

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Производство энергетического оборудования**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Тепловые процессы при сварке**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Родякина Р.В.
	Идентификатор	R768be585-RodiakinaRV-b3c44583

(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	Овечников С.А.
	Идентификатор	R8f25bf1e-OvechnikovSA-a943abe


(подпись)

С.А.  
Овечников

(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)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-3 Демонстрирует понимание физических процессов при контроле и обработке материалов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные понятия, законы и допущения, принимаемые в расчетах тепловых процессов при обработке материалов (Контрольная работа)
2. Распространение теплоты от движущегося и быстродвижущегося источника (Контрольная работа)
3. Распространение теплоты от неподвижного источника (Контрольная работа)
4. Расчет основных характеристик термического цикла. Учет ограниченности размеров тела и распределенности источников теплоты в ходе анализа процесса распространения тепла. Особые случаи расчета распространения теплоты при обработке материалов (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетно-графическая работа «Расчет основных характеристик термического цикла при воздействии на материал мощного быстродвижущегося источника теплоты» (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	5	8	12	16	16
Основные понятия, законы и допущения, принимаемые в расчетах тепловых процессов при обработке материалов						
Основные понятия, законы и допущения, принимаемые в расчетах тепловых процессов при обработке материалов	+					
Распространение теплоты от неподвижного источника						
Распространение теплоты от неподвижного источника		+				
Распространение теплоты от движущегося и быстродвижущегося источника						

Распространение теплоты от движущегося и быстро движущегося источника			+		
Расчет основных характеристик термического цикла. Учет ограниченности размеров тела и распределенности источников теплоты в ходе анализа процесса распространения тепла. Особые случаи расчета распространения теплоты при обработке материалов					
Расчет основных характеристик термического цикла. Учет ограниченности размеров тела и распределенности источников теплоты в ходе анализа процесса распространения тепла. Особые случаи расчета распространения теплоты при обработке материалов				+	+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-3ПК-1 Демонстрирует понимание физических процессов при контроле и обработке материалов	Знать: существующие виды схематизации нагреваемых тел и источников тепла при сварке плавлением методики расчета тепловых полей при действии различных неподвижных источников тепла при сварке плавлением методики расчета тепловых полей при действии различных движущихся и быстро движущихся источников тепла при сварке плавлением (в том числе и для особых случаев) методики расчета основных характеристик термического цикла при сварке плавлением (приращение температуры	Основные понятия, законы и допущения, принимаемые в расчетах тепловых процессов при обработке материалов (Контрольная работа) Распространение теплоты от неподвижного источника (Контрольная работа) Распространение теплоты от движущегося и быстро движущегося источника (Контрольная работа) Расчет основных характеристик термического цикла. Учет ограниченности размеров тела и распределенности источников теплоты в ходе анализа процесса распространения тепла. Особые случаи расчета распространения теплоты при обработке материалов (Контрольная работа) Расчетно-графическая работа «Расчет основных характеристик термического цикла при воздействии на материал мощного быстро движущегося источника теплоты» (Расчетно-графическая работа)

		<p>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)</p> <p>Уметь:</p> <p>выбирать вид схематизации нагреваемого тела и источников тепла при сварке плавлением</p> <p>рассчитывать тепловые поля при действии различных неподвижных источников тепла при сварке плавлением</p> <p>рассчитывать тепловые поля при действии различных движущихся и быстродвижущихся источников тепла при сварке плавлением (в том числе и для особых случаев)</p> <p>рассчитывать основные характеристики</p>	
--	--	--	--

		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)	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Основные понятия, законы и допущения, принимаемые в расчетах тепловых процессов при обработке материалов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает билет, содержащий 4 вопроса: 2 теоретических (на проверку знаний) и 2 практических (на проверку умений).

Время ответа на билет - 1 час.

