

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

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

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

В.Э. Цой

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

Е.В. Позняк

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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 _{ОПК-5} 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 _{ОПК-10} 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 _{ПК-1} 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><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение лекции на тему " Расчет устойчивости упругих систем методом конечных элементов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> 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><u>Подготовка курсовой работы:</u> 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><u>Подготовка реферата:</u> 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. Анализ устойчивости разностных схем решения параболических и гиперболических задач методом разделения переменных;
2. Основные способы аппроксимации уравнений в частных производных разностными соотношениями. Выполнение физических законов сохранения. Построение консервативных схем. Решение задач диффузии с оценкой погрешности аппроксимации;
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. Расчет упругих стержней на устойчивости в линейной постановке. Построение геометрической матрицы. Практические примеры нелинейных задач;
5. Обзор расчетных моделей деталей машин и сооружений. Стыковка разнородных элементов. Анализ подвижности конструкций по спектру матрицы жесткости. Учет симметрии.

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

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
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-06а, 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