МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.03.10 «Численные методы расчета в инженерных задачах»

Код и направление подготовки (специальность)	23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
Направленность (профиль)	Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Теоретическая и общая электротехника"
Кафедра-разработчик	кафедра "Механика"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

Самара 2025

Б1.О.03.10 «Численные методы расчета в инженерных задачах»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 1470 от 14.12.2015 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат технических наук, доцент (должность, степень, ученое звание)	И.Е Адеянов (ФИО)
Заведующий кафедрой	Я.М. Клебанов, доктор технических наук, профессор (ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	Ю.В Зубков, доктор технических наук, доцент (ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	С.А. Пилипенко, кандидат исторических наук (ФИО, степень, ученое звание)
Заведующий выпускающей кафедрой	В.Н. Козловский, доктор технических наук, профессор (ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 5
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 6
4.2 Содержание лабораторных занятий 8
4.3 Содержание практических занятий 9
4.4. Содержание самостоятельной работы 10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 13
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 13
9. Методические материалы 13
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 15

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знать: основы математического анализа и моделирования в сфере профессиональной деятельности	Знать основные принципы компьютерного моделирования технических процессов
		ОПК-1.2 Уметь: применять естественно-научные и общеинженерные знания в сфере профессиональной деятельности	Уметь разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач
		ОПК-1.3 Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Владеть навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов
	ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знать: принципы работы современных информационных технологий, используемые для решения задач профессиональной направленности	Знать основные принципы компьютерного моделирования технических процессов
		ОПК-4.2 Уметь: определять потребность в информационном обеспечении для решения задач профессиональной направленности	Уметь разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач
		ОПК-4.3 Владеть: навыками использования информационных технологий и программных продуктов при решении задач профессиональной направленности	Владеть навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **базовая часть**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ОПК-1	Математика; Материаловедение и технология конструкционных материалов; Прикладная механика; Теоретические основы применения химических реагентов на автомобильном транспорте; Физика; Химия	Математика; Прикладная механика	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Основы теории надежности и работоспособности технических систем
ОПК-4	Введение в информационные технологии; Инженерная и компьютерная графика		Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Основы проектирования агрегатов автомобилей

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	3 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	48	48
Лабораторные работы	32	32
Лекции	16	16
Внеаудиторная контактная работа, КСР	3	3
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	57	57
подготовка к лабораторным работам	39	39
составление конспектов	18	18
Итого: час	108	108
Итого: з.е.	3	3

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Основы МКЭ	2	2	0	1	5
2	МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	2	6	0	3	11
3	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	8	16	0	27	51
4	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	4	8	0	26	38
	КСР	0	0	0	0	3
	Итого	16	32	0	57	108

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
3 семестр				
1	Основы МКЭ	Введение в МКЭ	МКЭ как метод решения задач математической физики. Основная идея метода. Степени свободы. Порядок аппроксимации. Граничные и начальные условия. Понятие матрицы жесткости. Разрешающие уравнения и методы их решения. ANSYS как система компьютерного инженерного анализа (CAE-система). Обзор возможностей ANSYS. Этапы решения задачи. Матрицы и операции над ними. Определение понятия «матрица». Виды матриц. Операции над матрицами. Использование матриц.	2
2	МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	Прочностной расчет фермы	КЭ для расчета фермы. Прямое построение модели и разбиение геометрической модели. Основные матрицы и соотношения для КЭ. Система уравнений МКЭ для решения задачи. Определение перемещений, реакций, сил, напряжений в стержнях. КЭ для расчета балок. Построение геометрической модели и её разбиение. Основные матрицы и соотношения для КЭ. Система уравнений МКЭ для решения задачи. Анализ результатов решения.	2