#### Краткое содержание задания:

Контрольная работа «Основные понятия, законы и допущения, принимаемые в расчетах тепловых процессов при обработке материалов» проводится для проверки знаний и умений по первому разделу: «Основные понятия, законы и допущения, принимаемые в расчетах тепловых процессов при обработке материалов»

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: существующие виды схематизации нагреваемых тел и источников тепла при сварке плавлением	1. Основные понятия: 1. Какие расчетные схемы источников теплоты используются в классической теории распространения теплоты при сварке? (знание 1) 2. Основные понятия: 2. Какие допущения и почему приняты в классической теории распределения теплоты при сварке? (знание 1) 3. Основные понятия: 3. По каким признакам различаются источники теплоты? (знание 1)
Уметь: выбирать вид схематизации нагреваемого тела и источников тепла при сварке плавлением	1. Основные понятия: 1. Две пластины из алюминия длиной $L = 100$ см, шириной $B = 60$ см и толщиной $\delta = 0,3$ см соединены встык с помощью электронного луча, вносящего теплоту $Q = 1500$ Дж. Диаметр электронного луча $d = 0,1$ см, В месте соединения обеспечено полное проплавление. Выбрать вид схематизации нагреваемого тела и источника тепла. Ответ обосновать (умение 1) 2. Основные понятия: 2. На поверхность массивного тела из углеродистой стали кратковременно воздействовал электронный пучок, в результате чего в нагреваемое тело было внесено количество теплоты $Q = 2000$ Дж. Выбрать вид схематизации нагреваемого тела и источника тепла. Ответ обосновать (умение 1) 3. Основные понятия: 3. Две пластины из меди длиной $L = 100$ см, шириной $B = 60$ см и толщиной $\delta = 0,3$ см соединены встык с помощью электронного луча, вносящего теплоту $Q = 2000$ Дж. Диаметр электронного луча $d = 0,1$ см, В месте соединения обеспечено полное проплавление. Выбрать вид схематизации нагреваемого тела и источника тепла.



**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если все 4 задания выполнены в полном объеме или выполнены преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если 3 вопроса из 4 раскрыты правильно, выбран верный метод решения обеих задач, но при вычислении в одной из задач допущены ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верные ответы на 2 вопроса из 4 (ответил на 1 теоретический вопрос, т.е. показал наличие знаний, и решил 1 задачу, т.е. проявил умения), а на два другие пытался ответить, но допустил ошибки

**КМ-2. Распространение теплоты от неподвижного источника**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает билет, содержащий 4 вопроса: 2 теоретических (на проверку знаний) и 2 практических (на проверку умений)

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа проводится для проверки знаний и умений по второму разделу: "Распространение теплоты от неподвижного источника"

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методики расчета тепловых полей при действии различных неподвижных источников тепла при сварке плавлением</p>	<p>1.Неподвижный источник: 1. Как можно представить процесс нагрева тела непрерывно действующим неподвижным источником тепла, используя принцип наложения? (знание 2)                  2.Неподвижный источник: 2. Как рассчитать распределение температур от действия неподвижного непрерывно действующего точечного источника в полубесконечном теле? (знание 2)                  3.Неподвижный источник: 3. Как рассчитать распределение температур от действия неподвижного непрерывно действующего линейного источника в пластине? (знание 2)</p>
<p>Уметь: рассчитывать тепловые поля при действии различных неподвижных источников тепла при сварке плавлением</p>	<p>1.Неподвижный источник: 1. На ограниченную площадку площадью <math>0,018 \text{ см}^2</math> (<math>d_l = 1,5 \text{ мм}</math>) массивного тела из низкоуглеродистой стали действует неподвижный источник теплоты (<math>U=30 \text{ кВ}</math>, <math>I = 156 \text{ мА}</math>, эффективный КПД равен 0,9). Определить изменение температуры в точке на расстоянии <math>R=1 \text{ см}</math> спустя 20 с после начала нагрева. Начальную</p>

