

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Производство энергетического оборудования

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Математическое моделирование сварочных процессов**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербаков А.В.
	Идентификатор	Raf18b6c8-ShcherbakovAV-abf82f1

(подпись)

А.В.

Щербаков

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

П.В. Волков

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

В.К.

Драгунов

(расшифровка
подписи)

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 проведении научных исследований в области производства объектов профессиональной деятельности, а также контроля и диагностики свойств и структуры материалов этих объектов

ИД-4 Демонстрирует понимание основ моделирования сварочных процессов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Разработка программы для моделирования процесса тепломассопереноса при сварке, плавке, пайке и наплавке для разработки технологий производства энергетического оборудования (Программирование (код))

Форма реализации: Письменная работа

1. Граничные условия и сварочные источники теплоты (Тестирование)
2. Метод гидродинамики сглаженных частиц для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование)
3. Нелинейные явления и мультифизические модели сварочных процессов производства энергетического оборудования (Тестирование)
4. Подходы Эйлера и Лагранжа для моделирования явлений переноса при сварке, плавке, пайке и наплавке (Тестирование)
5. Уравнение теплопроводности и его применение для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	6	8	10	14	16
Цели и задачи математического моделирования. Численное решение нестационарного уравнения теплопроводности для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки							
Цели и задачи математического моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными 2-го порядка. Уравнение теплопроводности.		+					+

Численная интерпретация граничных условий и сварочных источников теплоты. Алгоритмизация задач теплопереноса на основе использования метода контрольных объемов						
Численная интерпретация граничных условий и сварочных источников теплоты. Алгоритмизация задач теплопереноса на основе использования метода контрольных объемов		+				
Концепции Эйлера и Лагранжа для моделирования тепломассообмена в жидкой ванне при сварке, плавке, сварке и наплавке						
Сравнение подходов Эйлера и Лагранжа к описанию процессов переноса в жидких и газообразных средах. Уравнения Навье-Стокса. Формулировка уравнений при использовании подхода Эйлера.			+			
Подход Эйлера: алгоритм SIMPLE и методы аппроксимации свободной поверхности жидкой ванны для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки						
Подход Эйлера: алгоритм SIMPLE. Метод "линии тока - завихренность" для решения двумерных задач тепломассообмена в слабосжимаемых средах. Методы аппроксимации свободной поверхности жидкой ванны для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки			+			+
Подход Лагранжа: SPH-методы для изучения тепломассопереноса при сварке, плавке, сварке и наплавке						
Методы крупных частиц. Сравнение метода дискретных частиц и метода сглаженных частиц. Концепция метода гидродинамики сглаженных частиц.				+		
Комплексные модели сварочных процессов производства энергетического оборудования						
Общий подход к разработке комплексных моделей. Смешанные модели. Моделирование процессов испарения. Нелинейные задачи, возникающие при моделировании сварочных процессов					+	
Вес КМ:	10	10	10	10	50	10

\$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-4ПК-1 Демонстрирует понимание основ моделирования сварочных процессов	Знать: современные подходы к моделированию течения жидкой среды со свободной поверхностью при сварке, плавке, пайке и наплавке концепции Эйлера и Лагранжа для моделирования процессов переноса в жидких средах при сварке, плавке, пайке и наплавке методы численной интерпретации граничных условий и сварочных источников теплоты для различных видов сварки алгоритмы численного решения многомерных задач нестационарного теплообмена при сварке, плавке, пайке и наплавке, на основе явной и неявной разностных схем	Уравнение теплопроводности и его применение для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование) Граничные условия и сварочные источники теплоты (Тестирование) Подходы Эйлера и Лагранжа для моделирования явлений переноса при сварке, плавке, пайке и наплавке (Тестирование) Метод гидродинамики сглаженных частиц для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование) Разработка программы для моделирования процесса тепломассопереноса при сварке, плавке, пайке и наплавке для разработки технологий производства энергетического оборудования (Программирование (код)) Нелинейные явления и мультифизические модели сварочных процессов производства энергетического оборудования (Тестирование)

