

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

---

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.21
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 5; 6 семестр - 4; всего - 9
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	324 часа
<b>Лекции</b>	5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 14 часов; всего - 46 часа
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 113,5 часов; 6 семестр - 99,5 часа; всего - 213,0 часов
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	5 семестр - 0,5 часа;
<b>Экзамен</b>	6 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,0 час

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

(подпись)

В.Э. Цой

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В. Меркурьев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение численных методов и алгоритмов в комбинации с задачами механики конструкций, для решения которых эти методы предназначены.

### Задачи дисциплины

- Задачами дисциплины являются:

- познакомить учащихся с наиболее эффективными методами исследования прочности и надежности машин и конструкций, ориентируясь на применение компьютерных технологий
- привить навыки критического анализа получаемых решений, сопоставления результатов со здравым смыслом, известными аналитическими и численными решениями близких задач и данными экспериментов;
- приучить сопровождать сделанную вычислительную работу комментариями и выводами.;
  - • научить принципам разработки математических и расчетных моделей при решении типичных задач механики;;
  - • привить навыки критического анализа получаемых решений, сопоставления результатов со здравым смыслом, известными аналитическими и численными решениями близких задач и данными экспериментов;;
  - • приучить сопровождать сделанную вычислительную работу комментариями и выводами..

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 применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub> Применяет аппарат численных методов для решения математических задач	знать: - основы метода конечных элементов; - методы численного решения краевых задач механики; - методы моделирования задач с начальными данными.  уметь: - осуществлять все этапы вычислительного эксперимента; - разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия.
ОПК-6 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ИД-1 <sub>ОПК-6</sub> Использует справочно-библиографический аппарат и фонды библиотеки, в том числе библиотечные электронные ресурсы, при решении задач профессиональной деятельности	знать: - основы Информационных технологий.  уметь: - использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования; - самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности; - анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		исследования.
ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии	ИД-4 <sub>ОПК-11</sub> Разрабатывает компьютерные модели объектов профессиональной деятельности и применяет численные методы решения задач прикладной механики с привлечением современных математических программ	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- алгоритмы математического и компьютерного моделирования механических систем и процессов.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы высшей математики, основы информатики, основы сопротивления материалов, начала аналитической динамики и теории колебаний
- уметь составлять простые вычислительные программы с использованием современных систем программирования, аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей

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 9 зачетных единиц, 324 часа.

№ 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	Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики	4	5	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение приемов работы с системой Matlab</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики"</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию.</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекционного материала</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий.</p>
1.1	Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики	4		2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	

													<p>Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 17-35</p>	
2	Методы обработки числовых данных	30		6	-	6	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Обработка диаграммы деформирования стального каната</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 27-69 [2], 35-48</p>
2.1	Методы обработки числовых данных	30		6	-	6	-	-	-	-	-	18	-	

3	Решение систем линейных алгебраических уравнений	18		2	-	2	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение примеров решения систем линейных уравнений в условиях округления из книги "Форсайт Дж., Малькольм К., Моулер К. Машинные методы математических вычислений, М.: Мир, 2012. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 417-455
3.1	Решение систем линейных алгебраических уравнений	18		2	-	2	-	-	-	-	-	14	-	
4	Решение нелинейных алгебраических уравнений	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Повторение темы "Численный расчет потери устойчивости стержней"
4.1	Решение нелинейных алгебраических уравнений	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 324-345,455-476
5	Методы расчета собственных значений	28		6	-	6	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Повторение темы "Численный расчет напряженного состояния в трехмерной постановке. Определение главных напряжений"
5.1	Методы расчета собственных значений	28		6	-	6	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 315-324
6	Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем	58		14	-	14	-	-	-	-	-	30	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение задачи расчетного задания об исследовании изгиба балки с упругими связями методом конечных элементов
6.1	Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем	58		14	-	14	-	-	-	-	-	30	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 31-48, 63-119,123-141,258-292
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	80	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	-	32	2	-	-	0.5	113.5			
7	Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций	32	6	8	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчетного задания "Исследование собственных частот и форм колебаний балки с упругими связями методом конечных элементов"
7.1	Метод конечных	32		8	-	4	-	-	-	-	-	20	-	

	элементов в задачах динамики машин и конструкций												<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 7-20
8	Численное решение задач с начальными данными	29	6	-	3	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчетного задания "Интегрирование уравнений движения механических систем методами Рунге-Кутты"
8.1	Численное решение задач с начальными данными	29	6	-	3	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 360-379
9	Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики	24	8	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материала лекции "Решение нелинейных краевых задач методом линеаризации Ньютона"
9.1	Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики	24	8	-	4	-	-	-	-	-	12	-	
10	Введение в методы оптимизации конструкций	23	6	-	3	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение темы лекции "Постановка и решение задач безусловной минимизации"
10.1	Введение в методы оптимизации конструкций	23	6	-	3	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 124-140,352-360
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	-	14	-	2	-	-	0.5	66	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	-	14		2		-	0.5		99.5	
	<b>ИТОГО</b>	<b>324.0</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>46</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.0</b>	<b>213.0</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КНР – 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. Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики

##### 1.1. Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики

Основные этапы численного исследования механических систем. Принципы построения физических и математических моделей в механике и машиностроении. Понятие близости точного и приближенного решений. Источники погрешности численного решения задач механики. Обусловленность механических моделей и вычислительных алгоритмов.

