

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ

| | |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки | 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Пилотируемые и автоматические космические аппараты и системы |
| Уровень высшего образования | Специалитет |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космическая техника |
| Выпускающая кафедра | А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 4 | 8 | 4 | 144 | 51 | 17 | 0 | 34 | 93 | 0 | 0 | 93 | диф. зач. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Бокучава Петр Нугзариевич, старший преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-4 — Способен проводить расчётно-экспериментальные исследования прочности элементов космических аппаратов при силовом и температурном воздействиях

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-4

знания:

Возможности, преимущества и недостатки методов строительной механики;

Основные принципы формирования расчетных моделей;

умения:

Изложить методы и результаты, связанные с решением прикладных задач МДТТ методом конечных элементов;

Моделировать и решать задачи с использованием прикладных программ МКЭ;

навыки:

Самостоятельно формулировать и решать задачи МДТТ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ДЕТАЛИ МАШИН**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % |
|---------------------|---------|---|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ПК-4 |
| 4 | 8 | Раздел 1. Введение. 1.1 Предмет строительной механики 1.2 Классификация задач строительной механики. | 13 | 3 | 1 | 2 | 10 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 2. Введение в численные методы. 2.1 Математические основы численных методов 2.2 Численные методы строительной механики. | 22 | 7 | 3 | 4 | 15 | 15 |
| 4 | 8 | Раздел 3. Метод конечных элементов. 3.1 Метод конечных элементов (МКЭ) 3.2 Линейные интерполяционные полиномы 3.3 Интерполяционные полиномы высокого порядка 3.4 Интерполяционные полиномы для дискретизованной области. | 25 | 10 | 4 | 6 | 15 | 20 |
| 4 | 8 | Раздел 4. Решение задач МДТТ. 4.1 Применение МКЭ к решению задач МДТТ 4.2 Виды задач теории упругости. | 27 | 12 | 4 | 8 | 15 | 20 |
| 4 | 8 | Раздел 5. Решение нелинейных и нестационарных задач МДТТ. 5.1 Нелинейные задачи МДТТ 5.2 Задачи переходных динамических процессов 5.3 Другие виды нестационарных задач. | 21 | 6 | 2 | 4 | 15 | 15 |
| 4 | 8 | Раздел 6. Программная реализация МКЭ. 6.1 Построение конечно-элементных сеток 6.2 Программные комплексы, реализующие МКЭ. | 20 | 7 | 1 | 6 | 13 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 7. Практические вопросы построения и реализации КЭ моделей. Ознакомление с препроцессорами, адаптация CAD-моделей для последующего расчета в пакете ANSYS. | 16 | 6 | 2 | 4 | 10 | 10 |
| Всего за 8 семестр | | | 144 | 51 | 17 | 34 | 93 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 51 | 17 | 34 | 93 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|--------------------|--|--|-------------------|
| 1 | Раздел 1. Введение. | Решение задач МДТТ вычислительными методами строительной механики. | 2 |
| 2 | Раздел 2. Введение в численные методы. | Расчет числовых параметров случайных величин | 2 |
| 3 | | Методы линейной алгебры в расчетах конструкций | 2 |
| 4 | Раздел 3. Метод конечных элементов. | Расчет на прочность плоских стержневых систем при помощи МКЭ | 2 |
| 5 | | Расчет на прочность плоских, трехмерных и осесимметричных конструкций при помощи МКЭ | 4 |
| 6 | Раздел 4. Решение задач МДТТ. | Решение задач прочности и устойчивости конструкций | 8 |
| 7 | Раздел 5. Решение нелинейных и нестационарных задач МДТТ. | Решение нелинейных задач МДТТ при помощи МКЭ | 2 |
| 8 | | Решение задач переходных динамических процессов МДТТ при помощи МКЭ | 2 |
| 9 | Раздел 6. Программная реализация МКЭ. | Расчет на прочность плоских, трехмерных и осесимметричных конструкций при помощи пакета ANSYS. | 2 |
| 10 | | Решение нелинейных задач МДТТ при помощи пакета ANSYS. | 2 |
| 11 | | Решение задач устойчивости и колебаний конструкций при помощи пакета ANSYS. | 2 |
| 12 | Раздел 7. Практические вопросы построения и реализации КЭ моделей. | Алгоритмы построения КЭ сеток для различных типов задач. | 2 |
| 13 | | Адаптация CAD моделей для расчета в пакете ANSYS. | 2 |
| Всего за 8 семестр | | | 34 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|--------------------|--|--------------------------------------|--------------|
| 1 | Раздел 1. Введение. | Подготовка к опросу | 3 |
| 2 | | Подготовка к практическим занятиям | 7 |
| 3 | Раздел 2. Введение в численные методы. | Подготовка к опросу | 5 |
| 4 | | Подготовка к практическим занятиям | 10 |
| 5 | Раздел 3. Метод конечных элементов. | Подготовка к практическим занятиям | 5 |
| 6 | | Выполнение домашнего задания №1 | 10 |
| 7 | Раздел 4. Решение задач МДТТ. | Подготовка к практическим занятиям10 | 5 |
| 8 | | Подготовка к опросу | 10 |
| 9 | Раздел 5. Решение нелинейных и нестационарных задач МДТТ. | Подготовка к практическим занятиям | 10 |
| 10 | | Подготовка к опросу | 5 |
| 11 | Раздел 6. Программная реализация МКЭ. | Подготовка к практическим занятиям | 4 |
| 12 | | Выполнение домашнего задания №2 | 9 |
| 13 | Раздел 7. Практические вопросы построения и реализации КЭ моделей. | Подготовка к практическим занятиям | 7 |
| 14 | | Подготовка к опросу | 3 |
| Всего за 8 семестр | | | 93 |