3	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Решение плоской задачи теории упругости	Плоское напряжённое состояние и плоское деформированное состояние. Треугольный КЭ. Основные матрицы и соотношения для треугольного КЭ. Обоснование системы разрешающих уравнений на базе принципа возможных перемещений. Приведение распределённых нагрузок к узловым. Решение системы уравнений МКЭ, определение перемещений, реакций, деформаций и напряжений. Прямоугольный КЭ. Изопараметрические элементы	2
4	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Решение трехмерной упругой задачи	Объемное напряженное состояние. Тензор напряжения. Трёхмерные КЭ. Построение геометрической модели и её разбиение. Основные матрицы, соотношения, процедуры и результаты.	2
5	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Расчет оболочечных конструкций	Элементы технической теории пластин. Конечные элементы для моделирования изгибаемых пластин. Построение геометрической модели и её разбиение. Основные процедуры, матрицы, соотношения и результаты.	2
6	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Решение осесимметричных и контактных задач теории упругости	Осесимметричные КЭ. Построение геометрической модели и её разбиение. Основные матрицы, соотношения, процедуры и результаты. Контактные задачи в механике. Основные понятия и термины. Контактные КЭ. Методы определения контактов.	2
7	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Решение задач динамики	Особенности моделирования динамики. Силы инерции. Силы вязкого сопротивления. Внешние переменные силы. Матричное дифференциальное уравнение движения. Матрица масс. Матрица демпфирования. Модальный анализ. Собственные частоты и формы колебаний. Прямое (пошаговое) интегрирование матричного дифференциального уравнения движения. Учёт граничных и начальных условий. Полный динамический анализ. Интегрирование методом разложения по собственным формам.	2
8	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Решение задач теплообмена	Основы теории теплопроводности. Вариационная постановка. КЭ для задачи теплопроводности . Основные матрицы и соотношения для КЭ. Граничные условия в тепловой задаче. Решение стационарной тепловой задачи	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лабораторного занятия	Содержание лабораторного занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
3 семестр				
1	Основы МКЭ	Основы работы в Ansys Workbench	Графический интерфейс Ansys Workbench. Создание и работа с проектом. Блоки инженерного анализа. Модуль для управления материалами, геометрический модуль Design Modeler. Интерфейс модуля Ansys Mechanical.	2
2	МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	Расчет статически неопределимой рамы (общий вариант расчета)	Построение геометрической модели рамы, приложение граничных условий. Определение перемещений, реакций в опорах, сил и напряжений в балках рамы	2
3	МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	Расчет статически неопределимой рамы (индивидуальное задание)	Расчет рамы (индивидуальное задание)	2
4	МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	Расчет статически неопределимой рамы (индивидуальное задание)	Расчет рамы (индивидуальное задание): определение перемещений, реакций в опорах, сил и напряжений в балках рамы. Подготовка результатов для отчета о лабораторной работе	2
5	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Расчет НДС плоской пластины (общий вариант расчета)	Расчет НДС пластины (общий вариант расчета): построение геометрической модели пластины, создание КЭ-модели, приложение граничных условий, получение численного решения, определение перемещений, деформаций и напряжений в пластине	2
6	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Расчет НДС плоской пластины (индивидуальное задание)	Расчет НДС пластины (индивидуальное задание). Подготовка результатов для отчета о лабораторной работе	2
7	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Расчет НДС трехмерной детали (общий вариант расчета)	Расчет НДС трехмерной детали (общий вариант расчета): построение геометрической модели детали, создание КЭ-модели, приложение граничных условий, получение численного решения, определение перемещений, деформаций и напряжений	2
8	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Расчет НДС трехмерной детали (индивидуальное задание)	Расчет НДС трехмерной детали (индивидуальное задание). Подготовка результатов для отчета о лабораторной работе	2

9	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Расчет НДС оболочечной конструкции (общий вариант расчета)	Расчет НДС оболочечной конструкции (общий вариант расчета): построение геометрической модели, создание КЭ□модели, приложение граничных условий, получение численного решения, определение перемещений, деформаций и напряжений	2
10	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Расчет НДС оболочечной конструкции (индивидуальное задание)	Расчет НДС оболочечной конструкции (индивидуальное задание). Подготовка результатов для отчета о лабораторной работе	2
11	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Контактная задача с осевой симметрией (общий вариант расчета)	Решение контактной задачи (общий вариант расчета): построение геометрической модели детали, создание КЭ-модели, моделирование контактных условий, приложение граничных условий, получение численного решения, определение перемещений, деформаций и напряжений	2
12	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Контактная задача с осевой симметрией (индивидуальное задание)	Решение контактной задачи (индивидуальное задание). Подготовка результатов для отчета о лабораторной работе	2
13	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Динамический анализ конструкции (общий вариант расчета)	Расчет динамического воздействия на конструкцию (общий вариант расчета): построение геометрической модели, создание КЭ-модели, приложение граничных условий, получение численного решения, определение перемещений, деформаций и напряжений	2
14	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Динамический анализ конструкции (индивидуальное задание)	Динамический анализ конструкции (индивидуальное задание). Подготовка результатов для отчета о лабораторной работе	2
15	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Решение задачи стационарной теплопроводности (общий вариант расчета)	Решение тепловой задачи (общий вариант расчета): построение геометрической модели, создание КЭ□модели, приложение граничных условий, получение численного решения, определение температуры	2
16	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Решение задачи стационарной теплопроводности (индивидуальное задание)	Решение тепловой задачи (индивидуальное задание). Подготовка результатов для отчета о лабораторной работе	2
			Итого за семестр:	**32**
			Итого:	**32**

4.3 Содержание практических занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
3 семестр			
Основы МКЭ	Подготовка конспектов	Возможности актуальной версии программного комплекса ANSYS.	1
МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	Подготовка конспектов	Вывод поперечных сил и изгибающих моментов для элементов рамы	1
МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка отчета о лабораторной работе (расчет рамы), в котором представлены: постановка задачи, геометрическая модель, КЭ-модель, приложенные граничные условия, полученные результаты расчета (в числовой и/или графической форме)	2
МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Подготовка конспектов	Моделирование нелинейных свойств материалов в Ansys. Модели упрочнения	2
МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка отчета о лабораторной работе (плоская пластина), в котором представлены: постановка задачи, геометрическая модель, КЭ-модель, приложенные граничные условия, полученные результаты расчета (в числовой и/или графической форме)	6
МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка отчета о лабораторной работе (трехмерная деталь), в котором представлены: постановка задачи, геометрическая модель, КЭ-модель, приложенные граничные условия, полученные результаты расчета (в числовой и/или графической форме)	6
МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка отчета о лабораторной работе (оболочечная конструкция), в котором представлены: постановка задачи, геометрическая модель, КЭ□модель, приложенные граничные условия, полученные результаты расчета (в числовой и/или графической форме)	6
МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Подготовка конспектов	Особенности контактных моделей в Ansys	1

МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка отчета о лабораторной работе (контактная задача), в котором представлены: постановка задачи, геометрическая модель, КЭ-модель, приложенные граничные условия, полученные результаты расчета (в числовой и/или графической форме)	6
МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Подготовка конспектов	Расчет собственных частот конструкции (модальный анализ)	7
МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка отчета о лабораторной работе (динамический анализ), в котором представлены: постановка задачи, геометрическая модель, КЭ□модель, приложенные граничные условия, полученные результаты расчета (в числовой и/или графической форме)	6
МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Подготовка конспектов	Цели и задачи гармонического анализа. Методы решения уравнений МКЭ. Результаты гармонического анализа	7
МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка отчета о лабораторной работе (тепловая задача), в котором представлены: постановка задачи, геометрическая модель, КЭ-модель, приложенные граничные условия, полученные результаты расчета (в числовой и/или графической форме)	6
		Итого за семестр:	**57**
		Итого:	**57**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Бруяка, В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench : учеб.пособие / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева; Самар.гос.техн.ун-т, ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс», Механика.- Самара, 2013.- 149 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||844	Электронный ресурс
2	Галлагер, Р. Методы конечных элементов : Основы:Пер.с англ. / Под ред.Н.В.Баничука.- М., Мир, 1984.- 428 с.	Книжный фонд
3	Инженерный анализ в ANSYS Workbench : учеб.пособие / В. А. Бруяка [и др.]; Самар.гос.техн.ун-т, Механика.- Самара, 2010.- 284 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||1670	Электронный ресурс
4	Норри, Д. Введение в метод конечных элементов : Пер.с англ. / Д.Норри,Ж.де Фриз.- М., Мир, 1981.- 304 с.	Книжный фонд

Дополнительная литература		
5	Гаспарова, Л.Б. Использование метода конечных элементов при проектировании технологического оборудования : учеб. пособие / Л. Б. Гаспарова, О. Ю. Казакова; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2011.- 120 с.	Книжный фонд
6	Горелов, В.Н. Проектирование деталей машин с использованием программного комплекса ANSYS : учеб.-метод.пособие / В. Н. Горелов, А. Н. Лукьянова; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2011.- 69 с.	Книжный фонд
7	Деклу, Жан Метод конечных элементов : Пер.с фр. / Под ред.Н.Н.Яненко.- М., Мир, 1976.- 95 с.	Книжный фонд
8	Крылов, О.В. Метод конечных элементов и его применение в инженерных расчетах : Учеб.пособие / О. В. Крылов.- М., Радио и связь, 2002.- 104 с.	Книжный фонд
9	Лукьянова, А.Н. Моделирование контактного взаимодействия деталей : учеб. пособие / А. Н. Лукьянова; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2012.- 86 с.	Книжный фонд
10	Лукьянова, А.Н. Моделирование контактной задачи с помощью программы ANSYS : учеб.-метод.пособие / А. Н. Лукьянова; Самар.гос.техн.ун-т, Механика.- Самара, 2010.- 54 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||1671	Электронный ресурс
11	Холопов, И.С. Расчет плоских конструкций методом конечного элемента : учебное пособие / И. С. Холопов, И. В. Лосева; Самарский государственный технический университет, Самарский государственный архитектурно-строительный университет.- Самара, 2014.- 102 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||4905	Электронный ресурс
12	Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров : Справ.пособие / А.В.Чигарев,А.С.Кравчук,А.Ф.Смалюк.- М., МашиностроениеМ., Машиностроение-1, 2004.- 511 с.	Книжный фонд
Учебно-методическое обеспечение		
13	Расчет с помощью программы ANSYS балок и рам : метод. указания и задания к лаб.работе № 3 / Самар.гос.техн.ун-т, Механика; сост. В. Г. Фокин.- Самара, 2010.- 21 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||592	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	ANSYS	Ansys Inc (USA) (Зарубежный)	Лицензионное
2	Open Office	Sun Microsystems (USA) (Зарубежный)	Свободно распространяемое

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	ANSYS	http://cae-expert.ru/	Ресурсы открытого доступа
2	Клуб пользователей ANSYS	http://www.cae-club.ru/	Ресурсы открытого доступа
3	Сайт кафедры «Механика»	meh.samgtu.ru	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Аудитория, оснащенная оборудованием для демонстрации слайдов в электронном (проектор, интерактивная доска) или печатном (документ-камера) виде.
Комплект слайдов по темам курса в электронном (или печатном) виде

Лабораторные занятия

Компьютерный класс, оснащенный ПК (в количестве не менее 15 шт) с операционной системой Windows (версия не ниже XP), доступом к сети Интернет и локальной сети СамГТУ (для связи в сервером лицензий), установленным ПО Ansys (версия не ниже 14.5), пакет офисных приложений Open Office

Самостоятельная работа

Личный стационарный ПК, либо ноутбук/планшет/смартфон с доступом в сеть Интернет.
Учетная запись в АИС "Университет" (для доступа к электронным библиотечным ресурсам)

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить

полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.О.03.10 «Численные методы расчета в инженерных задачах»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.О.03.10 «Численные методы расчета в инженерных задачах»

Код и направление подготовки (специальность)	23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
Направленность (профиль)	Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Теоретическая и общая электротехника"
Кафедра-разработчик	кафедра "Механика"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знать: основы математического анализа и моделирования в сфере профессиональной деятельности	Знать основные принципы компьютерного моделирования технических процессов
		ОПК-1.2 Уметь: применять естественно-научные и общеинженерные знания в сфере профессиональной деятельности	Уметь разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач
		ОПК-1.3 Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Владеть навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов
	ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знать: принципы работы современных информационных технологий, используемые для решения задач профессиональной направленности	Знать основные принципы компьютерного моделирования технических процессов
		ОПК-4.2 Уметь: определять потребность в информационном обеспечении для решения задач профессиональной направленности	Уметь разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач
		ОПК-4.3 Владеть: навыками использования информационных технологий и программных продуктов при решении задач профессиональной направленности	Владеть навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Основы МКЭ				
ОПК-1.1 Знать: основы математического анализа и моделирования в сфере профессиональной деятельности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-1.2 Уметь: применять естественно-научные и общеинженерные знания в сфере профессиональной деятельности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-1.3 Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.1 Знать: принципы работы современных информационных технологий, используемые для решения задач профессиональной направленности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.2 Уметь: определять потребность в информационном обеспечении для решения задач профессиональной направленности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.3 Владеть: навыками использования информационных технологий и программных продуктов при решении задач профессиональной направленности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций				

