

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

---

Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика

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

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЙ**  
**ИНЖИНИРИНГ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	1 семестр - 6;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	216 часов
<b>Лекции</b>	1 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	1 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	1 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	1 семестр - 145,2 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	1 семестр - 30 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	1 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа Коллоквиум	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсового проекта</b>	1 семестр - 0,5 часа;
<b>Экзамен</b>	1 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,8 часа

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

В.Э. Цой

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

Е.В. Позняк

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В. Меркурьев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение современных подходов к численному моделированию поведения сложных конструкций с применением компьютерных технологий, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю.

### Задачи дисциплины

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-5 Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> Способен разработать программные коды для численного решения задач механики сплошной среды	знать: - - принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ.  уметь: - - создавать цифровые модели конструкций в программном комплексе ANSYS.
ОПК-10 Способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики	ИД-3 <sub>ОПК-10</sub> Способен разработать компьютерные модели объектов профессиональной деятельности	знать: - - основы метода конечных разностей.  уметь: - - применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды.
ПК-1 Готов участвовать в научных и расчетно-экспериментальных исследованиях объектов профессиональной деятельности с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, безопасности и надежности	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Способен выполнять расчеты в профессиональных конечно-элементных программных комплексах	знать: - - сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в этом процессе.  уметь: - - проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в ПК ANSYS/CAE Fidesys.

## 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 15.04.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на дисциплинах бакалавриата по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

- уметь Дисциплина базируется на дисциплинах бакалавриата по направлению 15.03.03  
Прикладная механика.

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 6 зачетных единиц, 216 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	Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ	28	1	4	-	8	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение лекции на тему " Расчет устойчивости упругих систем методом конечных элементов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 15-23</p>
1.1	Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ	28		4	-	8	-	-	-	-	-	16	-	
2	Вопросы моделирования механических систем	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение темы "Моделирование механических систем в программных комплексах МКЭ" по материалам из Интернет.</p>
2.1	Вопросы моделирования механических систем	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
3	Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys	76.7		6	-	14	-	-	-	-	-	56.7	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Моделирование плоской задачи теории упругости согласно выданной расчетной схемы конструкции</p>
3.1	Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys	76.7		6	-	14	-	-	-	-	-	56.7	-	
4	Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей	15		4	-	6	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> Реферат по разделу книги "Кулиджанов В.Н. Компьютерное моделирование деформирования, повреждаемости и разрушения неупругих материалов и конструкций. М.: МФТИ, 2008. - 215 с.</p>
4.1	Решение задач механики сплошной	15		4	-	6	-	-	-	-	-	5	-	

	среды методом конечных разностей												<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 56-68
	Экзамен	35.8	-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	50.5	-	-	-	16	-	4	-	0.5	30	-	
	Всего за семестр	216.0	16	-	32	16	2	4	-	0.8	111.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0	16	-	32	18		4		0.8	145.2		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ

##### 1.1. Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ

Введение (основные понятия и проблемы компьютерного инжиниринга, основы информационной безопасности инженерных проектов). Принципы разработки расчетных схем МКЭ в задачах динамики конструкций. Оценка погрешности конечноэлементного расчета собственных частот и форм колебаний. Линейная и нелинейная постановки задачи о потере устойчивости. Особенности построения геометрической матрицы жесткости. Решение частичной проблемы собственных значений для модели МКЭ. Решение нелинейной задачи методом переменной жесткости. Численный критерий потери устойчивости.

#### 2. Вопросы моделирования механических систем

##### 2.1. Вопросы моделирования механических систем

Балочные модели и расчетные схемы теории упругости. Моделирование оболочечных конструкций. Основы метода суперэлементов..

#### 3. Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys

##### 3.1. Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys

Система команд и приемы работы с главным меню. Построение твердотельных моделей, задание типов элементов, формирование сетки, задание граничных условий, запуск на решение и интерпретация результатов..