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------|---|---|---|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 8 | | | | | ОС | ДР | | | ДЗ | ДР | | ОС | | | ДЗ | ДР | диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ОС – устный опрос студентов;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика. СПб.: Лань, 2010, эл. рес.
2. В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Изд-во СамГТУ, 2013, эл. рес.
3. Л. И. Балабух, Н. А. Алфутков, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет. М.: Высш. шк., 1984, 46 экз.
4. Н. Н. Шапошников, Р. Е. Кристалинский, А. В. Дарков. . Строительная механика. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. . ANSYS в руках инженера. М.: УРСС, 2003, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://www.biblio-online.ru/>;
3. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4 Способен проводить расчётно-экспериментальные исследования прочности элементов космических аппаратов при силовом и температурном воздействиях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с реализацией и сценариями применения метода конечных элементов к решению различных типов задач.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы | Рекомендуемая литература | Трудоемкость, час. |
|---|---|--------------------|
| Раздел 1. Введение. | | |
| Подготовка к опросу | Л. И. Балабух, Н. А. Алфутов, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет: М.: Высш. шк., 1984 (1) Н. Н. Шапошников, Р. Е. Кристалинский, А. В. Дарков. . Строительная механика: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1,2) | 3 |
| Подготовка к практическим занятиям | | 7 |
| Итого по разделу 1 | | 10 |
| Раздел 2. Введение в численные методы. | | |
| Подготовка к опросу | А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (13) | 5 |
| Подготовка к практическим занятиям | | 10 |
| Итого по разделу 2 | | 15 |
| Раздел 3. Метод конечных элементов. | | |
| Подготовка к практическим занятиям | А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (11) | 5 |
| Выполнение домашнего задания №1 | | 10 |
| Итого по разделу 3 | | 15 |
| Раздел 4. Решение задач МДТТ. | | |
| Подготовка к практическим занятиям10 | А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (11) | 5 |
| Подготовка к опросу | | 10 |
| Итого по разделу 4 | | 15 |
| Раздел 5. Решение нелинейных и нестационарных задач МДТТ. | | |
| Подготовка к практическим занятиям | А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (10,12) | 10 |
| Подготовка к опросу | | 5 |
| Итого по разделу 5 | | 15 |
| Раздел 6. Программная реализация МКЭ. | | |
| Подготовка к практическим занятиям | А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. . ANSYS в руках инженера: М.: УРСС, 2003 (Часть 1, главы 1,2; Часть 2, глава 1) | 4 |
| Выполнение домашнего задания №2 | | 9 |

| | | |
|--|--|----|
| Итого по разделу 6 | | 13 |
| Раздел 7. Практические вопросы построения и реализации КЭ моделей. | | |
| Подготовка к практическим занятиям | В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Самара: Изд-во СамГТУ, 2013 (2-6) | 7 |
| Подготовка к опросу | | 3 |
| Итого по разделу 7 | | 10 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- устный опрос студентов;
- домашнее задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Устный опрос студентов

Обучающемуся задаются вопросы по учебным материалам соответствующих разделов программы дисциплины. Перечень вопросов представлен в состав УМК дисциплины.