	<p>температуру нагреваемого тела принять равной 20°C (умение 2)</p> <p>2.Неподвижный источник: 2. Участок стержня из латуни перегрет в зоне шириной 6 см на 700 К. Температура остальной части стержня составляет 290 К. Найти температуру сечения стержня в точке, находящейся на расстоянии 5 см от центра источника теплоты, через 200 с после прекращения его действия. Теплоотдачу в окружающую среду не учитывать (умение 2)</p> <p>3.Неподвижный источник: 3. Для соединения двух стержней из низколегированной стали с площадью поперечного сечения <math>F = 3,5 \text{ см}^2</math> их стык равномерно нагревают источником теплоты с эффективной мощностью <math>q = 4600 \text{ Дж/с}</math>. Определить, какую температуру будут иметь точки стержня, находящиеся на расстоянии <math>x = 1 \text{ см}</math> через <math>t = 5,2 \text{ с}</math> после начала действия источника. Начальная температура стержней <math>t_0 = 20 \text{ °C}</math> (умение 2)</p>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если все 4 задания выполнены в полном объеме или выполнены преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если 3 вопроса из 4 раскрыты правильно, выбран верный метод решения обеих задач, но при вычислении в одной из задач допущены ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верные ответы на 2 вопроса из 4 (ответил на 1 теоретический вопрос, т.е. показал наличие знаний, и решил 1 задачу, т.е. проявил умения), а на два другие пытался ответить, но допустил ошибки

#### **КМ-3. Распространение теплоты от движущегося и быстродвижущегося источника**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает билет, содержащий 4 вопроса: 2 теоретических (на проверку знаний) и 2 практических (на проверку умений)

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа проводится для проверки знаний и умений по третьему разделу: "Распространение теплоты от движущегося и быстродвижущегося источника". Время проведения - 1 час.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методики расчета тепловых полей при действии различных движущихся и быстродвижущихся источников тепла при сварке плавлением (в том числе и для особых случаев)</p>	<p>1. Движущийся источник: 1. Как используется принцип наложения при расчете температуры от действия движущегося источника теплоты? (знание 3)  2. Движущийся источник: Какие источники теплоты относят к быстродвижущимся? (знание 3)  3. Движущийся источник: 3. Как рассчитывается приращение температур на этапе теплонасыщения для движущихся источников теплоты? (знание 3)</p>
<p>Уметь: рассчитывать тепловые поля при действии различных движущихся и быстродвижущихся источников тепла при сварке плавлением (в том числе и для особых случаев)</p>	<p>1. Движущийся источник: 1. Стержень из углеродистой стали с площадью поперечного сечения <math>1 \text{ см}^2</math> нагревается плоским источником теплоты постоянной мощности <math>q = 1000 \text{ Вт}</math> со скоростью <math>V = 0,1 \text{ см/с}</math>. Рассчитать приращение температуры на этапе предельного состояния в точке с координатами <math>x = 1 \text{ см}</math> при теплоотдаче в окружающую среду <math>bc = 0,1 \text{ 1/с}</math> (умение 3)  2. Движущийся источник: 2. При обработке массивного тела из аустенитной стали на его поверхности из точки <math>O</math> со скоростью <math>V = 0,15 \text{ см/с}</math> движется источник тепла мощностью <math>q = 6000 \text{ Вт}</math>. Процесс прекращается в точке <math>O_1</math> через 15 с после начала движения из начальной точки (<math>O</math>). Определить температуру в точке <math>O</math> (в точке начала движения источника) в момент окончания процесса. Начальная температура поверхности детали равна <math>0^\circ\text{C}</math> (умение 3)  3. Движущийся источник: 3. По поверхности массивной детали из технического титана перемещается со скоростью <math>v = 0,6 \text{ см/с}</math> электронный луч (<math>U_{\text{уск}} = 60 \text{ кВ}</math>; <math>I_{\text{л}} = 60 \text{ мА}</math>; <math>\eta = 0,86</math>; <math>d_{\text{л}} = 0,5 \text{ мм}</math>). Рассчитать для этапа предельного состояния температуру <math>T</math>, К в точке с координатами <math>x = -2 \text{ см}</math>; <math>y = 1 \text{ см}</math>; <math>z = 1 \text{ см}</math>. До обработки температура массивной детали была <math>T_0 = 290 \text{ К}</math> (умение 3)</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если все 4 задания выполнены в полном объеме или выполнены преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если 3 вопроса из 4 раскрыты правильно, выбран верный метод решения обеих задач, но при вычислении в одной из задач допущены ошибки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верные ответы на 2 вопроса из 4 (ответил на 1 теоретический вопрос (т.е. показал наличие знаний) и решил 1 задачу (т.е. проявил умения), а на два другие пытался ответить, но допустил ошибки

