

**Оборотная сторона титульного листа**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры / академического департамента**:

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой /директор академического департамента

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента)**:

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой/директор академического департамента

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

**АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Приложение метода конечных элементов к упругим системам» разработана для аспирантов, обучающихся по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства», профиль «Строительные конструкции, здания и сооружения», является дисциплиной по выбору вариативной части блока Дисциплины (модули) учебного плана (индекс Б1.В.ДВ.1).

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов). Учебным планом предусмотрены: лекции (10 часов), практические занятия (8 часов) и самостоятельная работа студента (90 часов). Форма контроля – зачет. Дисциплина реализуется на 2 курсе в 4 семестре.

Целью дисциплины «Приложение метода конечных элементов к упругим системам» является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков инженерного анализа зданий, сооружений и их конструкций с помощью численного (компьютерного) моделирования.

Задачи дисциплины:

* изучение основ современного метода расчета строительных конструкций – метода конечных элементов; формирование навыков использования программных продуктов для автоматизированного расчета конструкций узлов и деталей.
* компьютерное моделирование поведения конструкций и сооружений, выбор адекватных расчетных моделей исследуемых объектов, анализ возможностей программно-вычислительных комплексов расчета и проектирования конструкций и сооружений, разработка, верификация и программная реализация методов расчета и мониторинга строительных конструкций;

Для успешного изучения дисциплины «Приложение метода конечных элементов к упругим системам» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

* ОПК-6 способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительства.

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие универсальные / общепрофессиональные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код и формулировка компетенции** | **Этапы формирования компетенции** | |
| (ПК-1) Самостоятельно выполнять научно-технические исследования и разработки в области рационального проектирования конструктивных и объемно-планировочных решений зданий и сооружений, их технической эксплуатации и конструкционной безопасности, основанные на использовании современных научных методов | Знает | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. |
| Умеет | выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. |
| Владеет | методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний |
| (ПК-2) Готовность вести исследование и разработку новых оптимальных типов объемно-планировочных решений, несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений с учетом протекающих в них процессов, природно-климатических условий, экономической и конструкционной безопасности на основе математического моделирования с использованием автоматизированных средств исследований и проектирования | Знает | методы проектирования (расчёта) зданий, сооружений и из конструкций на основании технического задания с использованием современных программно-вычислительных комплексов |
| Умеет | вести разработку проектных решений зданий, сооружений и их конструкций с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ |
| Владеет | владеет навыками автоматизированного расчёта зданий, сооружений и их конструкций |
| (ПК-3) Способность осуществлять поиск рациональных объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, направленных на повышение эффективности капиталовложений, энерго- и ресурсосбережение, создание комфортных условий для людей и оптимальных для технологических процессов | Знает | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов |
| Умеет | применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов |
| Владеет | навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач |

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины применяются следующие методы активного обучения: «лекция-беседа», «групповая консультация».

1. **СТРУКТУРА И содержание теоретической части курса**

**(10 час., в том числе 10 час. с использованием методов активного обучения)**

**Раздел I. Формирование конечноэлементных моделей на примере задач расчёта стержневых систем (5 час.)**

**Тема 1. Продольная деформация прямолинейного стержня (2 час.)**

Формулировка дифференциальной постановки задачи продольной деформации стержня. Статические и кинематические граничные условия.

Вывод основной интегральной формулы для продольной деформации стержня. Механический смысл интегральной формулы.

Получение вариационного уравнения Лагранжа и формулировка принципа стационарности полной потенциальной энергии продольной деформации прямолинейного стержня.

Построение схемы метода конечных элементов для задачи продольной деформации прямолинейного стержня.

Примеры решения задачи продольной деформации прямолинейного стержня: конечный элемент и его основные характеристики (построение функции формы, матрицы жесткости, вектора нагрузок), формирование разрешающей системы метода конечных элементов и её решение.

**Тема 2. Балка Бернулли (3 час.)**

Формулировка дифференциальной постановки задачи изгиба балки Бернулли. Статические и кинематические граничные условия.

Вывод основной интегральной формулы для балки Бернулли. Механический смысл интегральной формулы.

Получение вариационного уравнения Лагранжа и формулировка принципа стационарности полной потенциальной энергии для задачи изгиба балки Бернулли.

Построение схемы метода конечных элементов для балки Бернулли.