		Уметь: разрабатывать алгоритмы численного решения системы уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости с использованием подхода Эйлера и метода контрольных объемов применять полученные знания для самостоятельной разработки и алгоритмизации комплексных моделей сварочных процессов	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Уравнение теплопроводности и его применение для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний алгоритмов численного решения многомерных задач нестационарного теплообмена при сварке, плавке, пайке и наплавке, на основе явной и неявной разностных схем

Контрольные вопросы/задания:

Знать: алгоритмы численного решения многомерных задач нестационарного теплообмена при сварке, плавке, пайке и наплавке, на основе явной и неявной разностных схем	1. 1. К какому типу дифференциальных уравнений второго порядка относится нестационарное уравнение теплопроводности? а. уравнение эллиптического типа б. уравнение параболического типа в. уравнение гиперболического типа Ответ - б. 2. Какая из разностных аппроксимаций производной обладает вторым порядком точности по шагу аппроксимации? а. левая разностная производная б. правая разностная производная в. центральная разностная производная Ответ - в. 3. При использовании неявной разностной схемы для уравнения теплопроводности применяют: а. левую разностную производную по времени б. правую разностную производную по времени в. центральную разностную производную по времени Ответ - а. 4. Какой метод численного решения линейных алгебраических уравнений, получаемых в результате разностной аппроксимации уравнения теплопроводности при использовании явной разностной схемы можно применять? а. прямой и обратный ход прогонки. б. метод простой итерации. в. любой из алгоритмов решений матричных уравнений трехдиагонального вида (TDMA) Ответ - б. 5. Как определяются неизвестные прогоночные
--	--

	коэффициенты для нулевого узла сетка при реализации “прямого хода” метода прогонки? а. из аппроксимации начальных условий. б. из аппроксимации граничных условий. в. итерационным методом последовательных приближений. Ответ - б. 6. Разработана компьютерная программа, производящая численное решение нестационарного уравнения теплопроводности. К какому типу моделей ее можно отнести а. физическая модель б. дескриптивная математическая модель в. нормативная математическая модель г. оптимизационная математическая модель Ответ - б. 7. В чем преимущества применения неявных разностных схем в сравнении с явными? а. удобство распараллеливания вычислений б. более простой алгоритм в. больший запас устойчивости Ответ - в. 8. Какой из методов расщепления многомерных дифференциальных уравнений по пространственным направлениям использует полностью неявные разностные операторы? а. метод переменных направлений б. метод дробных шагов Ответ - б. 9. В чем заключается идея применения метода конечных разностей для решения дифференциальных уравнений? а. в использовании вместо производных их конечно-разностных аналогов для преобразования уравнений в линейные алгебраические. б. в выражении точного аналитического решения дифференциального уравнения. в. в применении операторного метода решения дифференциального уравнения Ответ - а. 10. Что обычно понимают под шаблоном разностной схемы? а. метод аппроксимации производных, входящих в уравнение б. метод реализации прямого и обратного хода прогонки в. графическое отображение связей рассматриваемого узла с соседними узлами, а также с узлами рассматриваемыми на других временных слоях (или дробных шагах) Ответ - в.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-2. Граничные условия и сварочные источники теплоты

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний методов численной интерпретации граничных условий и сварочных источников теплоты для различных видов сварки

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы численной интерпретации граничных условий и сварочных источников теплоты для различных видов сварки	1.1. С чем связано то, что в качестве модели большинства источников сварочной теплоты используют гауссово распределение? а. с вероятностным (случайным) характером распределения плотности потока б. любой источник (дуга, электронный и лазерный луч, струя плазмы) характеризуются дисперсией, обусловленной рядом физических ограничений, действием аббераций, электромагнитных полей, и других факторов, влияющих на их формирование Ответ - б. 2.Каким образом можно задавать источник нагрева при численном решении уравнения теплопроводности? а. как объемно-распределенный источник, входящий в уравнение б. как граничное условие в. обоими способами (в зависимости от характера источника нагрева и размеров расчетной области) Ответ - в. 3. Почему в теории сварочных процессов при изучении процессов сварки концентрированными источниками нагрева (лазерный и электронный луч), источник представляют распределенным по глубине
---	--