ОПК-1.1 Знать: основы математического анализа и моделирования в сфере профессиональной деятельности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-1.2 Уметь: применять естественно-научные и общеинженерные знания в сфере профессиональной деятельности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-1.3 Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.1 Знать: принципы работы современных информационных технологий, используемые для решения задач профессиональной направленности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.2 Уметь: определять потребность в информационном обеспечении для решения задач профессиональной направленности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.3 Владеть: навыками использования информационных технологий и программных продуктов при решении задач профессиональной направленности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости				
ОПК-1.1 Знать: основы математического анализа и моделирования в сфере профессиональной деятельности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-1.2 Уметь: применять естественно-научные и общеинженерные знания в сфере профессиональной деятельности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет

ОПК-1.3 Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.1 Знать: принципы работы современных информационных технологий, используемые для решения задач профессиональной направленности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.2 Уметь: определять потребность в информационном обеспечении для решения задач профессиональной направленности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.3 Владеть: навыками использования информационных технологий и программных продуктов при решении задач профессиональной направленности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
МКЭ для решения задач динамики и теплообмена				
ОПК-1.1 Знать: основы математического анализа и моделирования в сфере профессиональной деятельности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-1.2 Уметь: применять естественно-научные и общеинженерные знания в сфере профессиональной деятельности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-1.3 Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет

ОПК-4.1 Знать: принципы работы современных информационных технологий, используемые для решения задач профессиональной направленности	**Знать** основные принципы компьютерного моделирования технических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.2 Уметь: определять потребность в информационном обеспечении для решения задач профессиональной направленности	**Уметь** разрабатывать расчетные модели для решения прикладных инженерных задач	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет
ОПК-4.3 Владеть: навыками использования информационных технологий и программных продуктов при решении задач профессиональной направленности	**Владеть** навыками работы в программных комплексах моделирования физических процессов	Отчет о лабораторной работе	Да	Нет

Тестовые задания для промежуточной аттестации

по дисциплине Б1.О.03.12 «Численные методы расчета в инженерных задачах»

для направления 23.03.03 Эксплуатация транспортно технологических машин и комплексов

профили: Сервис транспортных и транспортно технологических машин и оборудования

год приема на образовательную программу 2026

Контролируемые компетенции:

ОПК-1 Способность применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;
ОПК-4: способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

Номер зада-ния	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
ОПК-1 Способность применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности				
1.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Что такое "Метод конечных элементов"? A) Это метод шифрования данных, при котором информация разбивается на мелкие блоки (элементы) для повышения криптостойкости; B) Это численный метод решения дифференциальных уравнений в частных производных, основанный на разбиении области на множество малых непересекающихся подобластей; C) Это способ организации компьютерной памяти, при котором адресное пространство разбивается на сегменты фиксированного размера для ускорения доступа к данным; D) Это метод сортировки массивов данных, при котором элементы последовательно сравниваются и группируются по убыванию или возрастанию.	B	Основы МКЭ.	3
2.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Что такое степени свободы? A) Независимые координаты, необходимые для однозначного определения положения механической системы в пространстве; B) Максимальное количество энергии, которое система может передать внешней среде за один цикл колебаний; C) Возможные траектории движения тела при отсутствии внешних сил, выраженное в градусах угловой меры; D) Сумма всех внутренних сил системы, деленная на количество материальных точек, входящих в эту систему.	A	Основы МКЭ	3
3.	Прочитайте вопрос и выберите верный ответ: Из чего состоит конечно-элементная сетка? A) Из слоев и градиентов; B) Из контрольных объемов и граней контрольных объемов; C) Из сплайнов и NURBS-кривых;	D	Основы МКЭ	3

	D) Из узлов и элементов.			
4.	Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа: Что является преимуществами метода конечных элементов? A) Способность точно решать задачи на телах сложной геометрической формы; B) Естественный и простой учет неоднородных свойств материала; C) Получение аналитического (точного) решения в замкнутой форме без дискретизации по пространству; D) Не требует задания граничных условий и всегда сходится к решению при любой сетке.	A, B	Основы МКЭ	3
5.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какие функции используются для определения перемещений в элементах? A) Функции Грина; B) Функции Бесселя; C) Функции формы; D) Непрерывные во всей модели функции.	C	Основы МКЭ	3
6.	Прочитайте вопрос и укажите правильную последовательность: Алгоритм МКЭ включает следующую последовательность шагов: A) Выбор аппроксимирующих функций; B) Формулирование локальных матриц и векторов для элемента; C) Определение геометрии области, физических свойств материала, нагрузок и закреплений; D) Решение СЛАУ; E) Создание конечно-элементной модели; F) Сборка глобальной системы; G) Учет граничных условий; H) Анализ результатов.	C, E, A, B, F, G, D, H	Основы МКЭ	3
7.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Прямой стержень разбит на три одномерных элемента. Каждый элемент включает 2 узла с 2-мя степенями свободы в каждом узле. Сколько степеней свободы содержит вся конечно-элементная модель стержня? A) 6; B) 8; C) 4; D) 12.	B	Основы МКЭ	3
8.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какие функции используются обычно в качестве аппроксимирующих в МКЭ? A) Полиномы; B) Экспоненциальные; C) Тригонометрические; D) Дельта-функции Дирака.	A	Основы МКЭ	3
9.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: При решении статической задачи, что входит в состав уравнения жесткости конечного элемента? A) Матрица жесткости элемента; B) Вектор узловых неизвестных; C) Матрица демпфирования элемента; D) Вектор узловых нагрузок.	C	Основы МКЭ	3
10.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ:	C	Основы МКЭ	3