Примеры решения задачи изгиба балки Бернулли: конечный элемент и его основные характеристики (построение функции формы, матрицы жесткости, вектора нагрузок), формирование разрешающей системы метода конечных элементов и её решение.

**Раздел II. Метод конечных элементов в задачах теории упругости (5 час.)**

**Тема 3. Формирование схемы метода конечных элементов для задачи теории упругости (5 час.)**

Полная дифференциальная постановка задачи теории упругости. Статические и кинематические граничные условия.

Вывод основной интегральной формулы для задачи теории упругости. Механический смысл интегральной формулы.

Получение вариационного уравнения Лагранжа и формулировка принципа стационарности полной потенциальной энергии.

Построение схемы метода конечных элементов для задачи теории упругости.

Конечно-элементная модель: конечный элемент и его основные характеристики (построение функции формы, матрицы жесткости, вектора нагрузок), формирование разрешающей системы метода конечных элементов.

1. **СТРУКТУРА И содержание практической части курса**

**(8 час., в том числе 2 час. с использованием методов активного**

**обучения)**

**Практические занятия (8 час.)**

**Занятие 1. Решение задачи продольной деформации прямолинейного стержня (2/2 час.)**

Задание интерполяционных формул, получение функций формы. Получение соотношений метода конечных элементов и решение задачи при разном количестве конечных элементов, различной нагрузке.

**Занятие 2. Решение задачи изгиба балки Бернулли(4 час.)**

Задание интерполяционных формул, формирование функций формы. Получение соотношений метода конечных элементов. Решение задачи аналитическим методом, методом конечных элементов в пакете MathCAD, с использованием прикладного пакета расчета строительных конструкций.

**Занятие 3. Решение задач теории упругости с помощью прикладного пакета расчета строительных конструкций (2 час.)**

Решение плоской и трехмерной задач теории упругости.

1. **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ обеспечение самостоятельной работы ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Приложение метода конечных элементов к упругим системам» представлено в приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся   
и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

1. **контроль достижения цели курса**

**Формы текущего и промежуточного контроля по дисциплине**

**«Приложение метода конечных элементов к упругим системам»**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Контролируемые темы дисциплины** | **Коды и этапы формирования компетенций** | | **Оценочные средства - наименование** | |
| **текущий контроль** | **промежуточная аттестация** |
|  | Формирование конечноэлементных моделей на примере задач расчёта стержневых систем. Продольная деформация прямолинейного стержня | ПК-1 | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| ПК-3 | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
|  | Формирование конечноэлементных моделей на примере задач расчёта стержневых систем. Балка Бернулли | ПК-1 | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| ПК-3 | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
|  | Формирование схемы метода конечных элементов для задачи теории упругости | ПК-1 | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| ПК-2 | методы проектирования (расчёта) зданий, сооружений и из конструкций на основании технического задания с использованием современных программно-вычислительных комплексов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| вести разработку проектных решений зданий, сооружений и их конструкций с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| владеет навыками автоматизированного расчёта зданий, сооружений и их конструкций | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| ПК-3 | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

1. **СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основная литература**

1. Холопов И.С. Расчет плоских конструкций методом конечного элемента [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Холопов И.С., Лосева И.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 102 c.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43399.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Лебедев А.В. Численные методы расчета строительных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лебедев А.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 55 c.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19055>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел [Электронный ресурс]: учебник/ Присекин В.Л., Расторгуев Г.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010.— 238 c.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45417.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Котович А.В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Котович А.В., Станкевич И.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012.— 112 c.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31229.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Самогин Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов [Электронный ресурс]/ Самогин Ю.Н., Хроматов В.Е., Чирков В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 200 c.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24522>.— ЭБС «IPRbooks»

**Дополнительная литература**

1. Розин Л.А. Задачи теории упругости и численные методы их решения. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 1998
2. Розин Л.А. Метод конечных элементов в применении к упругим системам. Стройиздат. М., 1977.
3. Константинов И.А., Лалин В.В., Лалина И.И. Строительная механика. Часть 1. Расчет статически-определимых систем с использованием программы SCAD: Учеб. пособие. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. (Интернет-ресурс: <http://smsk.spb.ru/d/712752/d/i.a.-konstantinov-v.v.-lalin-i.i.-lalina.-stroitelnaya-mehanika.-scad.-chast-1..pdf>)
4. Прокопьев В.И. Решение строительных задач в SCAD OFFICE [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Прокопьев В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 63 c.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30788.— ЭБС «IPRbooks»