	металлического слоя? а. это делают в тех случаях, когда используется уравнение теплопроводности, и не учитывается углубление источника в материал за счет давления паров в режиме “кинжального” проплавления. б. это обусловлено тем, что глубина проникновения электронов (фотонов) в материал велика, и создает эффект “кинжального” проплавления Ответ - а. 4. Граничные условия первого рода для уравнения теплопроводности соответствуют случаю: а. задания закона теплообмена с окружающей средой б. задания нулевой первой производной температуры в. задания температуры на границе Ответ - в. 5. Граничные условия второго рода для уравнения теплопроводности соответствуют случаю: а. задания закона теплообмена с окружающей средой б. задания нулевой первой производной температуры в. задания температуры на границе Ответ - б. 6. Граничные условия Стефана необходимо рассматривать в случае: а. теплообмена с окружающей средой за счет конвекции б. теплообмена с окружающей средой за счет теплопроводности в. наличием границы фазового перехода Ответ - в. 7. Какой из перечисленных факторов в наибольшей степени определяет эффективность процесса электронно-лучевого нагрева при сварке, и может ее снижать? а. генерация рентгеновского излучения б. генерация теплового излучения в. отражение (обратное рассеяние) электронов Ответ - в. 8. Что понимают под “эффективным радиусом” источника нагрева при использовании гауссова распределения? а. радиус, внутри которого выделяется 100% энергии пучка б. радиус, внутри которого выделяется 90% энергии пучка в. дисперсию гауссова распределения Ответ - в. 9. Какой закон подходит для описания потерь тепла при лучистом теплообмене? а. закон Стефана-Больцмана б. закон Ньютона в. закон Фурье Ответ - а.
--	--

	10. Какие задачи теплообмена при сварке можно отнести к нелинейным? а. задачи с движущимися источниками нагрева б. задачи, учитывающие зависимости теплофизических свойств от температуры Ответ - б.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-3. Подходы Эйлера и Лагранжа для моделирования явлений переноса при сварке, плавке, пайке и наплавке

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний концепций Эйлера и Лагранжа для моделирования процессов переноса в жидких средах при сварке, плавке, пайке и наплавке

Контрольные вопросы/задания:

Знать: концепции Эйлера и Лагранжа для моделирования процессов переноса в жидких средах при сварке, плавке, пайке и наплавке	1.1. Основная идея концепции Эйлера заключается в следующем. а. Жидкость рассматривается как система частиц, каждая из которых имеет свою систему координат. б. Система координат неподвижна. Жидкость - сплошная среда, которая течет сквозь нее. Ответ - б. 2. Каким уравнением будет описываться теплоперенос в жидкости при использовании подхода Лагранжа? а. Уравнением энергии с конвективными слагаемыми б. Уравнением теплопроводности в. Уравнением движения Ответ - б. 3. Какие из перечисленных методов построения математической модели жидкости относятся к
--	---

	лагранжевым? а. метод крупных частиц б. метод конечных элементов в. метод конечных разностей г. метод сглаженных частиц Ответы - а, г. 4. Какие из перечисленных методов построения математической модели жидкости относятся к эйлеровым? а. метод крупных частиц б. метод конечных элементов в. метод конечных разностей г. метод сглаженных частиц Ответы - б, г. 5. В чем физический смысл конвективного слагаемого в уравнении теплообмена, записанном в постановке Эйлера? а. оно необходимо для учета вклада теплопроводности б. оно учитывает, то, что изменение температуры в рассматриваемой точке среды может быть связано с перемещением жидкости, изначально имеющей другую температуру в. учитывает действие внутренних источников нагрева Ответ - б. 6. Для какой модели жидкости записываются уравнения Навье-Стокса? а. эйлерова жидкость б. ньютоновская жидкость в. невязкая жидкость Ответ - б. 7. Какие слагаемые включает в себя производная Лагранжа (субстанциональная производная) ? а. локальную и конвективную (адвективную) производные б. локальную и левую разностную производную скорости по времени в. конвективную и адвективную производные Ответ - а. 8. Какая из концепций в настоящее время применяется в коммерческих программах инженерного анализа (CAE-системах)? а. концепция Эйлера б. концепция Лагранжа в. обе концепции Ответ - в. 9. При использовании какой из концепций (Эйлера, или Лагранжа), векторные и скалярные величины рассчитываются в виде полей, с привязкой к фиксированным точкам пространства? а. Эйлерова концепция
--	--

