

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

Авторы-составители: Пестренина Ирина Владимировна

Рабочая программа дисциплины

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕХАНИКЕ СПЛОШНЫХ СРЕД

Код УМК 92364

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Компьютерные технологии в механике сплошных сред

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую 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 **Компьютерные технологии в механике сплошных сред** 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 | 1 |
| Объем дисциплины (з.е.) | 3 |
| Объем дисциплины (ак.час.) | 108 |
| Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе: | 36 |
| Проведение лекционных занятий | 12 |
| Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку | 24 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 72 |
| Формы текущего контроля | Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1) |
| Формы промежуточной аттестации | Зачет (1 триместр) |

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Компьютерные технологии в механике сплошных сред

Курс предназначен для получения студентами опыта постановок задач механики и построения их решения с помощью инженерного пакета ANSYS. Рассматриваются математические модели, отвечающие различным размерностям (1D, 2D, 3D) и допущениям. Изучаются различные физические модели материала (гиперупругий, упруго-пластический, вязко-упругий). Предполагается самостоятельная работа по каждому разделу с оформлением отчета, включающего постановку задачи, особенности постановки, особенности решения, анализ результатов (с графическим их представлением)

Системы координат, используемые для решения, нагружения и просмотра результатов.

Сечения

Рассматриваются системы координат для

- постановки задачи
- для просмотра результатов
- узловая
- элементная

а также работа с сечениями

Упругость, термоупругость

Рассматриваются постановки и варианты нагружения задачи теплопроводности в стационарной и нестационарной форме.

Обсуждаются шаги нагружения.

Использование результатов решения задачи теплопроводности для последующего анализа термоупругого поведения объекта

Стационарная и нестационарная теплопроводность

Рассматриваются постановки и варианты нагружения задачи теплопроводности в стационарной и нестационарной форме.

Обсуждаются шаги нагружения.

Запись результатов вычисления в файл

Построение контурных линий по сечениям и графиков во времени

Упругость и термоупругость

Использование результатов решения задачи теплопроводности (стационарной и нестационарной) для последующего анализа термоупругого поведения объекта

Изменение напряженного состояния во времени в результате изменения температурного поля (во времени)

Графическое представление решения

Динамика. Модальный и гармонический анализ

Рассматриваются элементы модального анализа.

Построение амплитудно-частотной характеристики в гармоническом анализе

Частоты и формы свободных и вынужденных колебаний

Частоты и формы свободных колебаний.

Виды колебаний.

Определение вида колебаний (выделение из общего спектра)

Редуцированный метод

Динамика. Переходный режим

Рассматриваются нестационарные задачи механики деформируемого твердого тела.

Начальные и граничные условия. Шаги нагружения

Рассматриваются простые нестационарные задачи механики деформируемого твердого тела.

Выясняются размеры шага сетки по пространству и времени.

Рассматривается нагрузка и формируются "шаги" нагружения.

Процедура решения. Полный метод.

Рассматриваются простые нестационарные задачи механики деформируемого твердого тела.

Начальные и граничные условия.

Импульсное воздействие.

Постпроцессорная обработка

Волновые процессы

Решаются задачи распространения волн.

Продольная, поперечная и поверхностная волны.

Гиперупругость

Рассматривается вариант геометрической нелинейности- гиперупругость.

Выбор модели, определение параметров модели гиперупругости.

Нагрузка и разгрузка модели, анализ результатов

Гиперупругость. Построение модели по экспериментальным данным

Выбор модели, определение параметров модели гиперупругости.

Подбор экспериментальных данных и построение параметров модели

Технология решения задачи МДТТ с гиперупругим материалом

Задание параметров модели гиперупругости.

Нагрузка по шагам, варианты постановок задач гиперупругости. обработка результатов

Пластичность

Рассматривается физически нелинейная модель материала.

Изотропное и кинематическое упрочнение.

Решение задач, построение кривой напряжение-деформация.

Выделение остаточных деформаций.

Изотропное упрочнение

Изотропное упрочнение.

Решение задач, построение кривой напряжение-деформация.

Выделение остаточных деформаций.

Кинематическое упрочнение

Кинематическое упрочнение.

Решение задач, построение кривой напряжение-деформация.

Выделение остаточных деформаций.

Построение модели по экспериментальным данным

Обсуждение вариантов моделей пластичности,

построение параметров модели по экспериментальным данным, сравнение применения моделей на тесте.

Контакт. Штамповка

Рассматривается постановка и приемы решения контактных задач.

Комплексный пример: штамповка, объединяющий тему пластические материалы и контакт.

Анализ результатов, написание отчета по теме.

Контактная задача. Контакт, посадка с натягом

Контактная задача в ANSYS. Контактные и ответные элементы, опции контакта.

Примеры: контактная задача с нагрузкой давлением, контакт с натягом (Гадолин)

Самостоятельная работа с использованием знаний раздела пластичность

Самостоятельная работа по штамповке изделия из пластической заготовки.

Контактная задача с использованием материала "пластичность".

Выделение упругой и пластической (остаточной) деформации

Вязкоупругость, ползучесть

Рассматривается нелинейное поведение материала: ползучесть и релаксация.

Изучаются модели и приемы решения.

На простых тестах рассматривается и обнаруживается эффект (ползучесть, релаксация), на решении более сложной модели акцент на постановку и шаги решения.

Анализ результатов

Ползучесть.

Явление ползучести

Изучаются модели и приемы решения.

На простых тестах рассматривается и обнаруживается эффект.

Анализ результатов

Модель вязкого поведения материала

Явление релаксации.

Изучаются модели и приемы решения.

На простых тестах рассматривается и обнаруживается эффект.

Анализ результатов

Фазовый переход

Рассматривается явление фазового перехода (жидкая в твердую и наоборот).