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Каталог электронных ресурсов: <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/russian-database.php>
2. Официальный сайт компании ЛИРА САПР: <https://www.liraland.ru/>
3. Официальный сайт компании SCAD Soft: <https://scadsoft.com/>
4. Официальный сайт компании ANSYS, академический портал: <http://www.ansys.com/academic/>
5. Официальный сайт компании Dassault Systèmes, академический портал: <https://academy.3ds.com/>

**Перечень информационных технологий**

**и программного обеспечения**

1. Программа для проектирования и расчета строительных конструкций ЛИРА-САПР.
2. Вычислительный комплекс для прочностного анализа конструкций методом конечных элементов SCAD Office.
3. Универсальный программный комплекс численного моделирования ANSYS, версия 17.x и выше, лицензия типа ANSYS Academic Research (пакет лицензий ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (50/500))
4. Универсальный программный комплекс численного моделирования SIMULIA Abaqus (разработчик Dassault Systèmes), версия 2016 и выше, лицензия типа Student edition (свободно распространяемая)

**Профессиональные базы данных и информационные**

**справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>
4. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
5. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>
6. **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Темис Ю.М. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Системы автоматизированного проектирования»/ Темис Ю.М., Азметов Х.Х.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012.— 53 c.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31216.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Шаманин А.Ю. Расчеты конструкций методом конечных элементов в ANSYS [Электронный ресурс]: методические рекомендации/ Шаманин А.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2012.— 72 c.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47951.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. **мАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине, необходимо следующее оборудование:

1. Проектор, с минимальным разрешением вывода изображения 1366х768 пикселей;
2. Системные блоки, минимум 15 шт. при условии разделения группы студентов на две подгруппы. Операционная система: Windows 7 или новее. Минимальные, основные требования к системному блоку:
3. Архитектура процессора x86-64 (рекомендуется поколение процессоров Intel 64 начиная с Intel Core i3);
4. Объём оперативной памяти (RAM): 4 Гб;
5. Устройство хранения информации: накопитель на жёстких магнитных дисках (HDD): 200 Гб, скорость вращения 5400 об/мин.
6. Жидкокристаллические компьютерные мониторы, минимум 15 шт. Минимальное разрешение вывода изображения 1366х768 пикселей;
7. Допускается использование компьютеров-моноблоков с аналогичными характеристиками.

Все системные блоки должны быть связаны локальной сетью и иметь доступ в Интернет.

Приложение 1



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ школА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ обеспечение самостоятельной работы ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Приложение метода конечных элементов к упругим системам»**

Направление подготовки *08.06.01 Техники и технологии строительства*

Профиль «*Строительные конструкции, здания и сооружения»*

Форма подготовки (очная)

**Владивосток**

**201\_**

**План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Дата/сроки выполнения** | **Вид самостоятельной работы** | **Примерные нормы времени**  **на выполнение** | **Форма контроля** |
|  | В течение семестра / курса | Работа с теоретическим материалом | 10 час. / 8 час. | ПР-1 |
|  | Июнь | Подготовка к зачёту |  | зачёт |

**Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению.**

Студенты в течение одного семестра проходят два раза тестирование (ПР-1). Тестирование заключается в следующем: по предложенным исходным данным, студенту необходимо разработать численную модель в программном комплексе численного моделирования. Тестирование проводится с использование программного комплекса, На одно тестирование выделяется 60 минут.

Также предусмотрен устный опрос (УО-1) один раз в семестр, в течении 5 минут индивидуально на одного студента.

**Критерии оценки тестирования**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Балл  (оценка) | 1-60 баллов (неудовлетворительно) | 61-75 баллов (удовлетворительно) | 76-85 баллов (хорошо) | 86-100 баллов (отлично) |
|  | Полное отсутствие численной модели и необходимых навыков для её создания | Разработана геометрия численной модели, создан материал модели с необходимым набором физико-механических свойств, правильно выполнена дискретизация геометрии | Аналогичные требования как и при оценке «удовлетворительно», но с получением необходимых по заданию выходных данных, умение обосновать выбор типа конечного элемента | Аналогичные требования как и при оценке «хорошо», но с интерпретацией выходных данных полученных после расчёта численной модели |

