

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоэнергетика и теплотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	5 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	5 семестр - 39,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Коллективное задание	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	5 семестр - 0,3 часа;

Москва 2022

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	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: подготовка специалистов в области расчетов и экспериментального исследования конструкций и оборудования тепловой энергетики на прочность, жесткость и устойчивость..

Задачи дисциплины

- ознакомить обучающихся с расчетами конструктивных элементов, обеспечивающих высокую надежность и эффективную эксплуатацию оборудования и узлов энергетики с помощью метода конечных элементов;
- дать информацию о рациональном выборе конструкционных материалов для оборудования, работающего в условиях различных температурных и/или силовых и радиационных воздействий.

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-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники	ИД-1 _{ПК-1} Выполняет моделирование физических и механических процессов в энергетическом оборудовании с применением систем автоматизированного проектирования	знать: - теоретические основы метода конечных элементов; - основные возможности пакета прикладных программ ANSYS. уметь: - выполнять расчеты конструкций на устойчивость; - выполнять практические расчеты сложных стержневых конструкций на прочность и жесткость; - выполнять практические расчеты пластин и оболочек на прочность и жесткость; - выполнять практические расчеты на прочность и жесткость объемных тел произвольной формы; - выполнять динамические расчеты конструкций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплоэнергетика и теплотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы сопротивления материалов
- знать основы программирования
- уметь выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость для простейших конструкций

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 2 зачетных единицы, 72 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	Теоретические основы метода конечных элементов	6	5	-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теоретические основы метода конечных элементов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 4-25</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основы работы в ANSYS". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Составить модель механической системы состоящей из стержневых элементов</p>
1.1	Основы МКЭ	6		-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	
2	Основы работы в ANSYS	6		-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	
2.1	Знакомство с препроцессором	6		-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	
3	Расчеты на прочность и жесткость	27		-	-	16	-	-	-	-	-	11	-	
3.1	Стержневые системы	6		-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	
3.2	Пластины	7		-	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
3.3	Оболочки	7		-	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
3.4	Объемное тело	7	-	-	4	-	-	-	-	-	3	-		

													прочность и жесткость стержневой конструкции Расчет на прочность и жесткость пластины Расчет на прочность и жесткость оболочки Расчет на прочность и жесткость объемного тела <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 61-163 [3], 11-53 [4], 16-70, 71-98
4	Динамические расчеты	8	-	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Динамические расчеты". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет собственных частот и форм колебаний заданной конструкции <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 32-172
4.1	Динамические расчеты	8	-	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
5	Расчет на устойчивость	7	-	-	4	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Расчет на устойчивость". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет конструкции на устойчивость <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 212-238
5.1	Расчет на устойчивость	7	-	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	72.0	-	-	32	-	-	-	-	0.3	22	17.7	
	Итого за семестр	72.0	-	-	32	-	-	-	-	0.3	39.7		

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. Теоретические основы метода конечных элементов

1.1. Основы МКЭ

Основные понятия. Матрица жесткости элемента. Матрица жесткости конструкции. Учет граничных условий. Анализ результатов..

2. Основы работы в ANSYS

2.1. Знакомство с препроцессором

Построение геометрической модели конструкции. Построение точки, линии, поверхности, объемного тела. Задание механических характеристик материала. Выбор типа конечного элемента и его характеристик..

3. Расчеты на прочность и жесткость

3.1. Стержневые системы

Построение модели стержневой системы. Задание граничных условий и приложение нагрузок. Решение и просмотр результатов..

3.2. Пластины

Построение модели пластины. Задание граничных условий и приложение нагрузок. Решение и просмотр результатов..

3.3. Оболочки

Построение модели оболочки. Задание граничных условий и приложение нагрузок. Решение и просмотр результатов..

3.4. Объемное тело

Построение модели объемного тела. Задание граничных условий и приложение нагрузок. Решение и просмотр результатов..

4. Динамические расчеты

4.1. Динамические расчеты

Расчет собственных частот и форм колебаний. Решение и просмотр результатов..

