

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Л.В. Гензе

Оценочные материалы по дисциплине

Вычислительная механика

по направлению подготовки

01.04.01 Математика

Направленность (профиль) подготовки:
Моделирование и цифровые двойники

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Е.И. Гурина

Председатель УМК

Е.А. Тарасов

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики.

ОПК-2 Способен строить и анализировать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении.

ПК-1 Способен разрабатывать и внедрять цифровые двойники, используя современные технологии, методы и инструменты, с учетом технических требований заказчика и специфики моделируемых объектов и процессов.

ПК-2 Способен проводить тестирование, валидацию и анализ данных цифровых двойников для обеспечения их корректной работы, оптимизации процессов и принятия решений.

ПК-4 Способен документировать процессы разработки и эксплуатации цифровых двойников, работать в команде и взаимодействовать с заказчиками и специалистами для успешной реализации проектов.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Формулирует поставленную задачу, пользуется языком предметной области, обоснованно выбирает метод решения задачи.

ИОПК 1.2 Анализирует актуальные и значимые проблемы математики и существующие подходы к их решению.

ИОПК 2.1 Анализирует, выбирает и обосновывает математические модели для решения задач в области современного естествознания, техники, экономики и управления.

ИОПК 2.2 Разрабатывает новые и/или адаптирует/совершенствует математические модели для задач современного естествознания, техники, экономики и управления под руководством более квалифицированного работника.

ИПК 1.1 Анализирует и выбирает современные технологии, методы и инструменты для проектирования и разработки цифровых двойников с учетом специфики решаемых задач.

ИПК 1.2 Разрабатывает цифровые двойники на основе технических требований заказчика и особенностей моделируемых объектов и процессов.

ИПК 1.3 Разрабатывает математические модели и алгоритмы для создания математической основы цифровых двойников изделий и технических систем.

ИПК 1.4 Применяет современные программные продукты и среды для моделирования и симуляции цифровых двойников.

ИПК 2.1 Проводит тестирование и отладку цифровых двойников для обеспечения их корректной работы и соответствия заданным параметрам.

ИПК 2.3 Проводит валидацию цифровых двойников для подтверждения их соответствия требованиям заказчика.

ИПК 4.2 Эффективно взаимодействует с инженерами, программистами и заказчиками в рамках командной работы для успешной реализации проектов.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля основаны на опросах при выполнении самостоятельных работ и состоят из следующего перечня заданий, проверяющие ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 2.1, ИОПК 2.2, ИПК 1.1, ИПК 1.2, ИПК 1.3, ИПК 1.4, ИПК 2.1, ИПК 2.3, ИПК 4.2:

1. Как изменить систему единиц измерения?
2. Что показывают значки в правой части каждого элемента блока?
3. Как настроить цвет фона рабочего окна ANSYS Mechanical?
4. Что означает форма коннектора при связывании модулей шаблонов?