Приложение 2



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ школА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Приложение метода конечных элементов к упругим системам»**

Направление подготовки *08.06.01 Техники и технологии строительства*

Профиль «*Строительные конструкции, здания и сооружения»*

Форма подготовки (очная)

**Владивосток**

**201\_\_**

**Паспорт**

**фонда оценочных средств**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код и формулировка компетенции** | **Этапы формирования компетенции** | |
| (ПК-1) Самостоятельно выполнять научно-технические исследования и разработки в области рационального проектирования конструктивных и объемно-планировочных решений зданий и сооружений, их технической эксплуатации и конструкционной безопасности, основанные на использовании современных научных методов | Знает | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. |
| Умеет | выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. |
| Владеет | методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний |
| (ПК-2) Готовность вести исследование и разработку новых оптимальных типов объемно-планировочных решений, несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений с учетом протекающих в них процессов, природно-климатических условий, экономической и конструкционной безопасности на основе математического моделирования с использованием автоматизированных средств исследований и проектирования | Знает | методы проектирования (расчёта) зданий, сооружений и из конструкций на основании технического задания с использованием современных программно-вычислительных комплексов |
| Умеет | вести разработку проектных решений зданий, сооружений и их конструкций с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ |
| Владеет | владеет навыками автоматизированного расчёта зданий, сооружений и их конструкций |
| (ПК-3) Способность осуществлять поиск рациональных объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, направленных на повышение эффективности капиталовложений, энерго- и ресурсосбережение, создание комфортных условий для людей и оптимальных для технологических процессов | Знает | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов |
| Умеет | применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов |
| Владеет | навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач |

**Формы текущего и промежуточного контроля**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Контролируемые темы дисциплины** | **Коды и этапы формирования компетенций** | | **Оценочные средства - наименование** | |
| **текущий контроль** | **промежуточная аттестация** |
|  | Формирование конечноэлементных моделей на примере задач расчёта стержневых систем. Продольная деформация прямолинейного стержня | ПК-1 | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| ПК-3 | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
|  | Формирование конечноэлементных моделей на примере задач расчёта стержневых систем. Балка Бернулли | ПК-1 | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний | Устный опрос  (УО-1) | Зачёт |
| ПК-3 | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
|  | Формирование схемы метода конечных элементов для задачи теории упругости | ПК-1 | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| ПК-2 | методы проектирования (расчёта) зданий, сооружений и из конструкций на основании технического задания с использованием современных программно-вычислительных комплексов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| вести разработку проектных решений зданий, сооружений и их конструкций с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| владеет навыками автоматизированного расчёта зданий, сооружений и их конструкций | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| ПК-3 | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |
| навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач | Тестирование  (ПР-1) | Зачёт |