5. Расчет на устойчивость

5.1. Расчет на устойчивость

Определение критических нагрузок. Формы потери устойчивости..

3.3. Темы практических занятий

1. препроцессор;
2. расчет на устойчивость;
3. динамический расчет;
4. объемное тело;
5. расчет пластин и оболочек;
6. расчет стержневых систем;
7. типы конечных элементов;

8. основы МКЭ.

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теоретические основы метода конечных элементов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы работы в ANSYS"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты на прочность и жесткость"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Динамические расчеты"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет на устойчивость"

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	
Знать:							
основные возможности пакета прикладных программ ANSYS	ИД-1 _{ПК-1}		+				Коллективное задание/Теоретические основы метода конечных элементов
теоретические основы метода конечных элементов	ИД-1 _{ПК-1}	+		+			Коллективное задание/Препроцессор
Уметь:							
выполнять динамические расчеты конструкций	ИД-1 _{ПК-1}				+		Коллективное задание/динамический расчет и расчет на устойчивость
выполнять практические расчеты на прочность и жесткость объемных тел произвольной формы	ИД-1 _{ПК-1}			+			Коллективное задание/Препроцессор
выполнять практические расчеты пластин и оболочек на прочность и жесткость	ИД-1 _{ПК-1}			+			Коллективное задание/статический расчет стержневых систем и пластин
выполнять практические расчеты сложных стержневых конструкций на прочность и жесткость	ИД-1 _{ПК-1}	+					Коллективное задание/Теоретические основы метода конечных элементов
выполнять расчеты конструкций на устойчивость	ИД-1 _{ПК-1}					+	Коллективное задание/динамический расчет и расчет на устойчивость

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: Компьютерное задание

1. динамический расчет и расчет на устойчивость (Коллективное задание)
2. Препроцессор (Коллективное задание)
3. статический расчет стержневых систем и пластин (Коллективное задание)
4. Теоретические основы метода конечных элементов (Коллективное задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной 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. Самогин, Ю. Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов : учебное пособие для вузов по дисциплинам "Сопротивление материалов", "Механика материалов и конструкций" / Ю. Н. Самогин, В. Е. Хроматов, В. П. Чирков ; ред. В. П. Чирков ; М-во образования и науки РФ . – М. : Физматлит, 2012 . – 200 с. - ISBN 978-5-9221-1380-9 .;
2. Самогин, Ю. Н. Метод конечных элементов в динамических расчетах турбомашин : учебное пособие для вузов по направлению "Энергетическое машиностроение" / Ю. Н. Самогин, С. А. Серков, В. П. Чирков ; ред. В. П. Чирков ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Физматлит, 2016 . – 212 с. - ISBN 978-5-9221-1681-7 .;
3. 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 .;
4. Голованов А. И., Тюленева О. Н., Шигабутдинов А. Ф.- "Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2006 - (389 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50293.

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. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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>
7. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ш-205, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-205, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий
Помещения для самостоятельной работы	Ш-205, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107/2, Склад учебного инвентаря Ш-107/2	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Моделирование напряженно-деформированного состояния**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Теоретические основы метода конечных элементов (Коллективное задание)

КМ-2 Препроцессор (Коллективное задание)

КМ-3 статический расчет стержневых систем и пластин (Коллективное задание)

КМ-4 динамический расчет и расчет на устойчивость (Коллективное задание)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	6	10	13	15
1	Теоретические основы метода конечных элементов					
1.1	Основы МКЭ		+	+		
2	Основы работы в ANSYS					
2.1	Знакомство с препроцессором		+			
3	Расчеты на прочность и жесткость					
3.1	Стержневые системы			+	+	
3.2	Пластины			+	+	
3.3	Оболочки			+	+	
3.4	Объемное тело			+	+	
4	Динамические расчеты					
4.1	Динамические расчеты					+
5	Расчет на устойчивость					
5.1	Расчет на устойчивость					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25