

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.09</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Елисеев А.Г.
	Идентификатор	R1d31b868-YeliseevAG-013824c4

А.Г. Елисеев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

И.И. Ланская

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

Н.В. Кулешов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение законов и закономерностей современных численных методов; формирование навыков построения и применения математических моделей, возникающих на практике и проведения расчетов по таким моделям, изучение методов математического моделирования для обеспечения бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов..

### Задачи дисциплины

- овладение основами математического мышления;
- овладение основами математической культуры;
- ознакомление со способами формализации и решения технических задач математическими методами;
- ознакомление с основными приемами обработки и представления экспериментальных данных методами математического моделирования;
- освоение методов проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей электрохимических процессов и объектов автономных энергетических систем, установок электрохимической энергетики и их элементов;
- освоение математических методов и техник для последующего их использования в области технологии производства автономных энергетических систем, установок электрохимической энергетики и их элементов;
- овладение основами принятия и обоснования конкретных математических решений при последующей профессиональной деятельности в области технологии производства автономных энергетических систем, установок электрохимической энергетики и их элементов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Выполняет сбор, обработку, анализ и обобщение отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - современные методы построения математических моделей для задач, возникающих на практике и численные методы их решения с применением интегрированных пакетов программ: MATHCAD, MATLAB.; - основные понятия современных численных методов, используемых для разработки и эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов.  уметь: - грамотно и профессионально строить математические модели основных процессов автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		элементов, рассчитывать бесперебойные режимы работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического оборудования предприятий энергетического профиля; - применять свои знания современных численных методов к решению практических задач по разработке, модернизации, правильной эксплуатации оборудования электрохимических энергоустановок и в водородной энергетике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать «Химия», «Физика», «Математика» и «Информатика»
- уметь Делать расчеты химических и физических процессов с применением математических методов

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования.	22	1	4	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования."</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 1-160</p>	
1.1	Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования.	22		4	-	8	-	-	-	-	-	10	-		
2	Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем	24		4	-	8	-	-	-	-	-	12	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b></p>
2.1	Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем	24		4	-	8	-	-	-	-	-	12	-		

													Изучение материалов по разделу Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 431-435, 453-475
3	Консервативные разностные схемы.	22	4	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение
3.1	Консервативные разностные схемы.	22	4	-	8	-	-	-	-	-	10	-	дополнительного материала по разделу "Консервативные разностные схемы." <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Консервативные разностные схемы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 431-435, 453-475
4	Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля	22	4	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
4.1	Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование.	22	4	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости.

	Решение задачи Бернулли и задачи Абея												Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абея и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 161-165, 191-210 [2], стр. 386-398
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	42	17.7	
	Итого за семестр	108.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	59.7		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования.

##### 1.1. Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования.

Необходимые сведения из линейной алгебры: нормированное линейное пространство; линейный оператор; норма оператора, спектральный радиус; обусловленность матриц. Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования. Оптимальный шаг и его оценка. Оценка оптимального шага методом сокращающихся знаков..

#### 2. Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем

##### 2.1. Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем

Основные понятия теории разностных схем. Равномерная и неравномерная сетки. Пространство сеточных функций. Нормы в пространстве сеточных функций. Дифференцирование и интегрирование в пространстве сеточных функций. Основные формулы дифференциального и интегрального исчисления в пространстве сеточных функций. Недостатки неравномерных сеток. Разностная аппроксимация дифференциальных уравнений. Понятие разностной схемы. Постановка разностной задачи. Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем. Пример построения и исследования разностной схемы для краевой задачи Штурма-Лиувилля. Пример неустойчивой разностной схемы..

#### 3. Консервативные разностные схемы.

##### 3.1. Консервативные разностные схемы.

Консервативные разностные схемы. Пример А.А. Самарского влияния не консервативности. Интегро-интерполяционный метод построения консервативных разностных схем. Построение консервативной разностной Разностные схемы для уравнений с частными производными. Понятие шаблона разностной схемы. Схема с весами. Явные и неявные разностные схемы. Модельные уравнения для процессов переноса. Задачи Коши, краевая задача для уравнения переноса. Схема бегущей волны. Устойчивость явной и неявной разностных схем. Задачи Коши для линейного параболического уравнения с переменными коэффициентами по методу Куранта. Спектральный признак устойчивости Неймана по начальным данным. Содержательный смысл спектральной устойчивости..