	б. Лагранжева концепция Ответ - а. 10. При использовании какого подхода (Эйлера, или Лагранжа) отпадает необходимость в реализации специализированных алгоритмов моделирования изменения уровня жидкости вблизи свободных поверхностей? а. подход Эйлера б. подход Лагранжа Ответ - б.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-4. Метод гидродинамики сглаженных частиц для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку знаний современных подходов к моделированию течения жидкой среды со свободной поверхностью при сварке, плавке, пайке и наплавке

Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные подходы к моделированию течения жидкой среды со свободной поверхностью при сварке, плавке, пайке и наплавке	1.1.Какая группа методов моделирования подвижной среды стала основой для зарождения метода гидродинамики сглаженных частиц (SPH)? а. методы Эйлера б. методы крупных частиц и модель Леннарда-Джонса в. методы переменных направлений Ответ - б. 2. Что определяет шаг сглаживания при реализации метода SPH? а. шаг перемещения частицы за один временной интервал
--	---

	б. радиус, в пределах которого необходимо учитывать взаимодействие рассматриваемой частицы с окружающими в. шаг интегрирования по времени Ответ - б. 3. Что необходимо делать в цикле программы, реализующей алгоритм лагранжевого метода (и в том числе метода SPH) для расчета траекторий перемещения частиц среды? а. вычислять силы, ускорения и скорости в каждой точке неподвижной эйлеровой системы координат б. перебирать все частицы системы, и для каждой из них рассчитать все равнодействующие сил, обусловленные действием окружающих частиц и внешних силовых полей. Ответ - б. 4. В чем причина роста популярности метода SPH в настоящее время? а. создание новых численных методов решения дифференциальных уравнений второго порядка б. развитие технологии распараллеливания вычислений Ответ - б. 5. Каким образом удобно задавать функцию ядра сглаживания при реализации метода SPH? а. аналитически б. в виде табличной функции Ответ - а. 6. Каким образом удобно задавать градиент и лапласиан функции ядра сглаживания при реализации метода SPH? а. аналитически б. в виде табличной функции Ответ - а. 7. В чем основное преимущество SPH-метода перед методами, использующими дискретные частицы? а. возможность их комбинации с сеточными методами б. более близкое к реальным слабосжимаемым жидкостям распределение плотности и давления за счет сглаживания распределений плотности и других величин Ответ - б. 8. Метод “объема жидкости”, или VOF, относится к лагранжевым, или эйлеровым методам? а. лагранжевым б. эйлеровым в. комбинированным Ответ - б. 9. Метод “маркеров в ячейках”, или MAC, относится к лагранжевым, или эйлеровым методам? а. лагранжевым
--	---

	б. эйлеровым в. комбинированным Ответ - в. 10. Каким образом при реализации метода SPH в подавляющем большинстве случаев рассчитывают поле давление в жидкости а. с использованием метода “предиктор-корректор” б. путем решения уравнения Пуассона для давления и коррекции скорости (итерационным методом) в. путем непосредственного расчета поля давления исходя из поля плотности, с применением специального уравнения состояния, например, уравнения Тэйта Ответ - в.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

КМ-5. Разработка программы для моделирования процесса тепломассопереноса при сварке, плавке, пайке и наплавке для разработки технологий производства энергетического оборудования

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Программирование (код)

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает расчетное задание, состоящее из двух разделов.