"Сдано" - получен верный ответ на вопрос преподавателя.

"Не сдано" - отсутствие верного ответа на вопрос преподавателя.

Домашнее задание

Рабочей программой предусмотрено 2 домашних задания по разделам дисциплины. Комплект домашних заданий входит в состав УМК дисциплины.

Домашнее задание считается принятым при выполнении всех следующих критериев:

- правильность результатов расчета;
- правильность выполнения графической части задания;
- правильность оформления отчета (структурная упорядоченность, наличие всех необходимых разделов);
- допускаются незначительные исправления в отчете.

Домашнее задание не может быть принято и подлежит доработке в случае:

- ошибок в расчетах и при оформлении графического материала;
- небрежного и безграмотного оформления отчета.

При сдаче домашнего задания предусматриваются ответы студента на вопросы преподавателя. Критерии оценивания:

- «отлично», если студент дал полный ответ на 2 основных вопроса и возможные дополнительные вопросы;
- «хорошо», если студент ответил на 2 основных вопроса с незначительными погрешностями и дал неполные ответы на дополнительные вопросы;
- «удовлетворительно», если студент дал неполные ответы на 2 основных вопроса и не ответил на отдельные дополнительные вопросы;
- «неудовлетворительно», если студент не ответил на три вопроса преподавателя. Работа подлежит повторной сдаче.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет оформляется по результатам выполнения предусмотренных рабочей программой контрольных мероприятий.

Оценка за дифференцированный зачет определяется на основе среднего арифметического оценок, полученных при сдаче домашних заданий.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ПК-4 | |
| 4 | 8 | Раздел 1. Введение. | 13 | 3 | 1 | 2 | 10 | 10 | Устный опрос студентов |
| 4 | 8 | Раздел 2. Введение в численные методы. | 22 | 7 | 3 | 4 | 15 | 15 | Устный опрос студентов |
| 4 | 8 | Раздел 3. Метод конечных элементов. | 25 | 10 | 4 | 6 | 15 | 20 | Домашнее задание |
| 4 | 8 | Раздел 4. Решение задач МДТТ. | 27 | 12 | 4 | 8 | 15 | 20 | Устный опрос студентов |
| 4 | 8 | Раздел 5. Решение нелинейных и нестационарных задач МДТТ. | 21 | 6 | 2 | 4 | 15 | 15 | Устный опрос студентов |
| 4 | 8 | Раздел 6. Программная реализация МКЭ. | 20 | 7 | 1 | 6 | 13 | 10 | Домашнее задание |
| 4 | 8 | Раздел 7. Практические вопросы построения и реализации КЭ моделей. | 16 | 6 | 2 | 4 | 10 | 10 | Устный опрос студентов |
| Всего за 8 семестр | | | 144 | 51 | 17 | 34 | 93 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 51 | 17 | 34 | 93 | 100 | |

ПК-4 - Способен проводить расчётно-экспериментальные исследования прочности элементов космических аппаратов при силовом и температурном воздействиях

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Что изучает строительная механика?

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как происходит переход от реального объекта к расчетной схеме?

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Прямой метод
2. Вариационный метод
3. Метод невязок

А. Метод основан на принципах стационарности некоторой переменной, зависящей от одной или нескольких функций (такая переменная носит название функционала). Применительно к механике деформируемого твердого тела эта переменная представляет собой потенциальную (функционал Лагранжа) или дополнительную (функционал Кастилиано) энергию системы или формируется на основе этих двух энергий (функционалы Хеллингера-Рейсснера, Ху-Вашицу). Если в функционал подставить аппроксимирующие выражения искомых функций и применить к нему экстремальные принципы (соответственно принцип Лагранжа, принцип Кастилиано и т. д.), получим систему алгебраических уравнений, решением которой будут значения узловых неизвестных.