#### 4. Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля

##### 4.1. Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля

Полностью консервативные разностные схемы. Схемы с недивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности. Анализ семейства консервативных разностных схем. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Элементы вариационного анализа. Дробное дифференцирование и интегрирование. Задача Бернулли о брахистохроне. Задача Абеля о таутохронной кривой.(4час);
2. Полностью консервативные разностные схемы. Схемы с недивергентным

- уравнением энергии. Условия полной консервативности. Анализ семейства консервативных разностных схем.(2час);
3. Построение разностных схем для нелинейных разностных схем. Принцип замороженных коэффициентов. Линеаризация и исследование устойчивости.(2час);
  4. Практика использования спектрального признака. Устойчивость краевых условий К.И. Бабенко и И.М. Гельфанда. Устойчивость и погрешность расчётов.(2час);
  5. Устойчивость явной и неявной разностных схем задачи Коши для линейного параболического уравнения с переменными коэффициентами по методу Куранта. Спектральный признак устойчивости Неймана по начальным данным. Содержательный смысл спектральной устойчивости. (2час);
  6. Разностная аппроксимация дифференциальных уравнений. Понятие разностной схемы. Постановка разностной задачи. Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем. Пример построения и исследования разностной схемы для краевой задачи Штурма-Лиувилля. Пример неустойчивой разностной схемы.(2час);
  7. Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования. Оптимальный шаг и его оценка. Оценка оптимального шага методом сокращающихся знаков.(2час);
  8. Задачи нелинейного программирования. Метод Ньютона, как линеаризация исходной задачи. Модификация метода Ньютона с целью ослабления требования к начальному приближению. Нормировка задачи как метод улучшения сходимости. Метод продолжения по параметру.(2час);
  9. Прямые решения линейных систем. Схема метода исключения (метод Гаусса-Жордана). Граф распространения ошибок. Оптимизация метода Гаусса. Метод прогонки. Условия устойчивости метода прогонки. Итерационные методы решения линейных систем. Примеры итерационных процессов.(4час);
  10. Необходимые сведения из линейной алгебры: нормированное линейное пространство; линейный оператор; норма оператора, спектральный радиус; обусловленность матриц.(2час);
  11. Разностные схемы. Уравнение с частными производными. Понятие шаблона разностной схемы. Схема с весами. Явные и неявные разностные схемы. Модельные уравнения для процессов переноса. Задачи Коши, краевая задача для уравнения переноса. Схема бегущей волны.(2час);
  12. Введение в элементарную теорию погрешностей: источники и классификация погрешностей численного решения задачи, приближенные числа, абсолютная и условная погрешности, погрешности арифметических операций, погрешность функции.(2час);
  13. Основные понятия теории разностных схем. Равномерная и неравномерная сетки. Пространство сеточных функций. Нормы в пространстве сеточных функций. Дифференцирование и интегрирование в пространстве сеточных функций. Основные формулы дифференциального и интегрального исчисления в пространстве сеточных функций. Недостатки неравномерных сеток.(2час);
  14. Консервативные разностные схемы. Пример А.А. Самарского влияния не консервативности. Интегро-интерполяционный метод построения консервативных разностных схем. Построение консервативной разностной (2час).

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Консервативные разностные схемы."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
основные понятия современных численных методов, используемых для разработки и эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	ИД-3ПК-3	+				Контрольная работа/Численное дифференцирование
современные методы построения математических моделей для задач, возникающих на практике и численные методы их решения с применением интегрированных пакетов программ: MATHCAD, MATLAB.	ИД-3ПК-3		+			Контрольная работа/Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем
<b>Уметь:</b>						
применять свои знания современных численных методов к решению практических задач по разработке, модернизации, правильной эксплуатации оборудования электрохимических энергоустановок и в водородной энергетике	ИД-3ПК-3				+	Контрольная работа/Схемы с не дивергентным уравнением энергии, условия полной консервативности
грамотно и профессионально строить математические модели основных процессов автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов, рассчитывать бесперебойные режимы работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического оборудования предприятий энергетического профиля	ИД-3ПК-3			+		Контрольная работа/Консервативные разностные схемы

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**1 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Консервативные разностные схемы (Контрольная работа)
2. Схемы с не дивергентным уравнением энергии, условия полной консервативности (Контрольная работа)
3. Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем (Контрольная работа)
4. Численное дифференцирование (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №1)*

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Амосов, А. А. Вычислительные методы для инженеров : Учебное пособие для втузов / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова . – М. : Высшая школа, 1994 . – 544 с. - ISBN 5-06-000625-5 .;
2. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (5-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (492 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/158949>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	А-413/7, Кабинет сотрудников каф. "ХиЭЭ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-413/9, Методический кабинет каф. "ХиЭЭ"	рабочее место сотрудника, стол, стол письменный, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, инвентарь учебный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Математическое моделирование

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Численное дифференцирование (Контрольная работа)
- КМ-2 Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем (Контрольная работа)
- КМ-3 Консервативные разностные схемы (Контрольная работа)
- КМ-4 Схемы с не дивергентным уравнением энергии, условия полной консервативности (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования.					
1.1	Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования.		+			
2	Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем					
2.1	Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем			+		
3	Консервативные разностные схемы.					
3.1	Консервативные разностные схемы.				+	
4	Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля					
4.1	Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25