Краткое содержание задания:

Расчетное задание защищает для проверки умения разрабатывать алгоритмы численного решения системы уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости с использованием подхода Эйлера и метода контрольных объемов

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять полученные знания для самостоятельной разработки и алгоритмизации комплексных моделей сварочных процессов	1.Студенту предлагается разработать программу в любой среде программирования (предпочтительнее Microsoft Visual Studio Community и любой из языков входящих в эту среду - Visual Basic, C++, C#, Java или Visual Fortran)
--	---

	1. Численное решение уравнения теплопроводности. В первой части задание необходимо разработать программу для решения двумерной задачи теплообмена (описываемой уравнением теплопроводности) с заданными начальными и граничными условиями. 2. Численный расчет поля скоростей и поля давлений с использованием алгоритма SIMPLE. Во второй части задания студенту предлагается осуществить разработку алгоритма итерационного метода “Предиктор-Корректор” для расчета поля скоростей и поля давлений в жидкой среде, отвечающих условию несжимаемости и предложить идею для применения программы для моделирования процессов сварки.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-6. Нелинейные явления и мультифизические модели сварочных процессов производства энергетического оборудования

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест проводится на проверку умений применять полученные знания для самостоятельной разработки и алгоритмизации комплексных моделей сварочных процессов

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: разрабатывать алгоритмы численного решения системы уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости с использованием подхода Эйлера и метода контрольных объемов	1.1. Какие задачи тепломассообмена можно считать нелинейными? а. задачи с неравномерным начальным распределением температуры б. задачи с изменяющейся во времени мощностью источника нагрева в. задачи с теплофизическими и другими свойствами материала, зависящими от решения уравнений (например, от температуры) Ответ - в. 2. В чем заключается практическая сложность решения задачи Стефана для фазового перехода “твердое тело - жидкость”? а. в необходимости учета температурной зависимости
--	---

	теплопроводности б. в том, что скрытая теплота плавления, которая поглощается при плавлении, и выделяется при кристаллизации, влияет на температурное поле и положение фронтов плавления и кристаллизации Ответ - б. 3. Какие методы могут применяться для численного решения задачи Стефана? а. применение “искусственных” источников и стоков теплоты, действующих в контрольных объемах, где происходит плавление и кристаллизация. б. решение уравнения теплообмена относительно теплосодержания (энтальпии) в. оба метода Ответ - в. 4. Какой из конечно-разностных методов решения задачи Стефана обеспечивает более устойчивое решение вблизи границы плавления или кристаллизации? а. метод “скрытых” источников и стоков тепла б. метод решения уравнения теплообмена относительно энтальпии Ответ - б. 5. Каким образом рассчитывается температурное поле по рассчитанному полю теплосодержания? а. методом интегрирования теплосодержания от начального значения, соответствующего комнатной температуре, до рассчитанного в данном контрольном объеме по температуре, с учетом теплоты затрачиваемой на фазовые переходы в интервале температур солидуса и ликвидуса б. методом интегрирования теплосодержания от начального значения, соответствующего комнатной температуре, до рассчитанного в данном контрольном объеме по температуре, без учета теплоты затрачиваемой на фазовые переходы в интервале температур солидуса и ликвидуса Ответ - а. 6. В чем заключается эффект Марангони? а. в появлении направленного движения жидкости вдоль поверхности раздела сред вследствие наличия градиента температуры или концентрации вдоль этой поверхности б. в изменении плотности жидкости вследствие нагрева Ответ - а. 7. Как проявляет себя эффект Марангони в процессах сварки и родственных процессах для различных материалов? а. практически не проявляет б. вызывает формирование усиления швов и повышение высоты наплавляемого слоя
--	--