В. Метод аналогичен матричному методу перемещений для стержневых систем, в основе его лежат положения, которые использовались на ранней стадии развития МКЭ. Этот метод удобен своей простотой и очевидным геометрическо-физическим значением отдельных шагов аппроксимации. Соотношения для КЭ здесь строятся непосредственно на основе трех групп уравнений (трех сторон задачи): статической, геометрической и физической. Область применения прямого метода весьма ограничена: его можно использовать лишь для конечных элементов простой геометрии с малым числом степеней свободы в узле.

С. Метод основан на балансе различных видов энергии, записанном в интегральной форме. Этот метод успешно применяется при решении нелинейных и динамических задач.

Д. Метод представляет собой наиболее общий подход к построению основных соотношений МКЭ. Этот метод целесообразно применять при решении задач, у которых трудно или невозможно сформулировать вариационное уравнение, т.е. функционал. Суть метода заключается во введении некоторой дельты – отклонении приближенного аппроксимативного решения от точного решения дифференциальных уравнений для данной задачи. Чтобы получить "наилучшее" решение, необходимо минимизировать некоторый интеграл от дельт по расчетной области. Для повышения эффективности в подынтегральное выражение наряду с самой дельтой обычно вводится так называемая весовая функция, в этом случае к названию метода добавляется слово "взвешенных". Выбор схемы минимизации и весовых функций определяет различные варианты этого метода.

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Жесткость элемента | А. Численный метод решения дифференциальных уравнений, основанный на дискретизации расчетной области. |
| 2. Метод конечных элементов (МКЭ) | В. Матрица, связывающая узловые силы и перемещения в КЭ. |
| 3. Закон Гука | С. Отношение изменения длины к исходной длине. |
| 4. Напряжение (σ) | Д. Сила, действующая на единицу площади. |

5. Деформация Е. Линейная зависимость напряжения от деформации: $\sigma = E \cdot \epsilon$.

6. Коэффициент Пуассона (ν)

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите этапы подготовки конечно-элементной модели в правильном порядке.

1. Назначение граничных условий и нагрузок;
2. Подготовка геометрии;
3. Запуск расчета и анализ результатов;
4. Генерация сетки;
5. Выбор типа элементов и материала.

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

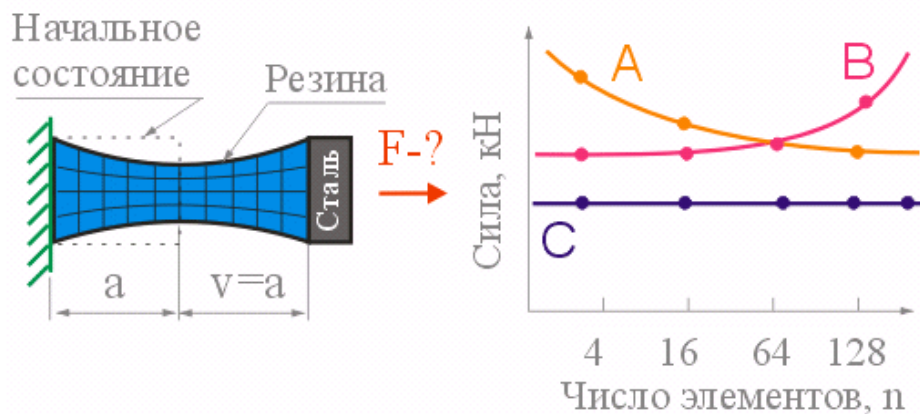
Укажите правильный порядок действий при проверке сеточной сходимости.

1. Провести расчет с более мелкой сеткой;
2. Сравнить ключевые результаты (напряжения, перемещения) с предыдущим шагом;
3. Построить график зависимости результата от размера элемента;
4. Выбрать начальный размер сетки и выполнить расчет;
5. Определить достаточный размер сетки, при котором измельчение не увеличивает точность расчета.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Жестко защемленный правый конец резиновой пластины был перемещен на величину длины пластины. Задача была решена нелинейным конечно-элементным методом. Рассчитывалась величина силы.

Как изменяется вычисляемое значение в зависимости от количества конечных элементов в модели?

