

**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
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

А.В.
Щербаков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

П.В. Волков

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гончаров А.Л.
	Идентификатор	R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe

А.Л.
Гончаров

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. РПК-7 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

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Уравнение теплопроводности и его применение для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование)
- КМ-2 Граничные условия и сварочные источники теплоты (Тестирование)
- КМ-3 Подходы Эйлера и Лагранжа для моделирования явлений переноса при сварке, плавке, пайке и наплавке (Тестирование)
- КМ-4 Метод гидродинамики сглаженных частиц для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование)
- КМ-5 Разработка программы для моделирования процесса тепломассопереноса при сварке, плавке, пайке и наплавке для разработки технологий производства энергетического оборудования (Программирование (код))

КМ-6 Нелинейные явления и мультифизические модели сварочных процессов производства энергетического оборудования (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

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

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
РПК-7	ИД-4РПК-7 Демонстрирует понимание основ моделирования сварочных процессов	Знать: современные подходы к моделированию течения жидкой среды со свободной поверхностью при сварке, плавке, пайке и наплавке методы численной интерпретации граничных условий и сварочных источников теплоты для различных видов сварки концепции Эйлера и Лагранжа для моделирования процессов переноса в жидких средах при сварке, плавке, пайке и наплавке алгоритмы численного решения многомерных задач нестационарного теплообмена при сварке, плавке, пайке и наплавке, на основе явной и неявной разностных схем	КМ-1 Уравнение теплопроводности и его применение для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование) КМ-2 Граничные условия и сварочные источники теплоты (Тестирование) КМ-3 Подходы Эйлера и Лагранжа для моделирования явлений переноса при сварке, плавке, пайке и наплавке (Тестирование) КМ-4 Метод гидродинамики сглаженных частиц для моделирования процессов сварки, плавки, пайки и наплавки (Тестирование) КМ-5 Разработка программы для моделирования процесса тепломассопереноса при сварке, плавке, пайке и наплавке для разработки технологий производства энергетического оборудования (Программирование (код)) КМ-6 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	методом) в. путем непосредственного расчета поля давления исходя из поля плотности, с применением специального уравнения состояния, например, уравнения Тэйт Ответ - в.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

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 зашифровано 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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)

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

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_{РПК-7} 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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве менее 60%,

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.