Фазовый переход

Рассматривается явление фазового перехода.

Понятие энтальпии и задание ее параметров в ANSYS.

Решение задач на отверждение и расплав.

Построение фронта фазового перехода графически

Размягчение

Рассматривается явление "размягчения" на примере полимера, подвергающегося неоднородному нагреву.

Самостоятельная работа

Графическое представление решения.

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. Кусяков А. Ш. Конечно-элементное моделирование в среде ANSYS:учеб.-метод. пособие/А. Ш. Кусяков.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-1072-8.-150.-Библиогр.: с. 147
2. Кусяков А. Ш. Компьютерное моделирование на основе ANSYS:учебное пособие/А. Ш. Кусяков.- Пермь:Изд-во Перм. гос. ун-та,2008, ISBN 978-5-7944-1217-8.-168.-Библиогр.: с. 164

Дополнительная:

1. Каплун А. Б.,Морозов Е. М.,Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера:практ. пособие/А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева.-М.:УРСС,2004, ISBN 5-354-00729-1.-272.
2. Геометрическое моделирование в среде ANSYS:методические указания и контрольные задания/Федеральное агентство по образованию Министерства образования и науки РФ, Пермский гос. ун-т.-Пермь:ПГУ,2005.-48.-Библиогр.: с. 46

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu | Электронные ресурсы для ПГНИУ |
| http://www.mathnet.ru/ | Общероссийский математический |
| 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 **Компьютерные технологии в механике сплошных сред** 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 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
Компьютерные технологии в механике сплошных сред**

**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.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики</p> | <p>Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики</p> | <p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Знает формулировки постановок задач механики, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения Не умеет поставить задачу механики как краевую или вариационную, не умеет использовать и создавать эффективные программные инструменты пакета для решения задач механики, не умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения Не владеет навыками решения простых задач МСС, анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает формулировки постановок задач механики, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения Умеет поставить задачу механики как краевую или вариационную, имеет затруднения в использовании программные инструменты пакета для решения задач механики, не умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения Владеет навыками решения простых задач МСС, анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает формулировки постановок задач</p> |

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>механики, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения Умеет поставить задачу механики как краевую или вариационную, умеет использовать программные инструменты пакета для решения задач механики, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения. Владеет навыками решения простых задач МСС, анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает формулировки постановок задач механики, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения Умеет поставить задачу механики как краевую или вариационную, умеет использовать и создавать эффективные программные инструменты пакета для решения задач механики, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения Владеет навыками решения простых задач МСС, анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения.</p> |
| <p>ОПК.4.1 Разрабатывает и совершенствует программные средства для решения задач механики</p> | <p>Разрабатывает и совершенствует программные средства для решения задач механики</p> | <p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Знает основные возможности встроенного языка пакета APDL, умеет формировать программный файл, выгружать исходные данные и результаты в графическом и текстовом формате</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает основные возможности встроенного языка пакета APDL, умеет формировать программный файл, выгружать исходные данные и результаты в графическом и текстовом формате,</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> |

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|-----------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает основные возможности встроенного языка пакета APDL, умеет формировать программный файл, выгружать исходные данные и результаты в графическом и текстовом формате</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные возможности встроенного языка пакета APDL, умеет формировать программный файл, выгружать исходные данные и результаты в графическом и текстовом формате, подключать пакеты программ для анализа, обработки и представления данных</p> |

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

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.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики | Гиперупругость. Построение модели по экспериментальным данным Защищаемое контрольное мероприятие | Знает формулировки постановок задач гиперупругости, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения Умеет использовать программные инструменты пакета для решения задач механики, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения Владеет навыками анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения. |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики | Контактная задача. Контакт, посадка с натягом Защищаемое контрольное мероприятие | Знает формулировки постановок задач пластичности, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения Умеет поставить задачу пластичности как краевую или вариационную с условиями контакта, умеет использовать и создавать эффективные программные инструменты пакета для решения задач механики, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения Владеет навыками анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения. |
| ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики | Фазовый переход Итоговое контрольное мероприятие | Знает формулировки постановок задач механики фазового перехода, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения Умеет поставить задачу механики как краевую или вариационную, умеет использовать программные инструменты пакета для решения задач механики фазового перехода, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения Владеет навыками решения простых задач МСС, анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения. |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Гиперупругость. Построение модели по экспериментальным данным

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

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

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

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Знает формулировки постановок задач упругости, основы метода конечных элементов, | 13 |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения | Умеет использовать программные инструменты пакета для решения задач механики, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения | |
| Владеет навыками анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения. | | 10 |
| Владеет навыками использования языка APDL | | 7 |

Контактная задача. Контакт, посадка с натягом

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

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

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

Проходной балл: **17**

| Показатели оценивания | Баллы |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Владеет навыками анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения задачи пластичности с элементами контактного взаимодействия | 17 |
| Знает формулировки постановок задач пластичности, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения | 13 |
| Умеет поставить задачу пластичности как краевую или вариационную с условиями контакта, умеет использовать и создавать эффективные программные инструменты пакета для решения задач механики, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения | 10 |

Фазовый переход

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

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

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

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания | Баллы |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Знает формулировки постановок задач механики фазового перехода, основы метода конечных элементов, методы оценки абсолютной и относительной погрешности численного решения | 13 |
| Владеет навыками решения простых задач МСС, анализа полученного решения и возможностями представления результатов решения. | 10 |
| Умеет поставить задачу механики как краевую или вариационную, умеет использовать программные инструменты пакета для решения задач механики фазового перехода, умеет строить решение с заданной точностью и интерпретировать результат решения | 7 |