	Метод конечных элементов может быть использован для решения следующих задач: A) Расчет напряженно-деформированного состояния твердых тел и конструкций; B) Моделирование процессов теплопередачи и распределения температурных полей; C) Получение точных аналитических решений дифференциальных уравнений в замкнутой форме; D) Анализ электромагнитных полей и волновых процессов в сплошных средах.			
11.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Где конечные элементы взаимодействуют друг с другом? A) По общим границам; B) В общих узлах; C) В областях наложения конечных элементов; D) По общим границам, в общих узлах и в областях наложения конечных элементов.	B	Основы МКЭ	3
12.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: На что влияет изменение размеров конечных элементов в расчетной модели? A) На физические свойства материала конструкции; B) На точность результатов расчета; C) На время выполнения расчета; D) На общее количество степеней свободы в глобальной системе уравнений.	A	Основы МКЭ	3
13.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: От чего зависит число степеней свободы в узле конечного элемента? A) От общего количества узлов в сетке; B) От количества подшагов в расчете; C) От физических свойств материала элемента; D) От типа решаемой физической задачи и вида конечного элемента.	D	Основы МКЭ	3
14.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Чему может быть равно число степеней свободы модели, состоящей из 4-ех однотипных элементов и 9-ти узлов? A) 4; B) 12; C) 18; D) 24.	C	Основы МКЭ	3
15.	Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа: Сколько однотипных узлов может содержать конечно-элементная модель, имеющая 100 степеней свободы? A) 25; B) 30; C) 50; D) 55.	A, C	Основы МКЭ	3
16.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Где функция формы принимает значение «1»? A) Во всех узлах конечного элемента; B) Во всей области конечного элемента, кроме узлов; C) В одном из узлов конечного элемента; D) Во всех узлах конечного элемента, кроме одного.	C	Основы МКЭ	3
17.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Где функция формы принимает значение «0»? A) Во всех узлах конечного элемента; B) Во всей области конечного элемента, кроме узлов;	D	Основы МКЭ.	3

	C) В одном из узлов конечного элемента; D) Во всех узлах конечного элемента, кроме одного.			
18.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: Матрица жесткости конечного элемента: A) Квадратная; B) Ленточная; C) Несимметричная; D) Положительно определенная.	C	МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	3
19.	Впишите пропущенное в предложении слово: Система стержней, жестко связанных между собой - …	рама	МКЭ для расчета стержневых и балочных конструкций	3
20.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: Конечные элементы какой формы обычно используются при расчете объемных тел? A) Объемные шестигранники; B) Эллипсоиды; C) Тетраэдры; D) Призмы.	B	МКЭ для решения плоских и пространственных задач теории упругости	3
ОПК-4 Способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности				
21.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: В чем особенности решения осесимметричной задачи методом конечных элементов? A) Используются специальные осесимметричные конечные элементы, в которых интегрирование ведется по кольцевому объему с учетом множителя $2\pi r$ в подынтегральных выражениях; B) Используется трехмерная сетка в декартовой системе координат (x,y,z), а осевая симметрия учитывается введением специальных граничных условий на оси z; C) Все величины (перемещения, температуры, напряжения) не зависят от угловой координаты θ, и задача решается в цилиндрической системе координат (r, z) для меридионального сечения; D) Матрица жесткости элемента получается интегрированием по площади сечения с весовым множителем r (радиус), что приводит к зависимости от радиальной координаты даже для изопараметрических элементов.	B	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
22.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Для какой из перечисленных физических задач корректно применять осесимметричную постановку в методе конечных элементов? A) Теплопроводность в толстостенной цилиндрической трубе, нагреваемой равномерно по внутренней поверхности по окружности; B) Растяжение призматического стержня прямоугольного сечения вдоль его оси; C) Трехмерное деформирование куба при несимметричной нагрузке по одной грани; D) Изгиб консольной балки прямоугольного сечения поперечной нагрузкой в одной плоскости.	A	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
23.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: Отличия симметричного контакта от несимметричного	C	МКЭ для решения	3