#### 2. Методы обработки числовых данных

##### 2.1. Методы обработки числовых данных

Постановка задачи о приближении функций. Обработка диаграмм деформирования и оценка прочности по экспериментальной упругой кривой. Среднеквадратичное приближение функций, заданных в табличной форме. Постановка Полиномиальные формулы численного дифференцирования в задачах изгиба балок и устойчивости стержней. Постановка задачи о численном интегрировании. Применение метода интегрирования по Гауссу для оценки средних значений деформаций и напряжений.

#### 3. Решение систем линейных алгебраических уравнений

##### 3.1. Решение систем линейных алгебраических уравнений

Алгоритмы расчета конструкций, приводящие к системам линейных алгебраических уравнений. Оценки обусловленности систем линейных уравнений. Метод исключения Гаусса его точность и численная устойчивость. Решение систем разностных уравнений в задачах изгиба балок.

#### 4. Решение нелинейных алгебраических уравнений

##### 4.1. Решение нелинейных алгебраических уравнений

Постановка задачи. Методы дихотомии и алгоритм касательных. Вопросы сходимости. Решение задачи об определении критической нагрузки при потере устойчивости.

#### 5. Методы расчета собственных значений

##### 5.1. Методы расчета собственных значений

Постановка задачи об определении собственных частот и форм колебаний элементов конструкций. Общая характеристика методов решения полной проблемы собственных значений. Анализ собственных колебаний систем с большим числом степеней свободы методом итераций в подпространстве. Элементарная оценка низшей частоты при ручном счете.

#### 6. Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем

##### 6.1. Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем

Основные операции МКЭ в форме метода перемещений. Иллюстрация на задачи о растяжении стержня под действием собственного веса. Принцип возможных перемещений как основа МКЭ. Апостериорная оценка погрешности конечно-элементного расчета. Обзор наиболее употребительных программных комплексов.

#### 7. Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций

### 7.1. Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций

Матрицы инерции стержневых и балочных элементов. Влияние сдвигов и инерции вращения на моделирование динамического изгиба балок. Расчет сейсмостойкости сооружений с использованием спектров отклика. Определение собственных частот и форм колебаний методом итераций в подпространстве. Решение уравнений движения для моделей с большим числом степеней свободы. Метод декомпозиции и его реализация на компьютере.

## 8. Численное решение задач с начальными данными

### 8.1. Численное решение задач с начальными данными

Численное интегрирование уравнений движения механических систем с конечным числом степеней свободы. Анализ реакции сооружений при динамической нагрузке общего вида. Методы Рунге-Кутты и их реализация на компьютере. Локальная и глобальная погрешности дискретизации. Понятие о жестких задачах и методах их решения. Использование процедур системы Matlab для интегрирования уравнений движения. Наглядное графическое представление решения в процессе счета.

## 9. Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики

### 9.1. Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики

Одномерные краевые задачи в механике материалов и конструкций. Методы стрельбы в линейных и нелинейных краевых задачах теории изгиба стержней. Проблема аппроксимации краевых условий общего вида. Решение нелинейных задач методом Ньютона. Проблема выбора начального приближения. Алгоритм Калиткина на последовательности сгущаемых сеток. Методы взвешенных невязок, ослабленные формулировки. Обратная задача и решение граничных задач.

## 10. Введение в методы оптимизации конструкций

### 10.1. Введение в методы оптимизации конструкций

Типовые задачи оптимизации механических систем и конструкций. Оптимизация по стоимости, массе, форме упругих тел, стержневых, арочных и ферменных конструкций при статическом нагружении. Оптимизация конструкций при ограничениях по надёжности. Проектирование элементов машин и конструкций при нестационарных условиях эксплуатации. Основные понятия и классификация задач математического программирования. Общий подход к безусловной минимизации функций многих переменных. Сравнительная оценка методов сопряжённых направлений, и прямого поиска. Схема решения задачи нелинейного программирования с ограничениями. Применение методов штрафных функций к задачам минимизации массы стержневых конструкций. Критерии построения штрафных функций, учитывающие особенности механических расчётных моделей. Системы компьютерной оптимизации в инженерных расчётах.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Решение систем разностных уравнений в задачах изгиба балок;
2. Приближение экспериментальных данных методом наименьших квадратов;
3. Интерполяция данных;
4. Обусловленность задач и алгоритмов;
5. Решение уравнений движения методами Рунге-Кутты;
6. Решение задач динамики балочных конструкций методом конечных элементов;
7. Применение метода Ньютона для решения нелинейных краевых задач;
8. Постановка типичных задач оптимизации в механике

