

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

Направление подготовки/специальность: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Математическое моделирование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Математическое моделирование в естествознании**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гриценко С.А.
	Идентификатор	R377574cf-GritsenkoSA-232ed480

С.А.
Гриценко

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

М.Ф.
Черепова

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426c

П.В. Зубков

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-2 Способен участвовать в компьютерной реализации математических моделей
- ИД-2 Демонстрирует понимание принципов построения простейших математических моделей различных явлений и процессов
- ИД-4 Применяет математические методы для аналитического и численного решения прикладных задач и анализирует полученные результаты
- ИД-5 Выбирает, модифицирует и реализует алгоритмы численной и алгебраической реализации математических моделей

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Модели механики сплошной среды (Коллоквиум)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Численная реализация моделей газовой динамики (Программирование (код))

Форма реализации: Письменная работа

1. Разностные схемы (Контрольная работа)
2. Тензоры (Контрольная работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	11	13
Построение математической модели. Сведения из тензорной алгебры					
Построение математической модели. Сведения из тензорной алгебры		+	+		
Математическое моделирование механики сплошной среды					
Математическое моделирование механики сплошной среды		+	+		
Математические модели газовой динамики					
Математические модели газовой динамики				+	

Численная реализация математических моделей газовой динамики				
Численная реализация математических моделей газовой динамики			+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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
РПК-2	ИД-2 _{РПК-2} Демонстрирует понимание принципов построения простейших математических моделей различных явлений и процессов	Знать: основные понятия, общие свойства и законы движения сплошной среды Уметь: выводить уравнения математических моделей на основе законов сохранения	Тензоры (Контрольная работа) Модели механики сплошной среды (Коллоквиум)
РПК-2	ИД-4 _{РПК-2} Применяет математические методы для аналитического и численного решения прикладных задач и анализирует полученные результаты	Знать: теорию построения и исследования сходимости разностных схем Уметь: исследовать сходимость разностных схем	Разностные схемы (Контрольная работа)
РПК-2	ИД-5 _{РПК-2} Выбирает, модифицирует и реализует алгоритмы численной и алгебраической реализации математических моделей	Уметь: выполнять программную реализацию математической модели	Численная реализация моделей газовой динамики (Программирование (код))

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тензоры

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по вариантам. Содержит три задачи и один теоретический вопрос на 2 часа

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знания основных понятий, общих свойств и законов движения сплошной среды

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные понятия, общие свойства и законы движения сплошной среды	1. Какие физические законы положены в основу построения математических моделей движения сплошной среды 2. Что можно выбрать в качестве переменных Лагранжа? 3. Что можно выбрать в качестве переменных Эйлера? 4. Как перейти от переменных Эйлера к переменным Лагранжа? 5. Как связаны между собой ковариантный и контравариантный базисы?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Модели механики сплошной среды

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная работа по вариантам на 2 часа. Содержит два теоретических вопроса и одну задачу

Краткое содержание задания:

Работа направлена на проверку умения выводить уравнения математических моделей на основе законов сохранения

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выводить уравнения математических моделей на основе законов сохранения	1.1. Вывести уравнение неразрывности в переменных Эйлера. 2.2. Построить уравнения движения сплошной среды. 3.3. Привести тензор к главным осям 4.4. Построить замкнутые системы уравнений движения идеальной жидкости. 5. Дано описание движения среды в переменных Эйлера. Перейти к переменным Лагранжа.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Разностные схемы

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа по вариантам на 1 час, содержит один теоретический вопрос и одну задачу

Краткое содержание задания:

Работа на проверку знания теории построения и исследования сходимости разностных схем и умения исследовать сходимость разностных схем

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теорию построения и исследования сходимости разностных схем	1. Сформулировать понятия аппроксимации, устойчивости и сходимости разностных схем. 2. Исследовать на устойчивость две схемы для уравнения переноса 3. Метод дифференциального приближения для исследования качества разностных схем 4. В чем состоит метод гармоник исследования устойчивости разностных схем? 5. Опишите энергетический метод исследования устойчивости
Уметь: исследовать сходимость разностных схем	1. Вывести априорную оценку решения разностной схемы исходя из принципа максимума 2. Вывести априорную оценку разностного решения пользуясь теоремой сравнения 3. Построить разностную схему для краевой задачи и найти порядок аппроксимации 4. Вычислить порядок аппроксимации заданной приближенной формулы численного дифференцирования 5. Проверить, выполняются ли законы сохранения в разностной схеме

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Численная реализация моделей газовой динамики

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Программирование (код)

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проведение расчетов по разностной схеме

Краткое содержание задания:

Работа направлена на проверку умения выполнять программную реализацию математической модели

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять программную реализацию математической модели	1.Сформировать разностную схему по данной дифференциальной задаче с начальными и граничными условиями 2.Написать программный код 3.Провести анализ полученных в виде графиков результатов 4.Провести расчеты с различными значениями шагов по времени и пространству. 5.Ввести в задачу искусственную вязкость для расчета разрывов. Выбрать оптимальный коэффициент вязкости
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Уравнение Навье-Стокса. Полные системы уравнений движения вязкой жидкости
2. Движение частицы описывается в переменных Эйлера

следующими уравнениями:

$$\frac{dx}{dt} = 2x + y$$
$$\frac{dy}{dt} = 3x + 4y$$
$$x(0) = x_0 \quad y(0) = y_0$$

Перейти к описанию движения в переменных Лагранжа

Процедура проведения

Экзамен проводится в письменно-устной форме. На подготовку ответа дается 60 минут. Кроме ответа на вопросы билета, студент должен ответить на дополнительные вопросы.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2РПК-2 Демонстрирует понимание принципов построения простейших математических моделей различных явлений и процессов