	контакта: A) При симметричном контакте обе контактирующие поверхности считаются одинаково «активными»: матрица жесткости и контактные условия формируются одновременно для обоих тел, что приводит к симметричной глобальной матрице. При несимметричном контакте одна поверхность назначается «ведущей», другая — «ведомой», что нарушает симметрию матрицы; B) В симметричном контакте алгоритм поиска контактных пар точек выполняется в обе стороны (каждый узел может быть и ведущим, и ведомым), что требует больше вычислений, но дает лучшую сходимость. В несимметричном контакте проверка проникновения ведется только от узлов ведомой поверхности к элементам ведущей, что упрощает расчет, но может снизить точность; C) Симметричный контакт используется только для твердых тел, а несимметричный — только для жидких сред. При этом в симметричном контакте коэффициент трения всегда выше, чем в несимметричном, что влияет на выбор метода решения; D) При симметричном контакте контактные силы между двумя телами вычисляются как пара «действие-противодействие» одновременно для обеих сторон, что обеспечивает строгое выполнение законов Ньютона. При несимметричном контакте контактные силы прикладываются только к ведомой поверхности, а ведущая считается абсолютно жесткой или не деформируемой в рамках итерации, что может нарушать баланс сил.		задач динамики и теплообмена	
24.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: В чем одна из основных особенностей контактных задач в методе конечных элементов по сравнению с обычными задачами прочности? A) Не требуется создание контактных элементов; B) Граничные условия задаются только в виде заданных перемещений по контуру модели; C) Используются только линейные упругие материалы без трения; D) Необходимо учитывать возможное изменение контактной области.	D	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
25.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Почему при моделировании контактных задач методом конечных элементов часто возникают трудности со сходимостью итерационного решения? A) Потому что МКЭ по определению не подходит для контактных задач; B) Из-за ошибок округления в вычислителе; C) Из-за нелинейности контактных условий, изменения контактной области и возможного трения; D) Только из-за слишком крупной конечной-элементной сетки.	C	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
26.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какова основная особенность контактной задачи в методе конечных элементов по сравнению с обычной задачей упругости?	B	МКЭ для решения задач динамики и	3

	A) Неизвестными становятся только перемещения внутри тела, а на границе они полностью заданы; B) Существует возможное взаимодействие двух (или более) тел через общую границу, где заранее неизвестно, будут ли они соприкасаться; C) Геометрия области всегда линейная, поэтому сетка не меняется; D) В контактных задачах метод конечных элементов не применяется, используют только аналитические решения.		теплообмена	
27.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какой из перечисленных подходов является распространенным способом учета контактных условий в МКЭ на базовом уровне? A) Замена контактной задачи на задачу чистого растяжения с заданной нагрузкой; B) Игнорирование относительных перемещений тел на контактной поверхности; C) Введение дополнительной жесткости при пересечении контактных поверхностей; D) Использование более мелкой сетки без каких-либо дополнительных контактных формулировок.	C	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
28.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: При решении динамической задачи теории упругости, что входит в состав основной системы уравнений метода конечных элементов? A) Уравнения движения; B) Уравнения совместности деформаций Сен-Венана; C) Геометрические соотношения (связи деформаций с перемещениями); D) Физические уравнения (закон Гука).	B	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена .	3
29.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какое ключевое отличие динамической постановки задачи деформируемого твердого тела от статической в контексте метода конечных элементов? A) В динамике исключается учет демпфирования и сил вязкого сопротивления; B) В динамике изменяется только форма конечных элементов, матрица масс не вводится; C) В динамике используются только линейные материалы, а в статике — только нелинейные; D) В динамике учитываются инерционные члены, зависящие от ускорений узлов.	D	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
30.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Для чего вводится матрица масс в уравнениях динамики при моделировании деформируемых тел методом конечных элементов? A) Для связи узловых ускорений с инерционными силами в системе; B) Для учета геометрической нелинейности при больших перемещениях; C) Для моделирования вязкого демпфирования конструкции; D) Для описания упругих свойств материала и связи перемещений с силами.	A	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
31.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какое физическое явление в динамической задаче МКЭ	D	МКЭ для решения	3

	описывается матрицей демпфирования? A) Упругие деформации материала; B) Массу и инерционные свойства конструкции; C) Изменение геометрии конструкции при больших перемещениях; D) Рассеяние механической энергии системы, например за счет вязкого сопротивления.		задач динамики и теплообмена	
32.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: При решении стационарной задачи теплопроводности, что входит в состав основной системы уравнений МКЭ? A) Матрица масс; B) Матрица теплопроводности; C) Вектор тепловых нагрузок; D) Граничные условия.	A	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
33.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какую роль играют граничные условия первого рода (Дирихле) в МКЭ модели теплопроводности? A) Они задают распределение внутренних источников тепла; B) Они задают известные значения теплового потока на границе; C) Они задают известные значения температуры на границе; D) Они описывают конвективный теплообмен с окружающей средой.	C	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
34.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Для какой цели в задачах теплопроводности при МКЭ вводятся функции формы (базисные функции) внутри каждого элемента? A) Для описания временной зависимости температуры; B) Для вычисления коэффициента теплопроводности материала; C) Для задания случайных возмущений температуры; D) Для аппроксимации пространственного распределения температуры внутри элемента.	D	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
35.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Почему при решении задач теплопроводности МКЭ-сетку обычно сгущают в областях с большими градиентами температуры? A) Чтобы точнее аппроксимировать быстрые изменения температурного поля; B) Чтобы уменьшить влияние граничных условий; C) Чтобы матрица жесткости стала более разреженной; D) Чтобы уменьшить размер глобальной системы уравнений.	A	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
36.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: Какие модели материалов существуют в *ANSYS Workbench*? A) Линейно-упругая модель; B) Модель газовой подушки; C) Модель пластичности; D) Гиперупругая модель; E) Модель ползучести; F) Вязкоупругая модель.	B	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
37.	Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа: Какие константы материала относятся к линейно-упругим моделям?	B, C	МКЭ для решения задач	3