- Решение задач оптимизации с ограничениями.;
9. Определение низших собственных частот и форм колебаний методом итераций в подпространстве;
  10. Построение расчетных моделей механических систем;
  11. Решение задач деформации стержней методом конечных элементов
- Решение задач изгиба балок методом конечных элементов.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Консультация по решению задачи о собственных колебаниях в системе Matlab
2. Применение программного обеспечения Matlab к решению уравнений движения механических систем
3. Разбор примеров составления разностных схем для решения нелинейных дифференциальных уравнений с граничными условиями смешанного типа
4. Демонстрация работы симплексного метода отыскания минимума функции двух переменных. Программное обеспечение Matlab для решения оптимизационных задач.

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Тест 1. Основы вычислительной механики
2. Консультация по методам аппроксимации экспериментальных диаграмм деформирования и оценки жесткости стального каната двумя методами - интерполяцией и МНК
3. Консультация по решению систем линейных уравнений в комплексе Matlab
4. Решение методом Ньютона трансцендентных характеристических уравнений по определению критической нагрузки в задачах потери устойчивости стержней
5. Формирование глобальных матриц жесткости конечно-элементных моделей стержневых систем и учет кинематических граничных условий

### **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	5	6	7	8	9	10		
<b>Знать:</b>													
методы моделирования задач с начальными данными	ИД-5ОПК-1											+	Контрольная работа/Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций
методы численного решения краевых задач механики	ИД-5ОПК-1	+											Коллоквиум/Коллоквиум
основы метода конечных элементов	ИД-5ОПК-1								+				Контрольная работа/Расчет динамики балок методом конечных элементов
основы Информационных технологий	ИД-1ОПК-6			+	+								Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование
алгоритмы математического и компьютерного моделирования механических систем и процессов	ИД-4ОПК-11	+	+										Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Общие вопросы и обработка результатов эксперимента
<b>Уметь:</b>													
разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия	ИД-5ОПК-1					+							Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/МКЭ
осуществлять все этапы вычислительного эксперимента	ИД-5ОПК-1		+										Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Общие вопросы и обработка результатов эксперимента
анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	ИД-1ОПК-6				+								Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование
самостоятельно работать, принимать	ИД-1ОПК-6											+	Коллоквиум/Методы решения

решения в рамках своей профессиональной деятельности												обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизация конструкций
использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования	ИД-1ОПК-6			+								Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование
аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей	ИД-4ОПК-11						+					Контрольная работа/МКЭ

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

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

###### **5 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Общие вопросы и обработка результатов эксперимента (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. МКЭ (Контрольная работа)
2. Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум (Коллоквиум)

###### **6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизация конструкций (Коллоквиум)
2. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

###### Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

###### Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. Калиткин, Н. Н. Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. Н. Калиткин ; Ред. А. А. Самарский . – 2-е изд . – СПб. : БХВ-Петербург, 2011 . – 592 с. – (Учебная литература для вузов) . - ISBN 978-5-9775-0500-0 .;

2. Н. С. Бахвалов- "Численные методы: анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения", Издательство: "Наука", Москва, 1975 - (632 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456941>;
3. В. П. Радин, Ю. Н. Самогин, В. П. Чирков- "Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов", Издательство: "Физматлит", Москва, 2013 - (314 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275558>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Ansys / CAE Fidesys;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Scilab;
6. Python;
7. Libre Office.

### 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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	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	Б-110/1, Кабинет сотрудников каф.	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный

	"РМДиПМ"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Вычислительная механика**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Общие вопросы и обработка результатов эксперимента (Контрольная работа)  
 КМ-2 Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование (Контрольная работа)  
 КМ-3 Коллоквиум (Коллоквиум)  
 КМ-4 МКЭ (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	15
1	Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики					
1.1	Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики		+		+	
2	Методы обработки числовых данных					
2.1	Методы обработки числовых данных		+		+	
3	Решение систем линейных алгебраических уравнений					
3.1	Решение систем линейных алгебраических уравнений			+	+	
4	Решение нелинейных алгебраических уравнений					
4.1	Решение нелинейных алгебраических уравнений			+	+	
5	Методы расчета собственных значений					
5.1	Методы расчета собственных значений				+	+
6	Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем					
6.1	Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем					+
Вес КМ, %:			20	20	35	25

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

- КМ-5 Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)  
 КМ-6 Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Контрольная работа)

работа)  
 КМ-7 Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизация конструкций (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	5	8	12
1	Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций				
1.1	Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций		+		
2	Численное решение задач с начальными данными				
2.1	Численное решение задач с начальными данными			+	
3	Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики				
3.1	Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики				+
4	Введение в методы оптимизации конструкций				
4.1	Введение в методы оптимизации конструкций				+
Вес КМ, %:			30	30	40