5. Какие файлы создаются при сохранении проекта и как их просмотреть?
6. Какие этапы инженерного анализа реализуются в каждом элементе блока Static Structural?
7. Можно ли изменить вид инженерного анализа в блоке, не удаляя его?
8. Что показывают значки в правой части каждого элемента блока?
9. Как вызывается контекстное меню блока? Какие команды оно содержит?
10. Основные предпосылки для использования оболочечных конечных элементов.
11. Настройки инструмента «Средняя поверхность» для преобразования объемных моделей в оболочечные.
12. Виды оболочечных конечных элементов в ANSYS Workbench. Степени свободы конечных элементов.
13. Уравнения закона Гука для плоского деформированного состояния тела.
14. Порядок постановки и решения задачи плоского деформированного состояния тела.
15. Особенности анализа результатов решения задачи с учетом плоского деформированного состояния тела.
16. Методика получения решения, не зависящего от размера КЭ.
17. Понятие числа степеней свободы в узлах конечного элемента.
18. Способы построения структурированных сеток.
19. Принцип Сен-Венана.
20. Влияние способа приложения нагрузок и задания граничных условий на результаты расчета.
21. Причины возникновения концентрации напряжений.
22. Особенности одноосного напряженно-деформированного состояния.
23. Настройки сеточного генератора для анализа конструкций с концентраторами напряжений. Сингулярные точки.
24. Этапы постановки задачи анализа прессовых соединений.
25. Особенности учета контактных взаимодействий при анализе прессовых соединений.
26. Соответствие осей декартовой и полярной систем координат.
27. Особенности вывода результатов по граням и кромкам модели.
28. Какие рабочие окна и области могут использоваться пользователем при работе с модулем ANSYS/Workbench?
29. Из каких ячеек состоит окно проекта в ANSYS/Workbench?
30. Из каких этапов состоит создание компьютерной модели?
31. Какая вкладка проекта позволяет задавать физические свойства материалов?
32. Каким образом можно отредактировать физические свойства выбранного материала?
33. Какие окна и рабочие области присутствуют в окне DesignModeller?
34. Перечислите команды управления просмотром и способы их выполнения.
35. Для чего используются эскизы при создании геометрии модели?
36. Как задаются размеры эскизов при создании геометрии модели?
37. Каким образом можно создать два отдельных тела?
38. Какие логические операции используются при создании моделей?
39. Каким образом можно запустить модуль настройки и генерации сетки?
40. Под какие типы задач может быть настроена сетка с помощью пункта Physics Preference?
41. Каким образом можно в явном виде задать размер элементов сетки?
42. Каким образом можно изменить разброс размеров элементов сетки?
43. Для чего служит параметр создания сетки Refinement?
44. Каким образом можно уменьшить разбиение сетки на отдельной грани?
45. Каким способом можно задать силу действующую, на поверхность или грань?

46. Какие условия на перемещения налагаются в данной задаче?
47. Как задать направление силы, действующей на модель?
48. Как выбрать данные, которые необходимо исследовать после получения решения?
49. Как запустить задачу на расчет?
50. Каким образом можно построить графическое распределение напряжений на грани тела?
51. Какие потоки выходных данных используются для анализа решения данной задачи?
52. Каким образом можно узнать параметры напряженно деформированного состояния в заданной точке?

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Экзаменационный билет проходит в устной форме по билетам и состоит из двух вопросов: один теоретического, один практического характера.

Примеры вопросов теоретического характера, проверяющие ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 2.1, ИОПК 2.2:

1. Постановка проблемы. Постановка вычислительной задачи. Предварительный анализ свойств вычислительной задачи.
2. Выбор или построение численного метода. Алгоритмизация и программирование. Отладка программы.
3. Обработка и интерпретация результатов. Использование результатов и коррекция математической модели.
4. Семейство ANSYS-программ. Обмен данными с другими системами. База данных и формат файлов.
5. Интерфейс пользователя. Процессоры. Препроцессорная подготовка.
6. Получение решения. Постпроцессорная обработка.
7. Язык параметрического программирования. Оптимизация проектных разработок.
8. Твердотельное моделирование. Параметризация модели.
9. Геометрические построения на плоскости. Нисходящее моделирование трехмерных объектов.
10. Построение сетки. Библиотека конечных элементов программы ANSYS.
11. Метод подконструкций. Метод подмоделей.
12. Построение свободной (free) сетки. Построение упорядоченной (mapped) сетки.
13. Расчет ферменных конструкций. Плоский изгиб балок. Расчет плоских рам.
14. Использование метода Ньютона-Рафсона. Пошаговое нагружение и равновесные итерации.
15. Пределы сходимости. Консервативные и неконсервативные системы. Путь нагружения.
16. Число шагов решения и автоматический выбор шага. Направление нагрузок и перемещений.
17. Подготовка исходных данных для геометрической модели. Формирование геометрической модели объекта. Формирование конечно-элементной модели.
18. Формирование нагрузок и граничных условий. Расчет напряженно-деформированного состояния. Визуализация результатов

Примеры вопросов практического характера, проверяющие ИПК 1.1, ИПК 1.2, ИПК 1.3, ИПК 1.4, ИПК 2.1, ИПК 2.3, ИПК 4.2:

1. Задачи, решаемые с помощью ANSYS.
2. Структура программы ANSYS.

