

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

Авторы-составители: **Терпугов Виктор Николаевич**

Рабочая программа дисциплины

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЕ МОДЕЛИ МЕХАНИКИ И ВИРТУАЛЬНОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Код УМК 95998

Утверждено
Протокол №6
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Конечно-элементные модели механики и виртуальное проектирование

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.04.03** Механика и математическое моделирование
направленность Фундаментальная и прикладная механика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Конечно-элементные модели механики и виртуальное проектирование** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность : Фундаментальная и прикладная механика)

ОПК.4 Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики

Индикаторы

ОПК.4.1 Разрабатывает и совершенствует программные средства для решения задач механики

ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Фундаментальная и прикладная механика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	4
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (4 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Конечно-элементные модели механики и виртуальное проектирование

Обсуждение конечно-элементных моделей механики и виртуального проектирования, понимаемого как сравнительный анализ различных вычислительных моделей одной и той же задачи механики.

Цифровые двойники и виртуальное проектирование - дальнейшее развитие математического моделирования для производства.

Формулировка понятий цифровой двойник, виртуальное проектирование и их связь с математическим и вычислительным моделированием.

Численные методы - метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др. - базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов для вычислительного моделирования и виртуального проектирования.

Обсуждение наиболее распространенных численных методов решения задач механики.

Дифференциальные и вариационные постановки задач - основные способы описания постановок задач механики.

Обсуждаются вариационные постановки как уравнения в слабой форме для исходных дифференциальных постановок задач.

Использование пакета ANSYS и ANSYS Work Bench для математического (вычислительного) моделирования задач механики и виртуального проектирования.

Обсуждается использование пакета ANSYS и ANSYS Work Bench для математического (вычислительного) моделирования задач механики и виртуального проектирования.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Численные методы и их применение/ред.: А. Д. Ляшко, Е. В. Ермолин.-Казань:Изд-во Казанского ун-та,1983.-160.
2. Численные методы в математической физике:Учеб.пособие/Под ред.А.А.Самарского,В.И.Дмитриева.-М.:Изд-во Моск.ун-та,1996, ISBN 5-87597-022-7.-175.
3. Терпугов В. Н.,Лалин В. В. Конечно-элементные технологии построения расчетных алгоритмов для решения задач механики сплошных сред:методическое пособие/В. Н. Терпугов, В. В. Лалин.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1916-0.-1. <http://www.campus.psu.ru/library/node/13978>

Дополнительная:

1. Численные методы в динамике жидкостей:Пер с англ./Ред.Г.Вирц,Эн.Смолдерн.-М.:Мир,1981.-407.-Библиогр.:с.397-398
2. Терпугов В. Н.,Вертгейм И. И. Современные численные методы механики деформируемого твердого тела. Основы технологии метода конечных элементов:учебно-методическое пособие/В. Н. Терпугов, И. И. Вертгейм.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1909-2,2-е изд..-1. <https://elis.psu.ru/node/189715>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Конечно-элементные модели механики и виртуальное проектирование** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;

- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) и.или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Конечно-элементные модели механики и виртуальное проектирование**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.4

Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.4.1 Разрабатывает и совершенствует программные средства для решения задач механики</p>	<p>Знать базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов, основы вычислительного моделирования и виртуального проектирования Уметь использовать численные методы для построения решения Владеть навыками использовать современные программные средства для решения задач механики, обработки и анализа полученных результатов</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает и не умеет использовать для построения расчетных алгоритмов решения задач механики численные методы - метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др. - базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов для вычислительного моделирования и виртуального проектирования. В том числе не умеет строить вариационные постановки для рассматриваемой дифференциальной постановки задачи механики.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Слабо знает и плохо умеет использовать для построения расчетных алгоритмов решения задач механики численные методы - метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др. - базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов для вычислительного моделирования и виртуального проектирования. В том числе плохо умеет строить вариационные постановки для рассматриваемой дифференциальной постановки задачи механики.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает, но недостаточно умеет использовать для построения расчетных алгоритмов решения задач механики численные методы - метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др. - базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов для вычислительного моделирования и</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>виртуального проектирования. В том числе с ошибками умеет строить вариационные постановки для рассматриваемой дифференциальной постановки задачи механики.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает и умеет использовать для построения расчетных алгоритмов решения задач механики численные методы - метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др. - базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов для вычислительного моделирования и виртуального проектирования. В том числе умеет строить вариационные постановки для рассматриваемой дифференциальной постановки задачи механики.</p>
<p>ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики</p>	<p>Знать постановки задач механики, основы вычислительного моделирования, современные CAE-пакет прикладных программ, возможности ANSYS и ANSYS Work Bench Уметь формулировать расчетные модели для задач механики, использовать вычислительное моделирование для решения практических задач механики Владеть навыками использования современных прикладных пакетов для вычислительного моделирования, сравнительного анализа полученных результатов</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не умеет сформулировать расчетную модель для конкретной практической задачи механики и использовать современный CAE-пакет ANSYS для её вычислительного моделирования, а также не умеет использовать ANSYS Work Bench для организации сравнительного анализа различных результатов вычислительного моделирования.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>С грубыми ошибками умеет формулировать расчетную модель для конкретной практической задачи механики и использовать современный CAE-пакет ANSYS для её вычислительного моделирования, а также плохо умеет использовать ANSYS Work Bench для организации сравнительного анализа различных результатов вычислительного моделирования.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>С некоторыми ошибками умеет формулировать расчетную модель для конкретной практической задачи механики и использовать современный CAE-пакет</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>ANSYS для её вычислительного моделирования, а также с некоторыми ошибками умеет использовать ANSYS Work Bench для организации сравнительного анализа различных результатов вычислительного моделирования.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>С незначительными ошибками умеет формулировать расчетную модель для конкретной практической задачи механики и использовать современный CAE-пакет ANSYS для её вычислительного моделирования, а также умеет использовать ANSYS Work Bench для организации сравнительного анализа различных результатов вычислительного моделирования.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.4.1 Разрабатывает и совершенствует программные средства для решения задач механики	Численные методы - метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др. - базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов для вычислительного моделирования и виртуального проектирования. Защищаемое контрольное мероприятие	Знание численных методов для конкретных видов задач механики и умение разрабатывать и совершенствовать математические методы и алгоритмы для их.
ОПК.4.1 Разрабатывает и совершенствует программные средства для решения задач механики	Дифференциальные и вариационные постановки задач - основные способы описания постановок задач механики. Защищаемое контрольное мероприятие	Умение определять необходимый численный метод для конкретной задачи механики.и строить вариационные постановки для этой задачи.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики ОПК.4.1 Разрабатывает и совершенствует программные средства для решения задач механики	Использование пакета ANSYS и ANSYS Work Bench для математического (вычислительного) моделирования задач механики и виртуального проектирования. Защищаемое контрольное мероприятие	Умение разрабатывать и совершенствовать математические методы и алгоритмы для решения задач механики и использовать современный CAE-пакет ANSYS при их решении.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Численные методы - метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др. - базовые технологии математики для построения расчетных алгоритмов для вычислительного моделирования и виртуального проектирования.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знание численных методов для конкретных видов задач механики.	10
Умение интерпретировать результаты численных расчетов (вычислительного моделирования) для конкретных видов задач механики.	10
Умение разрабатывать, совершенствовать и настраивать численные методы на конкретные виды задач механики.	10

Дифференциальные и вариационные постановки задач - основные способы описания постановок задач механики.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умение определять необходимый численный метод для конкретной задачи механики.	10
Умение интерпретировать результаты вычислительного моделирования для конкретной задачи механики.	10
Умение строить вариационные постановки для для конкретной задачи механики.	10

Использование пакета ANSYS и ANSYS Work Bench для математического (вычислительного) моделирования задач механики и виртуального проектирования.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Умение осуществить вычислительное моделирование конкретной механической задачи, включая выбор и обоснование численного метода решения, построение расчетной модели в пакете ANSYS, сравнительный анализ с помощью ANSYS Work Bench.	20
Знание численных методов и умение выбрать нужный метод для решения конкретной задачи механики.	10
Умение построить вариационную постановку для конкретной дифференциальной задачи механики.	10