

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 28 » сентября 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Основы компьютерного моделирования  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов  
(СУОС)  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины  
- сформировать знания, умения и навыки компьютерного моделирования при решении задач сопротивления материалов и теории упругости с использованием программных продуктов, реализующих метод конечных элементов.

Задачи дисциплины

- формирование знаний о геометрических и физических свойствах моделей типовых элементов механических систем; об основах метода конечных элементов, как универсального численного метода, являющегося основой для построения математических моделей прежде всего в области механики деформируемого тела;
- формирование умений построения компьютерной модели с целью: определения параметров напряженно-деформированного состояния объекта исследования, рационального выбора параметров дискретной модели, качественного и количественного анализа результата численного решения задачи;
- формирование навыков использования современных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов: построения геометрической модели, задания физических свойств, рационального формирования дискретной модели, табличного и графического представления результатов решения и их анализа.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- математические модели элементов механических систем и конструкций;
- численный метод решения дифференциальных уравнений — метод конечных элементов;
- программные продукты, реализующие метод конечных элементов.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	Знает актуальную документацию современных программных комплексов (ПК), реализующих метод конечных элементов; типовые методики технологического и механического расчёта оборудования с помощью метода конечных элементов	Знает проектно-техническую документацию в соответствующей области знаний; актуальную нормативно-техническую документацию в соответствующей области знаний; типовые методики технологического и механического расчёта оборудования	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	Умеет применять нормативную документацию современных ПК, реализующих метод конечных элементов; формулировать задание на проектно-конструкторские работы с использованием ПК; выполнять с помощью ПК проектные расчёты на компьютере; оформлять результаты опытно-конструкторских работ с использованием имеющихся в ПК инструментов	Умеет применять нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты опытно-конструкторских работ; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию с помощью компьютера; формировать задание на проектно-конструкторские работы; выполнять проектные расчёты с помощью компьютера	Зачет
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Владеет навыками работы с нормативной документацией современных ПК, реализующих метод конечных элементов; проведения на компьютере проектных расчетов с помощью ПК; построения геометрических моделей и разработки чертёжной документации с помощью графических редакторов, встроенных в современные ПК; работы с САПР, использующими метод конечных элементов	Владеет навыками работы с проектно-технической документацией в соответствующей области знаний; работы с нормативно-технической документацией в соответствующей области знаний; выполнения проектных расчётов с помощью компьютера; формирования проектной документации с помощью компьютера; работы с графическими редакторами; работы в интегрированных информационных системах	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	58	58	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	50	50	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
4-й семестр				
				СРС

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Компьютерная модель стержневой конструкции.	14	14	14	32
<p>Введение. Понятие компьютерной модели. Достоинства компьютерного моделирования. Области применения компьютерных моделей. Основные этапы компьютерного моделирования.</p> <p>Тема 1. Применение МКЭ к расчету стержневой конструкции на растяжение-сжатие. Математическая постановка задачи растяжения-сжатия стержня. Понятие конечных элементов, узлов конечных элементов. Прямой метод вывода конечноэлементных соотношений (соотношений связи узловых перемещений и узловых сил) для элемента. Объединение конечных элементов в конструкцию из параллельных стержней. Топологическая матрица. Локальные и глобальные матрицы жесткости, векторы узловых сил и узловых перемещений. Алгоритм расчета конструкции МКЭ. Блок-схема компьютерной программы.</p> <p>Тема 2. Применение МКЭ к расчету стержневой конструкции на кручение. Математическая постановка задачи кручения стержня. Аналогия процессов растяжения-сжатия и кручения стержня. Отличия в вычислении напряжений.</p> <p>Тема 3. Применение МКЭ к расчету плоской фермы. Ферма как конструкция из непараллельных стержней, работающих на растяжение-сжатие. Локальная и глобальная системы координат. Матрица поворота (собственно-ортогональная матрица) для узла и для элемента. Определение матрицы поворота через координаты узлов конечного элемента. Локальная матрица жесткости в локальной и глобальной системах координат. Изменения в алгоритме расчета конструкции МКЭ и блок-схеме компьютерной программы.</p> <p>Тема 4. Определение матрицы жесткости с помощью матрицы податливости. Векторы обобщенных узловых перемещений и обобщенных узловых сил для стержневого конечного элемента. Определение подматриц матрицы жесткости конечного элемента через узловую матрицу податливости и матрицу равновесия. Определение элементов узловой матрицы податливости с помощью интегралов Мора.</p> <p>Тема 5. Применение МКЭ к расчету чистого и поперечного изгиба балки. Математические постановки задач чистого и поперечного изгиба балки. Векторы обобщенных</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>узловых перемещений и обобщенных узловых сил при изгибе балочного конечного элемента.</p> <p>Построение матрицы жесткости конечного элемента при изгибе через узловую матрицу податливости и матрицу равновесия. Определение обобщенных узловых перемещений, обобщенных узловых сил и узловых напряжений.</p> <p>Тема 6. Применение МКЭ к расчету произвольной стержневой конструкции при ее произвольном нагружении.</p> <p>Векторы обобщенных узловых перемещений и обобщенных узловых сил при произвольном нагружении стержневого конечного элемента.</p> <p>Формирование матрицы жесткости стержневого конечного элемента при его произвольном нагружении через матрицы жесткости: при растяжении-сжатии, при кручении и двух изгибах во взаимно перпендикулярных плоскостях.</p> <p>Пространственная матрица поворота (собственно-ортогональная матрица) и ее определение через координаты узлов конечного элемента. Локальная матрица жесткости в локальной и глобальной системах координат. Изменения в алгоритме расчета конструкции МКЭ и блок-схеме компьютерной программы.</p>				
Понятие о применении МКЭ для расчета двумерных и трехмерных упругих тел.	4	4	4	18
<p>Тема 7. Математическая постановка плоской задачи теории упругости.</p> <p>Плоское напряженное состояние. Плоское деформированное состояние.</p> <p>Перемещения, деформации и напряжения в плоской задаче. Уравнения равновесия.</p> <p>Тема 8. Плоский треугольный конечный элемент. Интерполяция поля перемещений. Функции формы. Вычисление деформаций и напряжений. Матрица жесткости. Система эквивалентных узловых сил. Уравнения равновесия.</p>				
ИТОГО по 4-му семестру	18	18	18	50
ИТОГО по дисциплине	18	18	18	50