**Шкала оценивания уровня сформированности компетенций**

| **Код и формулировка компетенции** | **Этапы формирования компетенции** | | **Критерии** | **Показатели** | **Баллы** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Общепрофессиональные компетенции (ОПК)** | | | | | |
| (ПК-1) Самостоятельно выполнять научно-технические исследования и разработки в области рационального проектирования конструктивных и объемно-планировочных решений зданий и сооружений, их технической эксплуатации и конструкционной безопасности, основанные на использовании современных научных методов | **Знает**  **(пороговый уровень)** | основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей протекания естественнонаучных процессов. | знание основных естественнонаучных дисциплин и методов исследования инженерных систем | способность рассказать об естественно-научных дисциплинах и принципах теоретического и экспериментального исследования | 61-75  баллов |
| **Умеет (базовый уровень)** | выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат. | знание о методах и профессиональных приёмах численного (компьютерного) моделирования используемые на практике | способность применять методы численного (компьютерного) моделирования в профессиональной деятельности | 76-85  баллов |
| **Владеет (продвинутый уровень)** | методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний | интегральное знание о методах численного моделирования и косвенных информационных технологиях используемых в строительстве | способность эффективно использовать в синтезе комплекс программного обеспечения используемого в строительстве с программными комплексами численного моделирования | 86-100  баллов |
| (ПК-2) Готовность вести исследование и разработку новых оптимальных типов объемно-планировочных решений, несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений с учетом протекающих в них процессов, природно-климатических условий, экономической и конструкционной безопасности на основе математического моделирования с использованием автоматизированных средств исследований и проектирования | **Знает**  **(пороговый уровень)** | методы проектирования (расчёта) зданий, сооружений и из конструкций на основании технического задания с использованием современных программно-вычислительных комплексов | методы проектирования (расчёта) зданий, сооружений и из конструкций на основании технического задания с использованием современных программно-вычислительных комплексов | методы проектирования (расчёта) зданий, сооружений и из конструкций на основании технического задания с использованием современных программно-вычислительных комплексов | 61-75  баллов |
| **Умеет (базовый уровень)** | вести разработку проектных решений зданий, сооружений и их конструкций с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ | вести разработку проектных решений зданий, сооружений и их конструкций с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ | вести разработку проектных решений зданий, сооружений и их конструкций с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ | 76-85  баллов |
| **Владеет (продвинутый уровень)** | владеет навыками автоматизированного расчёта зданий, сооружений и их конструкций | владеет навыками автоматизированного расчёта зданий, сооружений и их конструкций | владеет навыками автоматизированного расчёта зданий, сооружений и их конструкций | 86-100  баллов |
| (ПК-3) Способность осуществлять поиск рациональных объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, направленных на повышение эффективности капиталовложений, энерго- и ресурсосбережение, создание комфортных условий для людей и оптимальных для технологических процессов | **Знает**  **(пороговый уровень)** | основные модели расчёта зданий, сооружений и их конструкций, а также область их применения;  методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов | знание классических расчётных схем конструкций и принципы их работы | способность рассказать об базовых расчётных схемах и принципах их работы под внешними нагрузками и воздействиями | 61-75  баллов |
| **Умеет (базовый уровень)** | применять математический аппарат для решения задач методами численного (компьютерного) моделирования, включая современные формулировки метода конечных элементов | умение использовать современные формулировки метода конечных элементов при разработке численных моделей в программных комплексах | способность моделировать классические расчётные схемы и их работу под внешними нагрузками и воздействиями с помощью методов численного моделирования реализованных в программных комплексах | 76-85  баллов |
| **Владеет (продвинутый уровень)** | навыками анализа и интерпретации результатов численного (компьютерного) моделирования поставленных задач | умение обосновывать выбор набора необходимых функций при численном моделировании и интерпретировать получаемые результаты | способность правильно оценивать корректность решения и интуитивное представление ожидаемого результата на основе знаний о сформулированной задачи | 86-100  баллов |

**Шкала измерения уровня сформированности компетенций**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Итоговый балл | 1-60 | 61-75 | 76-85 | 86-100 |
| Оценка  (пятибалльная шкала) | 2  неудовлетворительно | 3  удовлетворительно | 4  хорошо | 5  отлично |
| Уровень сформированности компетенций | отсутствует | пороговый  (базовый) | продвинутый | высокий  (креативный) |

**Содержание методических рекомендаций,**

**определяющих процедуры оценивания результатов освоения дисциплины «Приложение метода конечных элементов к упругим системам»**

**Текущая аттестация студентов**. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Компьютерное моделирование и автоматизированные расчеты конструкций» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий (*устного опроса (собеседования УО-1) и тестирования (ПР-1)*) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

* учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
* степень усвоения теоретических знаний;
* уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
* результаты самостоятельной работы.

Оценка освоения учебной дисциплины является комплексным мероприятием, которое в обязательном порядке учитывается и фиксируется ведущим преподавателем. Такие показатели этой оценки, как посещаемость всех видов занятий и своевременность выполнения курсового проекта фиксируется в журнале посещения занятий и в графике выполнения курсового проекта.

Степень усвоения теоретических и практических знаний оценивается такими контрольными мероприятиями как устный опрос и тестирование.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

В соответствии с рабочим учебным планом по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства», профиля «Строительство высотных и большепролётных зданий и сооружений» видами промежуточной аттестации студентов в процессе изучения дисциплины «Компьютерное моделирование и автоматизированные расчеты конструкций» являются зачёты в 4 семестре.

Зачёт проводится в виде устного опроса в форме собеседования.

**Перечень оценочных средств (ОС) по дисциплине «Приложение метода конечных элементов к упругим системам»**

| **№ п/п** | **Код ОС** | **Наименование оценочного средства** | **Краткая характеристика оценочного средства** | **Представление оценочного средства в фонде** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | УО-1 | Собеседование | Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по темам |
| 2 | ПР-1 | Тест | Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Фонд тестовых заданий |