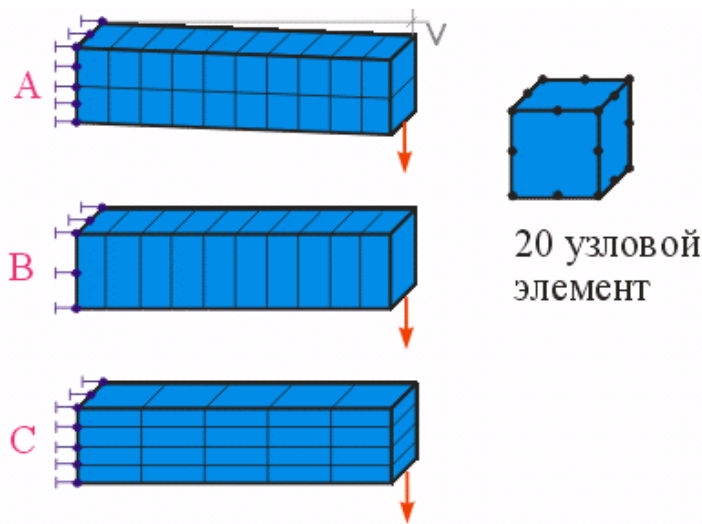


- А. Кривая А
- В. Кривая В
- С. Кривая С
- Д. Верного ответа нет среди предложенных

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Прогиб балки v может быть вычислен с помощью теории упругости и конечно-элементным анализом.

Выберите лучшую сетку для конечно-элементного анализа.

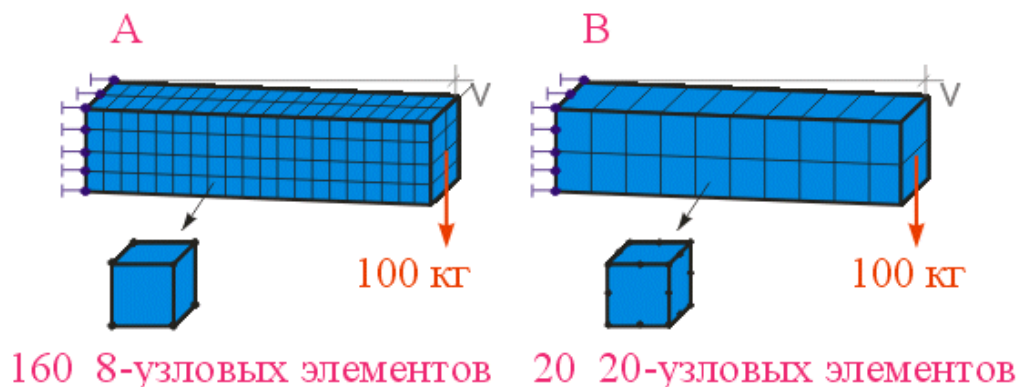


- A. Сетка A
- B. Сетка B
- C. Сетка C
- D. Ни одна из предложенных

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Консольная балка загружена вертикальной силой 100 кг на правом конце. Задача имеет точное решение в теории упругости. Эта же задача была решена методом конечных элементов с 8-узловыми и 20-узловыми элементами.

Как может быть описана реализация решения методом конечных элементов?



- A. 160 8-узловых элементов
- B. 20 20-узловых элементов
- C. Оба имеют ошибки меньше 0.1%
- D. Оба обладают неудовлетворительной точностью

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие факторы критически влияют на сходимость решения в конечно-элементном анализе?

- A. Использование только квадратичных элементов (без линейных)
- B. Учет сингулярности напряжений в зонах концентрации
- C. Размер и тип конечных элементов
- D. Корректность граничных условий

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие из утверждений о решении уравнений в МКЭ верны?

- A. Для симметричных задач хорошо подходит метод сопряжённых градиентов
- B. Прямые методы всегда лучше для больших задач
- C. Специальная подготовка матрицы (предобуславливание) ускоряет расчет
- D. Для нелинейных задач используют последовательные приближения

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В каких случаях требуется нелинейный анализ?

- A. Учет пластических деформаций
- B. Расчет линейного упругого деформирования
- C. Моделирование контакта с трением
- D. Анализ больших перемещений (геометрическая нелинейность)