Компетенция)			+	Контрольная работа/Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии

необходимые корректировки параметров режима для получения качественного сварного соединения					
---	--	--	--	--	--

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии (Контрольная работа)
2. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения (Контрольная работа)
3. Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №6)

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за курсовую работу

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Слива, А. П. Основы технологии электронно-лучевой сварки : учебное пособие по курсам "Технология обработки материалов КПЭ" и "Оборудование и технология сварки плавлением" по направлениям 15.03.01 "Машиностроение", 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" / А. П. Слива, Р. В. Родякина, Е. В. Терентьев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-2125-6 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10702;

2. Тепловые процессы обработки материалов концентрированными потоками энергии : учебное пособие по курсу "Теоретические основы сварки плавлением" по направлениям подготовки бакалавров 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" и 15.03.01 "Машиностроение" / Р. В. Родякина, А. В. Щербаков, Д. А. Гапонова, М. А. Каримбеков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 136 с. - ISBN 978-5-7046-2198-0 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10976;

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>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы обработки материалов КПЭ

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения (Контрольная работа)
- КМ-2 Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)
- КМ-3 Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	6	12	14
1	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения				
1.1	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения		+		
2	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом				
2.1	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом			+	
3	Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии				
3.1	1 Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом воздействии				+
Вес КМ, %:			30	35	35

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Теоретические основы обработки материалов КПЭ

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 Соблюдение графика выполнения курсовой работы

КМ-2 Соблюдение графика выполнения курсовой работы

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	12
1	Расчет температурных полей при воздействии движущегося и быстродвижущегося электронного луча		+	
2	Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке			+
		Вес КМ, %:	50	50