

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

---

Направление подготовки/специальность: 09.04.03 Прикладная информатика

Наименование образовательной программы: Прикладная информатика в энергетике

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>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.06</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 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>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 129,5 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>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шелгинский А.Я.
	Идентификатор	Rf4e216f4-ShelginskyAY-88390ed6

А.Я.  
Шелгинский

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.  
Яворовский

## 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
ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Применяет математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности	знать: - основы современных парадигм, технологий и средств математического моделирования.  уметь: - проектировать и разрабатывать модели на основе современных парадигм, технологий и средств математического моделирования.
ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные,	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Решает нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном	знать: - основные понятия современных численных методов, использующихся для разработки и эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной,

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	контексте, с применением математических, естественнонаучных социально-экономических и профессиональных знаний	электрохимической энергетики и их элементов..  уметь: - применять свои знания современных численных методов к решению практических задач по разработке, модернизации, правильной эксплуатации оборудования электрохимических энергоустановок и в водородной энергетике..
ОПК-7 Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub> Применяет логические методы и приемы научного исследования; методологические принципы современной науки, направления, концепции, источники знания и приемы работы с ними; динамические оптимизационные модели; математические модели оптимального управления для непрерывных и дискретных процессов, их сравнительный анализ; многокритериальные методы принятия решений	знать: - современные методы построения математических моделей для задач, возникающих на практике и численные методы их решения с применением интегрированных пакетов программ: MATHCAD, MATLAB.;  уметь: - 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;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Прикладная информатика в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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 5 зачетных единиц, 180 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.	36	1	4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования."</p> <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> [3], 139-141</p>
1.1	Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования	36		4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	
2	Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем	36		4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение 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</p>
2.1	Сходимость и устойчивость	36		4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	

	разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем												теорема о сходимости разностных схем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 41-51
3	Консервативные разностные схемы	36	4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Консервативные разностные схемы"
3.1	Консервативные разностные схемы.	36	4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Консервативные разностные схемы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Консервативные разностные схемы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 497-501
4	Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля	36	4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение 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
4.1	Схемы с не	36	4	-	8	-	-	-	-	-	24	-	

	<div style="text-align: center;">           дивергентным уравнением энергии.            Условия полной консервативности, устойчивости.            Дробное дифференцирование.            Решение задачи Бернулли и задачи Абеля         </div>												к выполнению заданий на практических занятиях <u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Схемы с не дивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности, устойчивости. Дробное дифференцирование. Решение задачи Бернулли и задачи Абеля" <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> <div style="text-align: right;">[1], 31-37</div>
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	-	<b>32</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>96</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	-	<b>32</b>		<b>2</b>		-	<b>0.5</b>		<b>129.5</b>	

**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. Введение в элементарную теорию погрешностей: источники и классификация погрешностей численного решения задачи, приближенные числа, абсолютная и условная погрешности, погрешности арифметических операций, погрешность



- функции.;
2. Необходимые сведения из линейной алгебры: нормированное линейное пространство; линейный оператор; норма оператора, спектральный радиус; обусловленность матриц;
  3. 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.;
  4. 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;
  5. Численное дифференцирование. Неустойчивость численного дифференцирования. Оптимальный шаг и его оценка. Оценка оптимального шага методом сокращающихся знаков;
  6. 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.;
  7. 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;
  8. Консервативные разностные схемы. Пример А.А. Самарского влияния не консервативности. Интегро-интерполяционный метод построения консервативных разностных схем. Построение консервативной разностной;
  9. 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;
  10. 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;
  11. Практика использования спектрального признака. Устойчивость краевых условий К.И. Бабенко и И.М. Гельфанда. Устойчивость и погрешность расчётов;
  12. Построение разностных схем для нелинейных разностных схем. Принцип замороженных коэффициентов. Линеаризация и исследование устойчивости;
  13. Полностью консервативные разностные схемы. Схемы с недивергентным уравнением энергии. Условия полной консервативности. Анализ семейства консервативных разностных схем;
  14. Элементы вариационного анализа. Дробное дифференцирование и интегрирование. Задача Бернулли о брахистохроне. Задача Абеля о таутохронной кривой.

### **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>						
основы современных парадигм, технологий и средств математического моделирования	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>				+	Контрольная работа/КМ-4. Схемы с не дивергентным уравнением энергии, условия полной консервативности
основные понятия современных численных методов, использующихся для разработки и эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов.	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>	+				Контрольная работа/КМ-1. 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-1 <sub>ОПК-7</sub>		+			Контрольная работа/КМ-2. Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем
<b>Уметь:</b>						
проектировать и разрабатывать модели на основе современных парадигм, технологий и средств математического моделирования	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>		+			Контрольная работа/КМ-2. Сходимость и устойчивость разностных схем. Основная теорема о сходимости разностных схем
применять свои знания современных численных методов к решению практических задач по разработке, модернизации, правильной эксплуатации оборудования электрохимических энергоустановок и в водородной энергетике.	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>				+	Контрольная работа/КМ-4. 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	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub>			+		Контрольная работа/КМ-3. Консервативные разностные схемы

эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического оборудования предприятий энергетического профиля;						
---	--	--	--	--	--	--

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### Экзамен (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. Амбарцумова, Т. Т. Многокритериальная оптимизация в задачах динамики электрических машин : учебное пособие по курсу "Математическое моделирование электромеханических преобразователей энергии" для магистрантов по направлению 13.04.02 "Энергетика и электротехника" и аспирантов по научной специальности 05.09.01 "Электромеханика и электрические аппараты" / Т. Т. Амбарцумова, Ле Куанг Кыонг, А. С. Осипов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 56 с. - ISBN 978-5-7046-2075-4 . <http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10443>;
2. Амосов, А. А. Вычислительные методы для инженеров : учебное пособие для втузов / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова . – 2-е изд., доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 596 с. - ISBN 5-7046-0919-8 .;
3. А. А. Крутько- "Математическое моделирование технологических процессов", Издательство: "Омский государственный технический университет (ОмГТУ)", Омск, 2019 - (141 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682122>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Acrobat Reader.

### 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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-406, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	3-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-405, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-204, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стеллаж, стол преподавателя, стол для оргтехники, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-206, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стул, шкаф для документов, стол письменный, кондиционер, дипломные и курсовые работы студентов

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Математическое моделирование

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

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

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
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