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение тестовой задачи на растяжение-сжатие стержня
2	Решение тестовой задачи на кручение стержня

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
3	Решение тестовой задачи на растяжение-сжатие элементов стержневой конструкции, состоящей из непараллельных стержней (расчет плоской фермы)
4	Решение тестовой задачи на чистый изгиб балки
5	Решение тестовой задачи на поперечный изгиб балки под действием сосредоточенных поперечных сил
6	Решение тестовой задачи на поперечный изгиб балки распределенной нагрузкой
7	Решение тестовой задачи на произвольное нагружение произвольной стержневой конструкции (расчет плоской рамы)
8	Решение тестовой задачи на плоское напряженное состояние пластины
9	Решение тестовой задачи на плоское деформированное состояние призматического бруса

### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Применение МКЭ к расчету стержневых конструкций из параллельных стержней на растяжение-сжатие
2	Применение МКЭ к расчету стержневых конструкций на кручение
3	Применение МКЭ к расчету фермы
4	Применение МКЭ к расчету балки на чистый изгиб
5	Применение МКЭ к расчету балки на поперечный изгиб под действием сосредоточенных поперечных сил
6	Применение МКЭ к расчету балки на поперечный изгиб балки под действием распределенной нагрузки. Анализ сходимости
7	Применение МКЭ к расчету рамы
8	Применение МКЭ к расчету нагружения тонкой пластины
9	Применение МКЭ к расчету нагружения призматического бруса

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя, которые нацелены на активизацию процессов усвоения материала, стимулирования ассоциативного мышления студентов и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации проблемного подхода: формулируются проблемные области, определяются пути их решения; каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний смежных дисциплин и креативных методов для решения проблем.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

Самостоятельная работа студентов включает регулярное изучение теоретического материала с углубленной проработкой отдельных разделов по указанию преподавателя, подготовку к практическим занятиям. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала дисциплины реализуется с использованием библиотечных ресурсов вуза, специальной учебной и научной литературы, Internet-ресурсов.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчета по лабораторным работам, практическим занятиям.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального изучения и понимания вопросов, озвученных на лекции.

Тематика вопросов, для самостоятельного изучения дисциплины:

Тема 6. История метода конечных элементов. Актуальные области применения метода конечных элементов (3 часа).

Тема 7. Направления развития метода и программных продуктов, реализующих метод конечных элементов (3 часа).

Тема 8. Обзор программных продуктов реализующих метод конечных элементов (3 часа).

