

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

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	5 семестр - 32 часа;
Практические занятия	5 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	5 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	5 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Коллоквиум	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;

Москва 2019

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.

В процессе освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

ПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-8; ПК-11; ПК-23;

- • 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-4 способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности		знать: - основы Информационных технологий. уметь: - использовать объектно-ориентированные программные комплексы.
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности		знать: - подходы к расчету численными методами деталей машин и элементов конструкций;. уметь: - аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей;.
ПК-8 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием		знать: - методы расчетно-экспериментального анализа задач прикладной механики; - основы метода конечных элементов. уметь:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня		<ul style="list-style-type: none"> - анализировать и оформлять результаты научно-исследовательской работы; - составлять вычислительные программы с использованием современных систем программирования.
ПК-11 способностью проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов		<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные методы, соотношения и алгоритмы вычислительной математики; - алгоритмы математического и компьютерного моделирования механических систем и процессов; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять все этапы вычислительного эксперимента; - разрабатывать конечно-элементные модели оптимального конструирования.

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 15.03.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы Высшей математики (Б1.Б.4), основы Информационных технологий (Б1.Б.5), основы сопротивления материалов (Б1.Б.8 Сопротивление материалов), начала Аналитической динамики и теории колебаний (Б1.В.ОД.7);
- уметь составлять простые вычислительные программы с использованием современных систем программирования, аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей; использовать Информационные технологии (Б1.Б.5).,

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	Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики	4	5	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение приемов работы с системой Matlab</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> 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. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p>
1.1	Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики	4		2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	

														по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Общие вопросы решения задач механики средствами вычислительной математики". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 5-30
2	Методы обработки числовых данных.	30		6	-	6	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Обработка диаграммы деформирования стального каната <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 6-11
2.1	Методы обработки числовых данных.	30		6	-	6	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>
3	Решение нелинейных	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>

	алгебраических уравнений											Повторение темы "Численный расчет потери устойчивости стержней"
3.1	Решение нелинейных алгебраических уравнений	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-
4	Решение систем линейных алгебраических уравнений.	18	2	-	2	-	-	-	-	-	14	-
4.1	Решение систем линейных алгебраических уравнений.	18	2	-	2	-	-	-	-	-	14	-
5	Методы расчета собственных значений.	28	6	-	6	-	-	-	-	-	16	-
5.1	Методы расчета собственных значений.	28	6	-	6	-	-	-	-	-	16	-
6	Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем	58	14	-	14	-	-	-	-	-	30	-
6.1	Основы метода конечных элементов на примере расчета стержневых систем	58	14	-	14	-	-	-	-	-	30	-
	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	

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. 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 нелинейных алгебраических уравнений

3.1. Решение нелинейных алгебраических уравнений

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

4. Решение систем линейных алгебраических уравнений.

4.1. 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..

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 конечноэлементного расчета. Обзор наиболее употребительных программных комплексов..

3.3. Темы практических занятий

1. Построение расчетных моделей механических систем (2 часа).;
2. Обусловленность задач и алгоритмов (2 часа).;
3. Интерполяция данных (2 часа).;
4. Приближение экспериментальных данных методом наименьших квадратов (2 часа).;
5. Численное дифференцирование и интегрирование. Оценка параметров напряженно-деформированного состояния в среднем смысле (4 часа).;
6. Отыскание корней нелинейных уравнений. Оценка критических нагрузок(2 часа).;
7. Решение систем разностных уравнений в задачах изгиба балок (6 часов).;
8. Определение низших собственных частот и форм колебаний методом итераций в подпространстве (2 часа).;
9. Решение задач деформации стержней методом конечных элементов (2 часа).
Решение задач изгиба балок методом конечных элементов (8 часов)..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультация по методам аппроксимации экспериментальных диаграмм деформирования и оценки жесткости стального каната двумя методами - интерполяцией и МНК
2. Консультация по решению систем линейных уравнений в комплексе Matlab
3. Формирование глобальных матриц жесткости конечно-элементных моделей стержневых систем и учет кинематических граничных условий

Текущий контроль (ТК)

1. Тест 1. Основы вычислительной механики
2. Решение методом Ньютона трансцендентных характеристических уравнений по определению критической нагрузки в задачах потери устойчивости стержней

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	
Знать:								
основы Информационных технологий	ОПК-4(Компетенция)	+						Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование" Контрольная работа/Тест 1 Контрольная работа/Тест 2
подходы к расчету численными методами деталей машин и элементов конструкций;	ПК-2(Компетенция)		+					Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Тест 2
основы метода конечных элементов	ПК-8(Компетенция)						+	Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование" Контрольная работа/Тест 1 Контрольная работа/Тест 2
методы расчетно-экспериментального анализа задач прикладной механики	ПК-8(Компетенция)			+	+			Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование" Контрольная работа/Тест 2
алгоритмы математического и компьютерного моделирования механических систем и процессов;	ПК-11(Компетенция)					+	+	Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Тест 1

основные методы, соотношения и алгоритмы вычислительной математики;	ПК-11(Компетенция)		+		+	+		Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование"
Уметь:								
использовать объектно-ориентированные программные комплексы	ОПК-4(Компетенция)						+	Коллоквиум/Коллоквиум
аналитически ставить задачи механики и иметь навыки в построении расчетных моделей;	ПК-2(Компетенция)	+						Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование" Контрольная работа/Тест 2
составлять вычислительные программы с использованием современных систем программирования	ПК-8(Компетенция)		+		+			Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Тест 1 Контрольная работа/Тест 2
анализировать и оформлять результаты научно-исследовательской работы	ПК-8(Компетенция)	+						Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование" Контрольная работа/Тест 2
разрабатывать конечно-элементные модели оптимального конструирования	ПК-11(Компетенция)		+				+	Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Тест 1 Контрольная работа/Тест 2
осуществлять все этапы вычислительного эксперимента	ПК-11(Компетенция)	+						Коллоквиум/Коллоквиум Контрольная работа/Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование"

								Контрольная работа/Тест 1
--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------

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. Тест 1 (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

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

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум (Коллоквиум)

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.

В диплом выставляется оценка за 5 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. Бахвалов, Н. С. Численные методы : Учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков . – М. : Наука, 1987 . – 600 с.;
3. А. В. Диков, С. В. Степанова- "Математическое моделирование и численные методы", Издательство: "Пензенский государственный педагогический университет (ПГПУ)", Пенза, 2000 - (162 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=96973>.

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. Scilab;

7. 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	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-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-111, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	стол, стул, шкаф, книги, учебники, пособия
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 Тест 1 (Контрольная работа)

КМ-2 Тест 2 (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа "Основы ВМ, численное дифференцирование и интегрирование" (Контрольная работа)

КМ-4 Коллоквиум (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	6	8	10	14
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 нелинейных алгебраических уравнений					
3.1	Решение нелинейных алгебраических уравнений			+	+	+
4	Решение систем линейных алгебраических уравнений.					
4.1	Решение систем линейных 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	30	10	40