2. Основные файлы ANSYS.
3. Графический интерфейс пользователя: окна, меню.
4. Интерактивный и пакетный режимы работы. Язык APDL.
5. Этапы решения задачи в ANSYS.
6. Запуск программы ANSYS и выход из неё.
7. Матрицы, матрица-вектор.
8. Операции над матрицами.
9. Матричная запись системы уравнений.
10. Общие сведения о методе конечных элементов (МКЭ).
11. Разбиение исследуемого объекта на конечные элементы.
12. Степени свободы.
13. Аппроксимация с помощью функций формы.
14. Типы конечных элементов.
15. Разрешающие уравнения МКЭ.
16. Расчёт МКЭ ферм.
17. Ферменный (одномерный) конечный элемент. Реализация в ANSYS.
18. Основные матрицы и соотношения при моделировании фермы.
19. Обоснование уравнений МКЭ путём рассмотрения равновесия узлов.
20. Свойства матрицы жёсткости.
21. Учёт граничных условий в перемещениях.
22. Расчёт МКЭ балок и рам.
24. Стержневой конечный элемент. Реализация в ANSYS.
23. Учёт не узловых сил, действующих на стержневой конечный элемент.
24. Основные матрицы и соотношения при моделировании рам.
25. Плоский (двухмерный) конечный элемент. Реализация в ANSYS.
26. Основные матрицы и соотношения при моделировании пластины.
27. Плоское напряжённое и плоское деформированное состояния.
28. Типы плоских конечных элементов. Реализация в ANSYS.
29. Трёхмерные конечные элементы. Реализация в ANSYS.
30. Основные матрицы и соотношения при анализе МКЭ трёхмерных упругих задач.
31. Типы объёмных конечных элементов. Реализация в ANSYS.
32. Осесимметричные конечные элементы. Реализация в ANSYS

Критерии оценивания:

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если:

– обучающийся воспроизводит и объясняет с требуемой степенью научной точности и полноты сведения по вопросу;

– материал излагается в логической последовательности;

– обучающийся обоснованно отвечает на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если:

– обучающийся воспроизводит сведения по вопросу, раскрывая его;

– материал излагается в логической последовательности;

– имеются незначительные недочеты в изложении материала;

– обучающийся на поставленные вопросы отвечает с некоторыми недочетами.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если:

– обучающийся частично воспроизводит сведения по вопросу;

– ответ неполный, непоследовательный, нарушена логика изложения;

– основные понятия формулируются неопределенно;

– обучающийся затрудняется при ответе на дополнительные вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если:

– нет ответа.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Контрольные вопросы, проверяющие ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 2.1, ИОПК 2.2, ИПК 1.1, ИПК 1.2, ИПК 1.3, ИПК 1.4, ИПК 2.1, ИПК 2.3, ИПК 4.2:

1. Перечислите типы анализа, проведение которых возможно в ANSYS WORKBENCH.

2. Перечислите этапы проведения инженерного анализа в ANSYS WORKBENCH.

3. Сравните преимущества и недостатки ANSYS WORKBENCH и ANSYS Mechanical APDL.

4. Что содержится в окне Project Schematic?

5. Какие инструменты содержатся в окне Design Exploration?

6. Возможности какого окна целесообразно использовать при решении междисциплинарных задач?

7. Перечислите основные модули и приложения, используемые в ANSYS WORKBENCH для работы с проектом.

8. Какие файлы формируются при работе с комплексом?

9. Опишите структуру проекта статического прочностного анализа Steady-State Thermal.

10. Каковы основные задачи можно решать с использованием LOG-файла?

11. Каким образом можно запустить модуль настройки и генерации сетки?

12. Каким образом можно в явном виде задать размер элементов сетки?

13. Каким образом можно изменить разброс размеров элементов сетки?

14. Каким образом можно уменьшить разбиение сетки на отдельной грани?

15. Каким способом можно задать силу действующую, на поверхность или грань?

16. Какие условия на перемещения налагаются в данной задаче?

17. Как задать направление силы, действующей на модель?

18. Как выбрать данные, которые необходимо исследовать после получения решения?

19. Как запустить задачу на расчет?

20. Каким образом можно построить графическое распределение напряжений на грани тела?

21. Какие потоки выходных данных используются для анализа решения данной задачи?

22. Каким образом можно узнать параметры напряженно деформированного состояния в заданной точке?

Информация о разработчиках

Радченко Павел Андреевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий сектором 22 НИИ ПММ ТГУ.

Курс «**Вычислительная механика**» разработан при поддержке Регионального научно-образовательного математического центра Томского государственного университета ([НОМЦ ТГУ](#)).