

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

**Авторы-составители: Пестренина Ирина Владимировна
Терпугов Виктор Николаевич**

Рабочая программа дисциплины

СОВРЕМЕННЫЕ ПАКЕТЫ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Код УМК 62202

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Современные пакеты и вычислительный эксперимент

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **01.03.03** Механика и математическое моделирование
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Современные пакеты и вычислительный эксперимент** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.03 Механика и математическое моделирование (направленность : Программа широкого профиля)

ОПК.3 способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем

ПК.5 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.03.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (5)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Современные пакеты и вычислительный эксперимент. Технология МКЭ для различных задач. Обсуждаются цели и задачи вычислительного моделирования и формулируется общее описание цикла вычислительного эксперимента с использованием пакета ANSYS. Рассматривается переход к вариационным постановкам некоторых классов дифференциальных постановок задач и дискретизация по пространственным переменным в технологии метода конечных элементов (МКЭ).

Дифференциальные и вариационные постановки для эллиптических уравнений. Рассматривается связь дифференциальных и вариационных постановок задач для уравнений эллиптического типа.

Дифференциальные и вариационные постановки для динамических задач теории упругости. Рассматривается переход к вариационным постановкам для динамических задач линейной теории упругости.

Дискретизация задачи по пространственным координатам (МКЭ) и по времени. На примере задач линейной теории упругости рассматривается возможность дискретизации задачи по пространственным переменным и по времени.

МКЭ для динамических задач теории упругости (частоты и формы колебаний). Рассматривается построение конечно-элементных расчетных схем для решения задач определения частот и форм колебаний в задачах динамической линейной теории упругости.

МКЭ для динамических задач теории упругости (волновые задачи). Рассматривается построение конечно-элементных расчетных схем для решения волновых задач динамической линейной теории упругости.

МКЭ для физически нелинейных задач теории упругости. Рассматривается переход к вариационной постановке задачи и построение конечно-элементных расчетных схем для решения задач определения частот и форм колебаний в задачах динамической линейной теории упругости.

МКЭ для задач гидро- и газодинамики
Обсуждается переход от дифференциальной постановки к уравнению в слабой форме и дальнейшая конечно-элементная дискретизация для задач гидро- и газодинамики.

Современные пакеты и вычислительный эксперимент. Решение основных задач в ANSYS.
Описание основной технологии решения задач МСС в пакете ANSYS

Решение статических и динамических линейных задач в пакете ANSYS
Изучается основная технология решения динамических задач МСС в пакете ANSYS

Решение нелинейных задач в пакете ANSYS
На примере постановок физически нелинейных задач линейной теории упругости изучается технология решения задач МСС в пакете ANSYS

Постпроцессорная обработка результатов расчета в пакете ANSYS, визуализация и написание отчетов.
Изучается технология визуализации полученного численного решения задачи в пакете ANSYS

Контрольное занятие
Проводится письменное контрольное занятие (тест).

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. 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>
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>
3. Басов, К. А. ANSYS : справочник пользователя / К. А. Басов. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 640 с. — ISBN 978-5-4488-0064-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/63588.html>

Дополнительная:

1. Механика деформируемого твердого тела / Под ред. В. П. Глазырина. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 1992, ISBN 5-7511-0052-2. -155.
2. Метод конечных элементов: учеб. пособие для вузов / П. М. Варвак, И. М. Бузун, А. С. Городецкий ; ред. П. М. Варвак. - Киев: Вища школа, 1981. -176.-Библиогр.: с. 175
3. Механика сплошных сред в задачах / Под ред. М. Э. Эглит. Т. 2. Ответы и решения. - М.: Моск. Лицей, 1996, ISBN 5-7611-0083-5. -394
4. Механика сплошных сред в задачах / Под ред. М. Э. Эглит. Т. 1. Теория и задачи. - М.: Моск. Лицей, 1996, ISBN 5-7611-0082-7. -396

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 **Современные пакеты и вычислительный эксперимент** 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».