**КМ-4. Расчет основных характеристик термического цикла. Учет ограниченности размеров тела и распределенности источников теплоты в ходе анализа процесса распространения тепла. Особые случаи расчета распространения теплоты при обработке материалов**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает билет, содержащий 4 вопроса: 2 теоретических (на проверку знаний) и 2 практических (на проверку умений)

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа проводится для проверки знаний и умений по четвертому разделу: "Расчет основных характеристик термического цикла. Учет ограниченности размеров тела и распределенности источников теплоты в ходе анализа процесса распространения тепла. Особые случаи расчета распространения теплоты при обработке материалов".  
Время проведения - 1 час.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методики расчета основных характеристик 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)</p>	<p>1.Св. цикл: 1. Почему при расчете мгновенной скорости охлаждения не учитывают теплоотдачу с поверхности изделия, а расчет ведут только для оси действия источника теплоты? (знание 4) 2.Св. цикл: 2. Как учитывается влияние ограниченности размеров нагреваемого тела на процесс распространения теплоты? (знание 4) 3.Св. цикл: 3. как определить мгновенную скорость охлаждения при данной температуре при обработке по плоскому слою для точек оси действия источника теплоты? (знание 4)</p>
<p>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)</p>	<p>1.Св. цикл: 1. На поверхности листа из аустенитной стали толщиной 3 мм перемещается со скоростью <math>V=72</math> м/ч концентрированный источник теплоты мощностью <math>q=2400</math> Вт. Рассчитать для предельного состояния приращение температуры в точке, находящейся на нижней плоскости пластины на расстоянии 3 мм позади источника на оси его движения. Теплоотдачей в окружающую среду пренебречь (умение 4) 2.Св. цикл: 2. На поверхности массивного тела из аустенитной стали действует мощный быстродвижущийся источник теплоты с эффективной мощностью <math>q=6000</math> Вт. Определить скорость перемещения источника теплоты, если при обработке</p>

	<p>металл в течение 5,2 с пребывает при температуре выше заданной (980°C), Начальная температура 20°C; температуру плавления принять равной 1500°C (умение 4)</p> <p>3.Св. цикл: 3. На лист из низколегированной стали толщиной <math>\delta = 2,4</math> см наплавляют валик с минимальной долей участия основного металла при погонной энергии <math>q/v = 32\ 000</math> Дж/см. Определить влияние начальной температуры листа, изменяющейся в пределах от 293 до 243 К, на мгновенную скорость охлаждения металла на оси шва при <math>T = 973</math> К (умение 4)</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если все 4 задания выполнены в полном объеме или выполнены преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если 3 вопроса из 4 раскрыты правильно, выбран верный метод решения обеих задач, но при вычислении в одной из задач допущены ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верные ответы на 2 вопроса из 4 (ответил на 1 теоретический вопрос, т.е. показал наличие знаний, и решил 1 задачу, т.е. проявил умения), а на два другие пытался ответить, но допустил ошибки

**КМ-5. Расчетно-графическая работа «Расчет основных характеристик термического цикла при воздействии на материал мощного быстродвижущегося источника теплоты»**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа выполняется индивидуально каждым студентом по вариантам для проверки знаний и умений по четвертому разделу: “Расчет основных характеристик термического цикла. Учет ограниченности размеров тела и распределенности источников теплоты в ходе анализа процесса распространения тепла. Особые случаи расчета распространения теплоты при обработке материалов”.

**Краткое содержание задания:**

Расчет основных характеристик термического цикла при действии на материал мощного быстродвижущегося источника теплоты

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методики расчета основных характеристик	1.Перечислите основные характеристики термического цикла, которые можно оценить при
--	---