Вопросы, задания

1. Построение математической модели. Основные гипотезы.
Подход Лагранжа и подход Эйлера к изучению движения сплошной среды.
Уравнение неразрывности в переменных Эйлера. Уравнение неразрывности в переменных Лагранжа
Уравнения движения сплошной среды.
Закон сохранения моментов импульса
Идеальная жидкость. Идеальный газ. Уравнения движения идеальной жидкости.
Упругое тело. Вязкая жидкость. Закон Гука. Закон Навье-Стокса.
Уравнение Навье-Стокса. Полные системы уравнений движения вязкой жидкости
Уравнение Ламе. Замкнутая система уравнений движения упругого тела.
Уравнения газовой динамики в интегральной форме в переменных Эйлера
Уравнения газовой динамики в интегральной форме в переменных Лагранжа
Дифференциальные уравнения газовой динамики в переменных Эйлера
Дифференциальные уравнения газовой динамики в переменных Лагранжа

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Основные этапы построения математической модели

Ответы:

описать этапы

Верный ответ: построение уравнений на основе физических законов; разработка алгоритма решения; численная реализация алгоритма

2. Что можно выбрать в качестве переменной Лагранжа?

Ответы:

описать переменные

Верный ответ: порядковый номер частицы или начальные координаты частицы

3. Какие гипотезы положены в основу моделей механики сплошной среды

Ответы:

сформулировать гипотезы

Верный ответ: Гипотеза сплошности среды, гипотеза евклидовости пространства, гипотеза абсолютности времени

4. Что можно выбрать в качестве переменных Эйлера?

Ответы:

описать переменные

Верный ответ: Геометрические координаты точки физического пространства

5. Является ли тензором линейное преобразование пространства? Какой валентности?

Ответы:

да или нет, если да, указать валентность

Верный ответ: Да. Валентность (2,0) или (0,2) или (1,1)

6. Какие тензоры используются в уравнениях механики сплошной среды?

Ответы:

перечислить

Верный ответ: Метрический тензор, тензор деформаций, тензор скоростей деформаций, тензор внутренних напряжений и др.

7. Какой физический закон выражает уравнение неразрывности?

Ответы:

сформулировать

Верный ответ: Закон сохранения массы

8. Какой физический закон выражает уравнение движения?

Ответы:

сформулировать

Верный ответ: закон сохранения импульса

9. Какой физический закон выражает уравнение энергии?

Ответы:

сформулировать

Верный ответ: Закон сохранения энергии

10. Какие виды разрывных течений в газовой динамике вы знаете?

Ответы:

перечислить

Верный ответ: Контактные разрывы и ударные волны.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{РПК-2} Применяет математические методы для аналитического и численного решения прикладных задач и анализирует полученные результаты

Вопросы, задания

1.
 - Построение автомодельного решения задачи о поршне.
 - Решение задачи о поршне, выдвигаемом из газа.
 - Решение задачи о поршне, вдвигаемом в газ с постоянной скоростью.1. Два варианта задачи Коши для квазилинейного уравнения переноса.
 - Градиентная катастрофа. Правила постановки разрыва решения.
 - Метод дифференциального приближения для исследования разностных схем.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Разностное схема начально-краевой задачи – это
 - Ответы:
 - 1. Система разностных алгебраических уравнений в совокупности с разностной аппроксимацией граничных и начальных условий
 - 2. Система дифференциальных уравнений в совокупности с разностной аппроксимацией граничных и начальных условий
 - Верный ответ: 1
- 2.Решение разностной задачи сходится к решению дифференциальной задачи, если
 - Ответы:
 - 1. в некоторой сеточной норме для любого фиксированного момента времени норма разности точного и приближенного решения стремится к 0 при стремлении к нулю шагов по пространству и по времени
 - 2. разность точного и приближенного решения стремится к 0 при стремлении к нулю шагов по пространству и по времени
 - Верный ответ: 1
- 3.Выберите верное утверждение
 - Ответы:
 - 1. Из устойчивости схемы следует её аппроксимация и сходимость
 - 2. Из устойчивости и аппроксимации схемы следует её сходимость
 - Верный ответ: 2
- 4.Устойчивость разностной схемы – это
 - Ответы:
 - 1. непрерывная зависимость решения разностной задачи от входных данных
 - 2. непрерывная зависимость решения разностной задачи от шага сетки
 - Верный ответ: 1

3. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{РПК-2} Выбирает, модифицирует и реализует алгоритмы численной и алгебраической реализации математических моделей

Вопросы, задания

1. Лагранжевы массовые переменные для задач с цилиндрической и сферической симметрией
 - Закон изменения объема. Различные виды уравнения энергии.
 - Акустическое приближение.
 - Разрывные решения. Соотношения Гюгонио.
 - Контактные разрывы и ударные волны. Ударные волны в идеальном газе.
 - Структура фронта ударной волны

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чтобы решить явную разностную схему, нужно

Ответы:

1. решить систему линейных алгебраических уравнений
2. решить систему нелинейных алгебраических уравнений
3. вычислить неизвестные функции с помощью последовательных рекуррентных соотношений

Верный ответ: 3

2. Система нелинейных алгебраических уравнений решается с помощью

Ответы:

1. метода Гаусса
2. итерационного метода
3. правила Крамера

Верный ответ: 2

3. Шаг по времени выбирается

Ответы:

1. равным пространственному шагу
2. всегда меньшим, чем шаг по пространству
3. из условия устойчивости разностной схемы

Верный ответ: 3

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета, и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета (билета коллоквиума) и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее;

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