При освоении материала и выполнения 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 лабораторных работ требуется компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (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
Современные пакеты и вычислительный эксперимент**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3 способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем</p>	<p>Обучение навыкам практического использования пакетов вычислительного моделирования на примере использования пакета ANSYS для решения различных задач механики сплошных сред. Обучение способности применять методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач механики сплошных сред.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не умеет поставить задачу вычислительного моделирования динамической задачи - модальный анализ (определение частот и форм колебаний). Не умеет или делает это с грубейшими ошибками подготовить и выполнить модальный анализ в пакете ANSYS.</p> <p align="center">Удовлетворительн Не умеет поставить задачу вычислительного моделирования динамической задачи - модальный анализ (определение частот и форм колебаний). С грубейшими ошибками выполняет модальный анализ в пакете ANSYS.</p> <p align="center">Хорошо В основном правильно формулирует задачу вычислительного моделирования динамической задачи - модальный анализ (определение частот и форм колебаний). С ошибками выполняет модальный анализ в пакете ANSYS.</p> <p align="center">Отлично Правильно формулирует задачу вычислительного моделирования динамической задачи - модальный анализ (определение частот и форм колебаний). Хорошо выполняет модальный анализ в пакете ANSYS.</p>
<p>ПК.5 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p>	<p>Обучение построению расчетной схемы метода конечных элементов на основе анализа свойств оператора задачи. Обучение оформлению результатов решения и обоснованию полученного в пакете ANSYS решения.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не понимает роли метода конечных элементов как численного метода дискретизация задачи. Не умеет выполнять переход от исходной дифференциальной постановки задачи к вариационной и строить расчетную схему МКЭ.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>Обучение конечно-элементному моделированию при решении конкретных прикладных и инженерно-технических задач.</p>	<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Плохо понимает роль метода конечных элементов как численного метода дискретизация задачи. Выполняет с грубыми ошибками переход от исходной дифференциальной постановки задачи к вариационной и с грубыми ошибками строит расчетную схему МКЭ.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Понимает роль метода конечных элементов как численного метода дискретизация задачи. Выполняет с некоторыми ошибками переход от исходной дифференциальной постановки задачи к вариационной и и с некоторыми ошибками строит расчетную схему МКЭ.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Хорошо понимает роль метода конечных элементов как численного метода дискретизация задачи. Выполняет, возможно с некоторыми недочетами переход от исходной дифференциальной постановки задачи к вариационной и строит расчетную схему МКЭ.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

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 46 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 46 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.5 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Дискретизация задачи по пространственным координатам (МКЭ) и по времени. Письменное контрольное мероприятие	Способность использовать аппроксимацию по пространственным координатам и по времени (аппроксимацию Канторовича-Власова) при построении расчетной модели в пакете ANSYS при решении теоретических и прикладных задач механики сплошных сред
ОПК.3 способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	МКЭ для динамических задач теории упругости (частоты и формы колебаний). Письменное контрольное мероприятие	Способность строить и решать, в том числе в пакете ANSYS, конечно-элементные расчетные алгоритмы для задач определения частот и форм колебаний.
ОПК.3 способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	МКЭ для динамических задач теории упругости (волновые задачи). Письменное контрольное мероприятие	Способность формулировать и решать, в том числе в пакете ANSYS, конечно-элементные расчетные алгоритмы для задач распространения волн и моделирования волновых движений.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.5 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Решение статических и динамических линейных задач в пакете ANSYS Письменное контрольное мероприятие	Способность формулировать, решать и оформлять, в том числе в пакете ANSYS, статические и динамические (модальный и волновой анализ) линейные задачи механики сплошных сред.
ПК.5 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Решение нелинейных задач в пакете ANSYS Письменное контрольное мероприятие	Способность формулировать и решать, в том числе в пакете ANSYS, статические нелинейные задачи механики сплошных сред.
ОПК.3 способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем ПК.5 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Контрольное занятие Итоговое контрольное мероприятие	Способность формулировать, решать и оформлять, в том числе в пакете ANSYS, статические и динамические (модальный и волновой анализ) линейные и некоторые нелинейные задачи механики сплошных сред.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Дискретизация задачи по пространственным координатам (МКЭ) и по времени.

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
Показана способность строить конечно-элементные алгоритмы: строить конечно-элементные сетки, матрицы, векторы, и разрешающую СЛАУ расчетного алгоритма.	15
Показана способность строить конечные элементы по пространственным координатам.	10
Показана способность строить расчетные алгоритмы для динамических задач на основе аппроксимации	5

по пространственным координатам и по времени (аппроксимации Канторовича-Власова).	
---	--

МКЭ для динамических задач теории упругости (частоты и формы колебаний).

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Показана способность решить задачу расчета частот и форм колебаний в пакете ANSYS и доказать правильность выполненных расчетов.	4
Показана способность решать в пакете ANSYS задачи расчета частот и форм колебаний.	3
Показана способность строить расчетные алгоритмы для задачи расчета частот и форм колебаний.	3

МКЭ для динамических задач теории упругости (волновые задачи).

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Показана способность решить задачу распространения волн в пакете ANSYS и доказать правильность выполненных расчетов.	4
Показана способность формулировать задачу распространения волн и моделирования волновых движений.	3
Показана способность решить задачу распространения волн в пакете ANSYS.	3

Решение статических и динамических линейных задач в пакете ANSYS

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **8 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Показана способность ставить и решать в пакете ANSYS волновые задачи механики твердого деформируемого тела.	10
Показана способность ставить и решать в пакете ANSYS задачи расчета частот и форм колебаний механики твердого деформируемого тела.	6
Показана способность ставить и решать в пакете ANSYS статические линейные задачи механики твердого деформируемого тела.	4

Решение нелинейных задач в пакете ANSYS

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **8 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Показана способность решить в пакете ANSYS нелинейную задачу.	4
Показана способность решить в пакете ANSYS физически нелинейную задачу.	3
Показана способность решить в пакете ANSYS геометрически нелинейную задачу.	3

Контрольное занятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Показана способность строить вариационные постановки для статических и динамических задач МТДТ.	10
Показана способность использовать пакет ANSYS для решения статических и динамических задач МТДТ.	5
Показана способность строить конечно-элементные алгоритмы для статических и динамических задач МТДТ.	5