<p>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)</p>	<p>воздействии на материал мощного быстродвижущегося источника теплоты  2. Как оценить длину ванны расплава при действии мощного точечного быстродвижущегося источника теплоты?  3. Как определить максимальную температуру, достигаемую в различных точках тела при действии мощного точечного быстродвижущегося источника теплоты?</p>
<p>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)</p>	<p>1. Определить мгновенную скорость охлаждения на оси шва при температуре <math>700\text{ }^{\circ}\text{C}</math> в случае обработки массивного тела из сплава титана КПЭ на режиме: <math>I_{л} = 600\text{ mA}</math>; <math>U_{уск} = 60\text{ kV}</math>; <math>v = 50\text{ м/ч}</math>; <math>\eta = 0,95</math>.  Температура окружающей среды <math>t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}</math>.  2. На поверхности массивного тела из аустенитной стали действует МБИТ с параметрами: <math>I_{л} = 100\text{ mA}</math>; <math>U_{уск} = 60\text{ kV}</math>; <math>v = 36\text{ м/ч}</math>; <math>\eta = 0,9</math>.  Определить максимальную температуру, которая достигается в точке на расстоянии <math>r = 0,5\text{ см}</math> от оси действия ИТ при <math>t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}</math>.  3. На поверхности массивных деталей из алюминия и меди действует концентрированный МБИТ с параметрами: <math>I_{л} = 60\text{ mA}</math>; <math>U_{уск} = 60\text{ kV}</math>; <math>v = 3\text{ см/с}</math>; <math>\eta = 0,85</math>.  Определить, до какой температуры будет нагрета точка <math>A</math> (<math>y = 0,5\text{ см}</math>; <math>z = 0</math>) поверхности детали, удаленная от оси действия ИТ на <math>0,5\text{ см}</math>. Начальная температура детали <math>T_0 = 290\text{ K}</math>.</p>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если все задания расчетно-графической работы выполнены в полном объеме или выполнены преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если при выполнении заданий расчетно-графической работы были допущены несущественные ошибки, которые студент самостоятельно исправил после сделанных замечаний*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если при выполнении всех заданий расчетно-графической работы студентом были допущены серьезные ошибки, но после сделанных замечаний студент самостоятельно исправил их*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Какие источники относят к линейным?
2. Как распространяется тепло перед мощным быстродвижущимся источником теплоты?
3. Необходимо, чтобы в начале сварки температура пластины из закаливающейся стали толщиной  $\delta = 10$  мм составляла  $T = (623...673)$  К. Нагрев пластины осуществляли в печи, а время ее транспортировки от печи до сварочной установки и начала процесса сварки составляло  $\tau = 120$  с.  
Рассчитать диапазон температур необходимого нагрева пластин в печи, если транспортировка осуществлялась в атмосфере воздуха с температурой 300 К. Принять  $\alpha = 5,0 \cdot 10^{(-3)} \text{ Вт}/(\text{см}^{(2)} \cdot \text{К})$  и  $c_p = 5,0 \text{ Дж}/(\text{см}^{(3)} \cdot \text{К})$ .
4. Пластины из сплава АМг толщиной  $d = 8$  мм сваривают за один проход дуговой сваркой на режиме:  $I_{\text{св}} = 150 \text{ А}$ ,  $U_{\text{д}} = 30 \text{ В}$ ,  $v = 18 \text{ м/ч}$ ,  $\eta = 0,8$ .  
Определить ширину зоны сплавления, которая находится примерно между изотермами 100 и 200 °С, если  $t_0 = 20^\circ\text{С}$ , а теплоемкость сплава  $c_p = 2,7 \text{ Дж}/(\text{см}^{(3)} \cdot ^\circ\text{С})$

### Процедура проведения

Зачет с оценкой проводится в виде письменной работы по билетам. В каждом билете содержится 4 вопроса: 2 теоретических и 2 практических вопроса (задача). В одной из задач рассматривается распространение теплоты от действия неподвижного источника теплоты, а в другой – от действия движущегося или быстродвижущегося источника теплоты. На выполнение письменной работы студентам дается 1 час (60 минут).

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических процессов при контроле и обработке материалов

### Вопросы, задания

1. Какие начальные и граничные условия используются при решении дифференциального уравнения теплопроводности?
2. Какие этапы изменения температуры изделия наблюдаются в процессе его электронно-лучевой обработки? Охарактеризуйте каждый из этапов.
3. В каком случае достигается этап теплонасыщения и каковы его особенности?
4. Как рассчитывается мгновенная скорость охлаждения?
5. Какие условия относят к граничным условиям 1-го рода? В каком случае они применяются в расчетах?
6. Какие условия относят к граничным условиям 2-го рода? В каком случае они применяются в расчетах?