	A) Предел текучести; B) Модуль упругости; C) Коэффициент Пуассона; D) Касательный модуль.		динамики и теплообмена	
38.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Какие по форме элементы используются в плоских задачах в *ANSYS Workbench*? A) Круглые; B) Шестигранники; C) Трехмерные тетраэдры; D) Треугольные.	D	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
39.	Прочитайте вопрос и выберите правильный ответ: Что такое виртуальная топология в *ANSYS Workbench*? A) Это функция импорта из *CAD*-систем, которая автоматически исправляет ошибки исходной геометрии, такие как зазоры и пересечения граней, превращая поверхностную модель в твердотельную; B) Это процесс создания абсолютно новой геометрии внутри модуля *Mechanical* путем удаления исходных твердых тел и построения упрощенных «оболочек» для быстрых расчетов; C) Это инструмент для объединения мелких граней и ребер, а также для создания разбиений, который позволяет упростить геометрию для улучшения качества сетки, не изменяя при этом исходную *CAD*-модель; D) Это специальный тип граничных условий, который позволяет прикладывать нагрузку не ко всей поверхности, а только к виртуально выделенной ее части, без разбиения сетки.	C	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3
40.	Прочитайте вопрос и выберите неправильный ответ: Виды нагрузок в статическом анализе в *ANSYS Workbench*: A) Сила, момент, давление; B) Ускорение, вращательная скорость, гравитация; C) Закрепление, перемещение, температура; D) Скорость потока, расход, турбулентность.	D	МКЭ для решения задач динамики и теплообмена	3

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Метод конечных элементов (МКЭ). Определение. Особенности.
2. Дискретизация. Конечные элементы. Узлы.
3. Системы отсчета. Степени свободы.
4. Аппроксимация искомой функции с помощью функций формы.
5. Уравнения жесткости конечного элемента.
6. Уравнения равновесия всей модели.
7. Граничные условия.
8. Методы решения общей системы уравнений равновесия конечно-элементной модели.
9. Анализ результатов решения.
10. Составление векторов узловых сил и перемещений для фермы в местной и общей системах координат.
11. Функции формы для фермы.
12. Общее уравнение равновесия МКЭ для фермы. Общая матрица жесткости фермы. Учет связей.
13. Свойства матрицы жесткости.
14. Пример расчета фермы МКЭ. Алгоритм расчета.
15. Составление векторов узловых сил и перемещений для рамы.
16. Блочная матрица жесткости стержневого элемента.
17. Общее уравнение равновесия МКЭ для рамы. Учет связей. Результаты расчета.
18. Плоское напряженное состояние.
19. Принцип возможных перемещений в МКЭ.
20. Структура пакета МКЭ ANSYS Workbench.
21. Исследование НДС балочной конструкции. Этапы и особенности моделирования в ANSYS Workbench.
22. Исследование НДС детали в 2-D анализе. Этапы и особенности моделирования в ANSYS Workbench.
23. Исследование НДС детали в 3-D анализе. Этапы и особенности моделирования в ANSYS Workbench.

Пример РГР

Исследовать НДС в плоской раме.

Для всех труб принять материал **Structural Steel**, который присваивается материал у по умолчанию.

Содержание отчёта.

В отчёте по работе должны быть отражены результаты 2-х проведённых анализов - Рамы из примера и своего варианта самостоятельной работы. Можно оба анализа выполнить в одном проекте программы Ansys.

В отчёте привести:

- Описание последовательности построений геометрической модели.
- Указание на библиотечный материал.
- Описание использованных настроек КЭ сетки.
- Описание граничных условий.
- Описание результатов:
  - максимальное комбинированное напряжение.
  - значения компонентов силы реакции всех опор.
  - значения компонентов моментов реакции всех опор.

Варианты заданий (А - размер стороны квадрата сечения трубы).

№ вар.	№ схемы	P_1, кН	P_2, кН	q, кН/м	М, Н*м	Форма сечения
00	1	8	-	1,4	100	Труба круглая Ø76, S=2,5
01	1	12	-	2,0	50	Труба квадратная А=60, S=3,0
02	1	20	-	2,5	150	Труба круглая Ø88, S=2,5
03	1	22	-	2,0	120	Труба квадратная А=80, S=3,2
04	1	24	-	1,6	110	Труба круглая Ø80, S=3,5
05	1	18	-	1,8	100	Труба квадратная А=70, S=3,5
06	2	16	-	2,2	90	Труба круглая Ø96, S=2,2
07	2	14	-	1,3	80	Труба квадратная А=90, S=2,0
08	2	12	-	1,2	70	Труба круглая Ø106, S=2,0
09	2	20	-	1,0	60	Труба квадратная А=80, S=3,0
10	2	12	8	0,9	125	Труба круглая

