

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:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 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 - 109,2 часов;
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 - 0,3 часа;
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2020

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
ПК-3 способностью критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты		знать: - основы метода конечных разностей; - постановку частичной проблемы собственных значений в МКЭ. уметь: - применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды; - создавать цифровые модели конструкций в программных комплексах.
ПК-4 способностью самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач		знать: - принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ. уметь: - проводить расчет конструкций на устойчивость в линейной и нелинейной постановке с применением программных комплексов; - проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в программных комплексах.
ПК-8 способностью		знать: - анализировать и оформлять

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
принимать непосредственное участие в учебной и учебно-методической работе кафедр и других учебных подразделений соответствующему направлению подготовки, участвовать в разработке программ учебных дисциплин и курсов		результаты учебной работы. уметь: - грамотно преподносить учебный материал.
ПК-9 готовностью проводить учебные занятия, лабораторные работы, вычислительные практикумы, принимать участие в организации научно-исследовательской работы обучающихся младших курсов		знать: - основные научные положения для организации НИР. уметь: - критически относиться к получаемым результатам, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику.
ОК-8 способностью владеть основными знаниями и методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий		знать: - методы и средства защиты производственного персонала. уметь: - использовать инструкции, описания, технические паспорта о работе устройств и установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин 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 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	Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ	28	1	4	-	8	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение лекции на тему " Расчет устойчивости упругих систем методом конечных элементов"
1.1	Расчет собственных колебаний и устойчивости конструкций МКЭ	28		4	-	8	-	-	-	-	-	16	-	
2	Вопросы моделирования механических систем	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение темы "Моделирование механических систем в программных комплексах МКЭ" по материалам из Интернет. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 20-65
2.1	Вопросы моделирования механических систем	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
3	Введение в программный комплекс CAD/CAE	40.7		6	-	14	-	-	-	-	-	20.7	-	<u>Подготовка курсовой работы:</u> Моделирование плоской задачи теории упругости согласно выданной расчетной схемы конструкции <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 6-72
3.1	Введение в программные комплексы CAD/CAE	40.7		6	-	14	-	-	-	-	-	20.7	-	
4	Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей	15		4	-	6	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка реферата:</u> Реферат по разделу книги "Кулиджанов В.Н. Компьютерное моделирование деформирования, повреждаемости и разрушения неупругих материалов и конструкций. М.: МФТИ, 2008.
4.1	Решение задач	15		4	-	6	-	-	-	-	-	5	-	

	механики сплошной среды методом конечных разностей													- 215 с.
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	50.3		-	-	-	16	-	4	-	0.3	30	-	
	Всего за семестр	180.0		16	-	32	16	2	4	-	0.8	75.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0		16	-	32	18		4		0.8	109.2		

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. 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 CAD/CAE

3.1. Введение в программные комплексы CAD/CAE

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. Анализ устойчивости разностных схем решения параболических и гиперболических задач методом разделения переменных;
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. Основные способы аппроксимации уравнений в частных производных разностными соотношениями. Выполнение физических законов сохранения. Построение консервативных схем. Решение задач диффузии с оценкой погрешности аппроксимации.

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 - 6	7 - 9	10 - 12	13 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2, 3	4	5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	30	30	20	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	50	80	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Решение плоской задачи для области сложной геометрии
2	Статический расчет рамы
3	Собственные колебания рамы
4	Статический расчет оболочечной конструкции
5	Нелинейный расчет больших перемещений балки при изгибе

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:						
постановку частичной проблемы собственных значений в МКЭ	ПК-3(Компетенция)	+				Тестирование/Тест 1. Особенности расчета устойчивости балок МКЭ
основы метода конечных разностей	ПК-3(Компетенция)		+			Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
принципы разработки цифровых моделей конструкций с применением МКЭ	ПК-4(Компетенция)			+		Контрольная работа/Расчет устойчивости балок МКЭ
анализировать и оформлять результаты учебной работы	ПК-8(Компетенция)				+	Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
основные научные положения для организации НИР	ПК-9(Компетенция)		+			Контрольная работа/Расчет устойчивости балок МКЭ
методы и средства защиты производственного персонала	ОК-8(Компетенция)		+			Контрольная работа/Расчет устойчивости балок МКЭ
Уметь:						
создавать цифровые модели конструкций в программных комплексах	ПК-3(Компетенция)			+		Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
применять метод конечных разностей для решения задач механики сплошной среды	ПК-3(Компетенция)				+	Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
проводить динамический расчет конструкций методом конечных элементов в программных комплексах	ПК-4(Компетенция)			+		Коллоквиум/Численные методы анализа сложных конструкций
проводить расчет конструкций на устойчивость в линейной и нелинейной постановке с применением программных комплексов	ПК-4(Компетенция)			+		Контрольная работа/Расчет устойчивости балок МКЭ
грамотно преподносить учебный материал	ПК-8(Компетенция)				+	Контрольная работа/Расчет устойчивости балок МКЭ
критически относиться к получаемым результатам,	ПК-9(Компетенция)		+			Коллоквиум/Численные методы

публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику						анализа сложных конструкций
использовать инструкции, описания, технические паспорта о работе устройств и установок	ОК-8(Компетенция)		+			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. 6 : сборник статей . – М. : Машгиз, 1960 . – 314 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. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Python.

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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
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
	НТБ-301, Учебная аудитория кафедры "БИТ"	парта, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Помещения для консультирования	Б-111, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	стол, стул, шкаф, книги, учебники, пособия

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	15
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 CAD/CAE				
3.1	Введение в программные комплексы CAD/CAE			+	+
4	Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей				
4.1	Решение задач механики сплошной среды методом конечных разностей			+	+
Вес КМ, %:			20	40	40

**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 Расчет двумерной области МКЭ
- КМ-2 Статический и динамический расчеты рамы
- КМ-3 Статический расчет оболочечной конструкции
- КМ-4 Нелинейный расчет изгиба балок

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	6	9	12	14
1	Решение плоской задачи для области сложной геометрии		+			
2	Статический расчет рамы			+		
3	Собственные колебания рамы			+		
4	Статический расчет оболочечной конструкции				+	
5	Нелинейный расчет больших перемещений балки при изгибе					+
Вес КМ, %:			20	30	30	20