#### 4. Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей

##### 4.1. Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей

Интегро-интерполяционный метод составления разностных схем. Понятия аппроксимации, устойчивости и сходимости. Критерий устойчивости Неймана и его геометрическое истолкование. Решение линейных параболических задач. Решение гиперболических задач. Первое дифференциальное приближение. Дисперсия и диссипация на разностной сетке..

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

1. Обзор расчетных моделей деталей машин и сооружений. Стыковка разнородных элементов. Анализ подвижности конструкций по спектру матрицы жесткости. Учет симметрии;
2. Расчет упругих стержней на устойчивости в линейной постановке. Построение геометрической матрицы. Практические примеры нелинейных задач;
3. Решение уравнений движения конечноэлементных моделей. Анализ собственных колебаний больших систем методом итераций в подпространстве. Предельные случаи поведения конструкций при изменении жесткости опорных связей;
4. Основные способы аппроксимации уравнений в частных производных разностными соотношениями. Выполнение физических законов сохранения. Построение консервативных схем. Решение задач диффузии с оценкой погрешности аппроксимации;
5. Анализ устойчивости разностных схем решения параболических и гиперболических задач методом разделения переменных.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Основные операции в главном меню системы Ansys

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

1. Консультация по решению проблемы собственных значений в задачах потери устойчивости средствами Matlab
2. Моделирование изгиба толстых балок элементами типа beam и solid. Способы стыковки разнородных элементов с помощью уравнений совместности.
3. Примеры численной дисперсии и диссипации на разностной сетке

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 1 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Статический расчет машиностроительной детали в ПК ANSYS
- Статический расчет стержневой конструкции в ПК ANSYS.
- Анализ собственных колебаний фермы с упругими связями в ПК ANSYS
- Исследование напряженно-деформированного состояния сложной оболочечной конструкции.
- Расчет нелинейного изгиба балок в ПК ANSYS.

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 4	5 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	20	20	20	20	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	40	60	80	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет двумерной области сложной геометрии
2	Статический расчет 3D- рамы
3	Динамический расчет 3D-рамы
4	Статический расчет оболочки
5	Нелинейный расчет балки малой изгибной жесткости



### 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>						
- принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ	ИД-2 <sub>ОПК-5</sub>	+				Тестирование/Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ
- основы метода конечных разностей	ИД-3 <sub>ОПК-10</sub>				+	Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
- сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в этом процессе	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>		+			Контрольная работа/Расчет устойчивости балок МКЭ
<b>Уметь:</b>						
- создавать цифровые модели конструкций в программном комплексе ANSYS	ИД-2 <sub>ОПК-5</sub>			+		Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
- применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды	ИД-3 <sub>ОПК-10</sub>				+	Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
- проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в ПК ANSYS/CAE Fidesys	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>			+		Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций

## **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. Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование)
2. Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

#### *Экзамен (Семестр №1)*

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.

#### *Курсовой проект (КП) (Семестр №1)*

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

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. Расчеты на прочность. Теоретические и экспериментальные исследования прочности машиностроительных конструкций. Вып. 10 : сборник статей . – М. : Машиностроение, 1964 . – 399 с.;
2. Басов К. А.- "ANSYS: справочник пользователя", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2008 - (640 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1335](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1335).

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

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

### 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-201, 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. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-0ба, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

КМ-1 Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ (Тестирование)

КМ-2 Расчет устойчивости балок МКЭ (Контрольная работа)

КМ-3 Численные методы анализа сложных конструкций (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ				
1.1	Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ		+		
2	Вопросы моделирования механических систем				
2.1	Вопросы моделирования механических систем			+	
3	Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys				
3.1	Введение в программный комплекс ANSYS/CAE Fidesys				+
4	Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей				
4.1	Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей				+
Вес КМ, %:			30	20	50

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

(название дисциплины)

**1 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-2 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-3 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-4 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-5 Соблюдение графика выполнения КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	7	10	13	15
1	Расчет двумерной области сложной геометрии		+				
2	Статический расчет 3D- рамы			+			
3	Динамический расчет 3D-рамы				+		
4	Статический расчет оболочки					+	
5	Нелинейный расчет балки малой изгибной жесткости						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20