7. Пластины из нержавеющей стали толщиной  $\delta = 10$  мм сваривают за один проход электронным лучом на режиме:  $I_{л} = 60$  мА;  $U_{уск} = 60$  кВ;  $v = 36$  м/ч;  $\eta = 0,9$ .  
 Определить мгновенную скорость охлаждения при  $t = 600$  °С в среде с  $t_n = 100$  °С.
8. Пластины из низкоуглеродистой стали толщиной  $\delta = 1,0$  см сваривают за один проход КПЭ мощностью  $q = 5000$  Вт, перемещающимся со скоростью  $v = 2,0$  см/с.  
 Определить температуру сопутствующего подогрева ( $t_0$ ), если в точках с координатами  $y = 1$  см достигается максимальная температура  $t_m = 269$  °С; принять  $\text{Дж}/(\text{с}\cdot\text{см}^2)\cdot\text{°С}$ .
9. На поверхности массивной детали из алюминия действует концентрированный МБИТ с параметрами:  $I_{л} = 60$  мА;  $U_{уск} = 60$  кВ;  $v = 3$  см/с;  $\eta = 0,85$ .  
 Определить, до какой температуры будет нагрета точка  $A$  ( $y = 0,5$  см;  $z = 0$ ) поверхности детали, удаленная от оси действия ИТ на  $0,5$  см. Начальная температура детали  $T_0 = 290$  К.
10. На поверхности массивного тела источником теплоты, движущимся со скоростью  $v = 100$  м/ч с эффективной тепловой мощностью  $q = 3600$  Дж/с, нагрета до  $t_n = 1500$  °С полоска длиной  $l = 100$  мм и шириной  $B = 1$  мм. Рассчитать, какое количество теплоты (в % к внесенному) будет отдано с этой полоски в окружающую среду с температурой  $t_c = 20$  °С за время действия источника, при  $\alpha = 34 \cdot 10^{-3}$  Дж/(с·см<sup>2</sup>)·°С.
11. Перед обработкой пластина из углеродистой стали толщиной  $\delta = 1$  см была подогрета до  $T_n = 473$  К в печи. Рассчитать, какую температуру будет иметь пластина через 5 мин после удаления из печи. Температура окружающей среды  $T_c = 273$  К. Принять коэффициент полной поверхностной теплоотдачи  $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-3}$  Вт/(см<sup>2</sup>)·К), а объемную теплоемкость  $c_p = 5,0$  Дж/(см<sup>3</sup>)·К).
12. Стержень длиной 100 мм из аустенитной стали диаметром 2 мм помещен в приспособление так, чтобы на узкую ( $D = 0,1$  мм) зону его поверхности по всему периметру действовал концентрированный поток теплоты. Рассчитать, какое количество теплоты должно мгновенно быть внесено в стержень, чтобы в течение 10 с температура на расстоянии 5 мм от места действия источника теплоты поднялась на 70 °С. Исходная температура стержня  $t_0 = 20$  °С. Принять  $\alpha = 8 \cdot 10^{-4}$  Дж/(с·см<sup>2</sup>)·°С),  $c_p = 4,8$  Дж/(см<sup>2</sup>)·°С),  $\lambda = 0,29$  Дж/(см·с·°С).

## Материалы для проверки остаточных знаний

1.

1. Коэффициент температуропроводности представляет собой:

Ответы:

- а) Отношение коэффициента теплопроводности к величине объемной теплоемкости;
- б) Отношение величины объемной теплоемкости к величине коэффициента теплопроводности;
- в) Отношение коэффициента теплопроводности к плотности обрабатываемого материала;
- г) Отношение плотности обрабатываемого материала к величине коэффициента теплопроводности

Верный ответ: а)

- 2.2. Как используется принцип наложения при расчете тепловых полей при сварке?