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		



1	Трушин С. И. Строительная механика: метод конечных элементов : учебное пособие. Москва : ИНФРА-М, 2016. 304 с. 19,07 усл. печ. л.	4
2	Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов. 17-изд., испр. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. 542 с. 34,0 усл. печ. л.	11
3	Эрдеди Н. А., Эрдеди А. А. Сопротивление материалов : учебное пособие для вузов. Москва : КНОРУС, 2020. 157 с. 10,0 усл. печ. л.	10
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы : пер. с англ. Москва : Мир, 1984. 428 с.	19
2	Кашеварова Г. Г. Ч. 2 / Г. Г. Кашеварова, Т. Б. Пермякова. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2015. - (Численные методы решения задач строительства : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 2).	50
3	Самогин Ю. Н., Хроматов В. Е., Чирков В. П. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов : учебное пособие для вузов. Москва : Физматлит, 2012. 200 с. 12,5 усл. печ. л.	3
4	Суходоева А. А. Численный расчёт стержневых систем : учебное пособие / А. А. Суходоева. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	15
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы : пер. с англ. Москва : Мир, 1984.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2508">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2508</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Макаров Е. Г. Метод конечных элементов в прочностных расчетах : учебное пособие. Санкт-Петербург : БГТУ Военмех им. Д.Ф. Устинова, 2017.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-121830">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-121830</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Персова М. Г., Соловейчик Ю. Г. Методы конечноэлементного анализа : учеб. пособие. 2-е изд. Новосибирск : НГТУ, 2017.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-118457">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-118457</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов. 17-е изд. Москва : МГТУ им. Баумана, 2018.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106484">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106484</a> .	сеть Интернет; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Среды разработки, тестирования и отладки	PascalABC.NET, свободная лиц. GNU LGPL

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	1
Лабораторная работа	Мультимедиа комплекс (проектор, экран)	1
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Мультимедиа комплекс (проектор, экран)	1
Практическое занятие	Компьютер	10

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Основы компьютерного моделирования»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.02 Технологические машины и оборудование
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
<b>Квалификация выпускника:</b>	« Бакалавр »
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Горная электромеханика
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 2

**Семестр:** 4

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачёт: 4 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1</b> знать геометрические и физические свойства типовых стержневых элементов и типовых плоских элементов, их основные параметры и закономерности, связывающие параметры	С1	ТО1		КР1		ТВ
<b>З.2</b> знать основы метода конечных элементов - универсального численного метода, применяющегося для построения математических моделей прежде всего в области механики деформируемого тела	С2	ТО2		КР1		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> уметь создать геометрическую модель упругой конструкции с помощью стержневых или (и) плоских конечных элементов, задать их физические свойства, задать известные нагрузки и перемещения			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3	КР1		ПЗ
<b>У.2</b> уметь спланировать и провести численные эксперименты, выполнить качественную и количественную оценку результатов решения			ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6	КР1		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> владеть навыками построения компьютерной модели в современных программных продуктах, реализующих метод конечных элементов,			ОЛР7 ОЛР8 ОЛР9	КР2		ПЗ

рационального формирования дискретной модели						
<b>В.2</b> владеть обработки результатов решения с целью качественной и количественной оценки погрешности решения, табличного и графического представления результатов решения и их анализа			ОЛР7 ОЛР8 ОЛР9	КР2		ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной

аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 9 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Компьютерная модель стержневой конструкции», вторая КР – по модулю 2 «Понятие о применении МКЭ для расчета двумерных и трехмерных упругих тел».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Прямой метод вывода конечноэлементных соотношений на примере задачи растяжения-сжатия.
2. Определение матрицы жесткости конечного элемента через узловую матрицу податливости и матрицу равновесия на примере задачи кручения.
3. Определение узловой матрицы податливости с помощью интегралов Мора на примере задачи изгиба.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Получить матрицу жесткости плоского треугольного конечного элемента для плоского напряженного состояния.
2. Получить матрицу жесткости плоского треугольного конечного элемента для плоского деформированного состояния.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

##### **2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

###### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Что такое компьютерная модель?
2. Этапы компьютерного моделирования.
3. Примеры современных систем автоматизированного проектирования.
4. МКЭ в приложении к расчету стержневых конструкций на растяжение-сжатие.
5. МКЭ в приложении к расчету стержневых конструкций на кручение.
6. МКЭ в приложении к расчету стержневых конструкций на изгиб.
7. Блок-схема алгоритма расчета конструкции МКЭ.

###### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Получить матрицу жесткости стержневого элемента в задаче на растяжение-сжатие прямым методом.
2. Получить матрицу податливости для узла стержневого элемента в задаче на растяжение-сжатие с помощью интеграла Мора.
3. Получить матрицу жесткости стержневого элемента в задаче на растяжение-сжатие с помощью матрицы податливости.
4. Получить матрицу поворота, связывающую матрицы жесткости стержневого элемента в локальной и глобальной системах координат в задаче расчета ферм

###### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Подготовить тестовую задачу на растяжение-сжатие стержневой конструкции и решить ее с помощью МКЭ.
2. Подготовить тестовую задачу на кручение стержневой конструкции и решить ее с помощью МКЭ.

3. Подготовить тестовую задачу на изгиб стержневой конструкции и решить ее с помощью МКЭ.

4. Подготовить тестовую задачу расчета плоской фермы и решить ее с помощью МКЭ.

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.