

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 2

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.11.05.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 99,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Коллоквиум	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

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 численных методов и алгоритмов в комбинации с задачами механики конструкций, для решения которых эти методы предназначены.

Задачи дисциплины

- познакомить учащихся с наиболее эффективными методами исследования прочности и надежности машин и конструкций, ориентируясь на применение компьютерных технологий;
- 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-6 умением собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии		знать: - основные этапы поиска, обработки и анализа информации с помощью программных продуктов. уметь: - анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.
ОПК-10 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности		знать: - методы численного решения краевых задач механики. уметь: - самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности.
ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и		знать: - методы расчетно-экспериментального анализа задач прикладной механики. уметь: - использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям		
ПК-4 готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний		<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы моделирования задач с начальными данными. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия.
ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации		<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные подходы конечно-элементного моделирования стационарных и нестационарных задач механики. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - критически относиться к получаемым результатам и рассуждениям оппонентов, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику.
ПК-6 способностью применять программные средства компьютерной		<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные программные средства для моделирования и анализа задач

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати		профессиональной деятельности. уметь: - анализировать и оформлять результаты научно-исследовательской работы.

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 Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Б1.Б.4 Высшая математика, Б1.Б.5 Информационные технологии, Б1.Б.8 Сопротивление материалов, Б1.В.ОД.7 Аналитическая динамика и теория колебаний», «Аналитическая динамика и теория колебаний» и учебно-производственной практике.

- уметь 1. Пользоваться численными методами, усвоенными в курсе Вычислительная механика
2. Программировать в системе Matlab

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 4 зачетных единицы, 144 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	Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций	32	6	8	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение расчетного задания "Исследование собственных частот и форм колебаний балки с упругими связями методом конечных элементов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 7-23	
1.1	Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций	32		8	-	4	-	-	-	-	-	20	-		
2	Численное решение задач с начальными данными	29		6	-	3	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение расчетного задания "Интегрирование уравнений движения механических систем методами Рунге-Кутты" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 447-466
2.1	Численное решение задач с начальными данными	29		6	-	3	-	-	-	-	-	-	20	-	
3	Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики	24		8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материала лекции "Решение нелинейных краевых задач методом линеаризации Ньютона" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 405-429
3.1	Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики	24		8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	
4	Введение в методы оптимизации	23	6	-	3	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение темы лекции "Постановка и	

	конструкций													решение задач безусловной минимизации"
4.1	Введение в методы оптимизации конструкций	23	6	-	3	-	-	-	-	-	14	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 323-400
	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		

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. Метод конечных элементов в задачах динамики машин и конструкций

1.1. 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..

2. Численное решение задач с начальными данными

2.1. 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..

3. Методы решения одномерных линейных и нелинейных задач механики

3.1. 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..

4. Введение в методы оптимизации конструкций

4.1. 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 задач динамики балочных конструкций методом конечных элементов;
2. Решение уравнений движения методами Рунге-Кутты;
3. Применение метода Ньютона для решения нелинейных краевых задач;
4. Постановка типичных задач оптимизации в механике .

Решение задач оптимизации с ограничениями..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультация по решению задачи о собственных колебаниях в системе Matlab
2. Применение программного обеспечения Matlab к решению уравнений движения механических систем

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Разбор примеров составления разностных схем для решения нелинейных дифференциальных уравнений с граничными условиями смешанного типа
2. Демонстрация работы симплексного метода отыскания минимума функции двух переменных. Программное обеспечение Matlab для решения оптимизационных задач.

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	
Знать:						
основные этапы поиска, обработки и анализа информации с помощью программных продуктов	ОПК-6(Компетенция)		+			Тестирование/Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций
методы численного решения краевых задач механики	ОПК-10(Компетенция)			+		Тестирование/Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций
методы расчетно-экспериментального анализа задач прикладной механики	ПК-3(Компетенция)				+	Коллоквиум/Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций
методы моделирования задач с начальными данными	ПК-4(Компетенция)		+			Тестирование/Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций
основные подходы конечно-элементного моделирования стационарных и нестационарных задач механики	ПК-5(Компетенция)		+			Контрольная работа/Расчет динамики балок методом конечных элементов
основные программные средства для моделирования и анализа задач профессиональной деятельности	ПК-6(Компетенция)			+		Контрольная работа/Расчет динамики балок методом конечных элементов
Уметь:						
анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	ОПК-6(Компетенция)	+				Контрольная работа/Расчет динамики балок методом конечных элементов
самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности	ОПК-10(Компетенция)			+		Тестирование/Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций

использовать информацию о новых компьютерных технологиях для выбора пути исследования прочности и надежности машин и оборудования	ПК-3(Компетенция)	+				Контрольная работа/Расчет динамики балок методом конечных элементов
разрабатывать расчетные модели для анализа реакции объектов современной техники на различного рода воздействия	ПК-4(Компетенция)				+	Коллоквиум/Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций
критически относиться к получаемым результатам и рассуждениям оппонентов, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику	ПК-5(Компетенция)	+				Тестирование/Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций
анализировать и оформлять результаты научно-исследовательской работы	ПК-6(Компетенция)				+	Коллоквиум/Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций Контрольная работа/Расчет динамики балок методом конечных элементов

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

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

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций (Коллоквиум)
2. Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

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. 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>;
2. Радин, В. П. Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов / В. П. Радин, Ю. Н. Самогин, В. П. Чирков . – М. : Физматлит, 2013 . – 316 с. - ISBN 978-5-9221-1485-1 ..

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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-402, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, доска маркерная
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. "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 2

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест. Численный расчет собственных частот и форм колебаний конструкций (Тестирование)

КМ-2 Расчет динамики балок методом конечных элементов (Контрольная работа)

КМ-3 Коллоквиум по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений и оптимизации конструкций (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	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