Ответы:

- а) получаемые от действия отдельных источников температурные поля оказывают влияние друг на друга; они могут складываться друг с другом, образуя поле совместного действия, а их взаимное влияние друг на друга учитывается введением дополнительного слагаемого
- б) получаемые от действия отдельных источников температурные поля оказывают влияние друг на друга; они могут складываться друг с другом, образуя поле совместного действия, а их взаимное влияние друг на друга учитывается введением дополнительного множителя



в) получаемые от действия отдельных источников температурные поля не влияют друг на друга и могут складываться друг с другом, образуя поле совместного действия

Верный ответ: в)

3.3. При использовании схемы мощного быстродвижущегося источника принимают, что:

Ответы:

а) температура обрабатываемого материала перед фронтом движущегося источника равна начальной, до обработки ( $T_0$ )

б) температура обрабатываемого материала перед фронтом движущегося источника равна  $T_{пл}$

в) температура обрабатываемого материала перед фронтом движущегося источника равна  $T_{исп}$

г) температура обрабатываемого материала перед фронтом движущегося источника равна средней между  $T_{пл}$  и  $T_{исп}$

Верный ответ: а)

4.4. Чем определяются начальные условия при решении дифференциального уравнения теплопроводности?

Ответы:

а) заданием закона распределения температур в теле в начальной координате;

б) заданием закона распределения температур в теле в начальный момент времени;

в) заданием закона распределения коэффициента теплопроводности в начальный момент времени;

г) заданием закона распределения теплофизических величин в начальный момент времени

Верный ответ: б)

5.5. Что характеризует граничное условие 3-го рода?

Ответы:

а) Тепловой поток через границу тела;

б) Значения удельного теплового потока через границу тела;

в) Теплообмен между поверхностью тела и окружающей средой;

г) Распределение температуры на поверхности тела

Верный ответ: в)

6.6. В какой момент завершается этап предельного состояния в процессе обработки?

Ответы:

а) в момент выключения источника теплоты;

б) в момент, когда изменение температуры точек тела по времени возрастает столь незначительно, что температуру можно считать постоянной;

в) в момент, когда количество введенной теплоты становится равно количеству отводимой теплоты;

г) в момент, когда большая часть введенной теплоты начинает распространяться за счет теплопроводности

Верный ответ: а), б)

7.7. Процесс нагрева тела непрерывно действующим неподвижным источником тепла в соответствии с принципом наложения можно представить как:

Ответы:

а) последовательное действие серии линейных источников теплоты

б) последовательное действие серии точечных источников теплоты;

в) параллельное действие серии мгновенных источников теплоты;

г) последовательное действие серии мгновенных источников теплоты

Верный ответ: г)

8.8. Приращение температуры в некоторой точке тела на этапе предельного состояния при действии неподвижного непрерывно действующего источника теплоты постоянной мощности:

Ответы:

- а) обратно пропорционально расстоянию  $R$  от этой точки до источника;
- б) прямо пропорционально расстоянию  $R$  от этой точки до источника;
- в) не зависит от расстояния  $R$  от этой точки до источника

Верный ответ: а)

9.9. Мгновенная скорость охлаждения представляет собой:

Ответы:

- а) первую производную температуры по координате;
- б) первую производную температуры по времени;
- в) первую производную температуры по приращению координат;
- г) первую производную температуры по приращению времени

Верный ответ: б)

10.10. Закон теплопроводности (закон Фурье) устанавливает:

Ответы:

- а) количественную связь между коэффициентом теплопроводности материала, градиентом температуры и удельным тепловым потоком в твердых телах;
- б) количественную связь между плотностью материала, градиентом температуры и удельным тепловым потоком в твердых телах;
- в) количественную связь между теплопроводностью материала, градиентом температуры и удельным тепловым потоком в твердых телах;
- г) количественную связь между объемной теплоемкостью материала, градиентом температуры и удельным тепловым потоком в твердых телах

Верный ответ: в)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент верно или преимущественно ответил на 7 вопросов теста из 10.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент верно или преимущественно ответил на 6 вопросов теста из 10.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент верно или преимущественно ответил на 5 вопросов теста из 10.

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Итоговая оценка по курсу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей и оценки, полученной на зачете. В приложение к диплому выносятся итоговая оценка по курсу за семестр.