	в. Проявляется в существенном различии формы поперечного сечения областей проплавления в зависимости от того, растет вязкость с увеличением температуры, или наоборот, снижается Ответ - в. 8. В каких случаях удобно гибридизировать эйлеровы и лагранжевы методы моделирования процессов при сварке? а. при необходимости одновременного учета макро- и микромасштабных процессов и явлений - например, движения жидкого металла и торможения электронов б. при моделировании свободной поверхности (MAC-метод) в. в обоих случаях. Ответ - в. 9. Какой из перечисленных методов решения задач тепломассообмена можно отнести к гибридным, объединяющим эйлеров и лагранжев подход? а. VOF - метод б. MAC - метод в. SPH - метод Ответ - б. 10. В чем суть приближения непрерывных потерь, применяемого при моделировании торможения электронов в различных средах с использованием метода Монте-Карло? а. все процессы взаимодействия (потери энергии и отклонения частиц) рассматриваются как дискретные б. все процессы взаимодействия (потери энергии и отклонения частиц) рассматриваются как непрерывные в. процессы торможения (потери энергии) рассматриваются как непрерывные, а процессы отклонения - как дискретные. Ответ - в.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Численные методы решения уравнения теплопроводности. Метод конечных разностей.
2. Нелинейные процессы на свободной поверхности в жидких средах (эффект Марангони)

Процедура проведения

Студент получает один билет из двадцати четырех. В билете содержится 2 вопроса. Время на подготовку к ответу составляет 70 минут

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-1} Демонстрирует понимание основ моделирования сварочных процессов

Вопросы, задания

- 1.1. Цели и задачи математического моделирования сварочных процессов.
2. Классификация моделей. Материальное, идеальное, знаковое, математическое моделирование.
3. Классификация математических моделей. Аналитические, цифровые, регрессионные и смешанные модели.
4. Адекватность и верификация моделей.
5. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными 2-го порядка, применяемых при моделировании физических процессов.
6. Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Теплостойкость тела. Уравнение теплопроводности.
7. Уравнение теплопроводности. Начальные и краевые условия.
8. Численные методы решения уравнения теплопроводности. Метод конечных разностей.
9. Аппроксимация производных первого и второго порядков по методу конечных разностей.
10. Одномерное уравнение теплопроводности в конечно-разностной форме при использовании явной и неявной разностных схем.
11. Суть метода прогонки для решения одномерного уравнения теплопроводности.
12. Аппроксимация граничных условий при использовании метода прогонки.
13. Решение двумерных тепловых задач с использованием явной разностной схемы
14. Локально-одномерные методы для решения многомерных задач с использованием неявной разностной схемы: метод переменных направлений и метод дробных шагов.
15. Гидродинамические процессы при сварке: подходы Эйлера и Лагранжа
16. Система уравнений Навье-Стокса. Физический смысл уравнений
17. Метод «предиктор-корректор» (алгоритм SIMPLE) для численного решения уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости
18. Использование переменных «функция тока-завихренность» для решения двумерных задач конвективного переноса в слабосжимаемых средах

19. Моделирование движения свободной поверхности сварочной ванны: методы МАС и VOF
20. Нелинейные процессы на свободной поверхности в жидких средах (эффект Марангони)
21. Моделирование процессов испарения
22. Методы крупных частиц в физике
23. Гидродинамика сглаженных частиц: подход Лагранжа
24. Метод Монте-Карло на примере рассеяния электронов в твердых телах

Материалы для проверки остаточных знаний

1. К какому типу дифференциальных уравнений второго порядка относится нестационарное уравнение теплопроводности?

Ответы:

- а. уравнение эллиптического типа
- б. уравнение параболического типа
- в. уравнение гиперболического типа

Верный ответ: Ответ - б.

2.2. Какая из разностных аппроксимаций производной обладает вторым порядком точности по шагу аппроксимации?

Ответы:

- а. левая разностная производная
- б. правая разностная производная
- в. центральная разностная производная

Верный ответ: Ответ - в.

3.3. Что обычно понимают под шаблоном разностной схемы?

Ответы:

- а. метод аппроксимации производных, входящих в уравнение
- б. метод реализации прямого и обратного хода прогонки
- в. графическое отображение связей рассматриваемого узла с соседними узлами, а также с узлами рассматриваемыми на других временных слоях (или дробных шагах)

Верный ответ: Ответ - в.