Схема 1

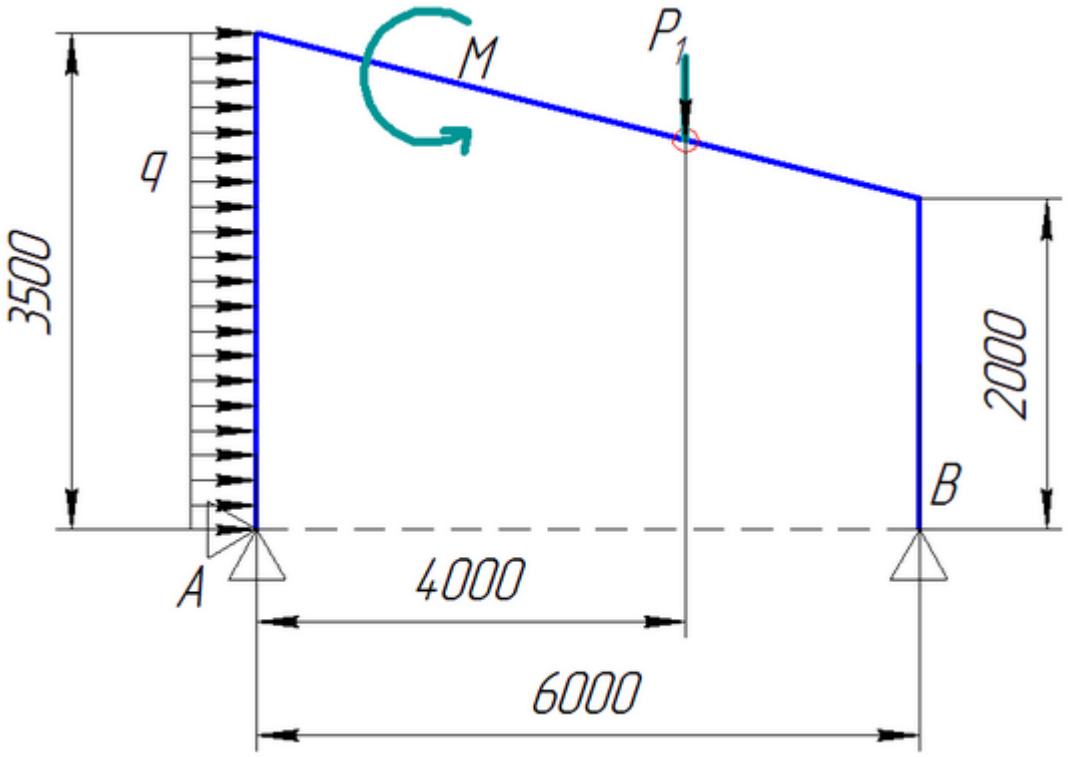
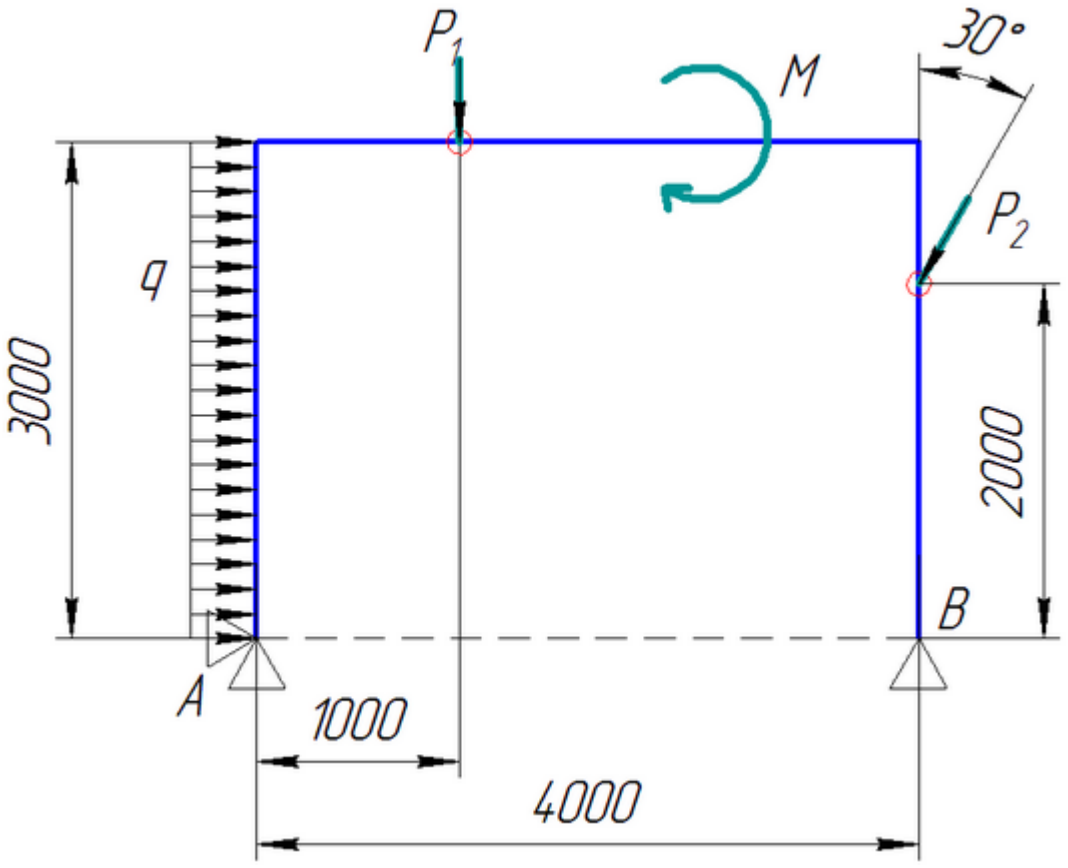


Схема 2



Учебная дисциплина формирует необходимые компетенции, процедура их оценивания представлена в таблице 1 и реализуется поэтапно:

- **1-й этап процедуры оценивания:** оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП (Приложение 1 ОПОП). Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения.
- **2-й этап процедуры оценивания:** интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Таблица 1

Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений, обучающихся
1	Отчет о лабораторной работе	Систематически на лабораторных занятиях, устно	Экспертный	Зачет/незачет	Рабочая книжка преподавателя, электронный журнал в АИС «Университет»
2	Промежуточная аттестация (зачет)	По окончании изучения курса, письменно	Экспертный	Зачет/незачет	Ведомость в АИС «Университет», зачетная книжка

Шкала оценивания

- **«Зачет»** – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 51% и более оценивается не ниже «удовлетворительно» при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.
- **«Незачет»** – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций менее чем 50% (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.