4.4. Каким образом можно задавать сварочный источник теплоты при численном решении уравнения теплопроводности?

Ответы:

- а. как объемно-распределенный источник, входящий в уравнение
- б. как граничное условие
- в. обоими способами (в зависимости от характера источника нагрева и размеров расчетной области)

Верный ответ: Ответ - в.

5.5. Граничные условия первого рода для уравнения теплопроводности соответствуют случаю:

Ответы:

- а. задания закона теплообмена с окружающей средой
- б. задания нулевой первой производной температуры
- в. задания температуры на границе

Верный ответ: Ответ - в.

6.6. Граничные условия Стефана необходимо рассматривать в случае:

Ответы:

- а. теплообмена с окружающей средой за счет конвекции
- б. теплообмена с окружающей средой за счет теплопроводности

в. наличием границы фазового перехода

Верный ответ: Ответ - в.

7.7. Основная идея концепции Эйлера заключается в следующем.

Ответы:

- а. Жидкость рассматривается как система частиц, каждая из которых имеет свою систему координат.
- б. Система координат неподвижна. Жидкость - сплошная среда, которая течет сквозь нее.

Верный ответ: Ответ - б.

8.8. Какие из перечисленных методов построения математической модели жидкости относятся к лагранжевым?

Ответы:

- а. метод крупных частиц
- б. метод конечных элементов
- в. метод конечных разностей
- г. метод сглаженных частиц

Верный ответ: Ответы - а, г

9.9. В чем физический смысл конвективного слагаемого в уравнении теплообмена, записанном в постановке Эйлера?

Ответы:

- а. оно необходимо для учета вклада теплопроводности
- б. оно учитывает, то, что изменение температуры в рассматриваемой точке среды может быть связано с перемещением жидкости, изначально имеющей другую температуру
- в. учитывает действие внутренних источников нагрева

Верный ответ: Ответ - б.

10.10. Каким уравнением будет описываться теплоперенос в жидкости при использовании подхода Лагранжа?

Ответы:

- а. Уравнением энергии с конвективными слагаемыми
- б. Уравнением теплопроводности
- в. Уравнением движения

Верный ответ: Ответ - б.

11.11. Что определяет шаг сглаживания при реализации метода SPH?

Ответы:

- а. шаг перемещения частицы за один временной интервал
- б. радиус, в пределах которого необходимо учитывать взаимодействие рассматриваемой частицы с окружающими
- в. шаг интегрирования по времени

Верный ответ: Ответ - б.

12.12. Какие задачи тепломассообмена можно считать нелинейными?

Ответы:

- а. задачи с неравномерным начальным распределением температуры
- б. задачи с изменяющейся во времени мощностью источника нагрева
- в. задачи с теплофизическими и другими свойствами материала, зависящими от решения уравнений (например, от температуры)

Верный ответ: Ответ - в.

13.13. Какой из конечно-разностных методов решения задачи Стефана обеспечивает более устойчивое решение вблизи границы плавления или кристаллизации?

Ответы:

- а. метод “скрытых” источников и стоков тепла
- б. метод решения уравнения теплообмена относительно энтальпии

Верный ответ: Ответ - б.

14.14. 9. Какой из перечисленных методов решения задач тепломассообмена можно отнести к гибридным, объединяющим эйлеров и лагранжев подход?

Ответы:

- а. VOF - метод (метод объема жидкости)
- б. MAC - метод (метод маркеров в ячейках)
- в. SPH - метод (метод гидродинамики сглаженных частиц)

Верный ответ: Ответ - б.

15.15. В чем заключается эффект Марангони?

Ответы:

- а. в появлении направленного движения жидкости вдоль поверхности раздела сред вследствие наличия градиента температуры или концентрации вдоль этой поверхности
- б. в изменении плотности жидкости вследствие нагрева

Верный ответ: Ответ - а.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих