

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

| | |
|---|---|
| Направление/специальность подготовки | 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Крылатые ракеты |
| Уровень высшего образования | Специалитет |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космической техники |
| Выпускающая кафедра | А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ |

| 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 | 7 | 4 | 144 | 51 | 34 | 0 | 17 | 93 | 0 | 0 | 93 | ЭКЗ. |

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: 2024

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Сятчихин Алексей Александрович, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

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:

ОПК-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

основы теории расчета на прочность и устойчивость брусьев, пластин и оболочек при различных способах нагружения и закрепления;

анализ поведения отдельных элементов внутри силовой конструкции и их взаимодействие с другими элементами;

умения:

составление расчетных схем силовых конструкций для проведения анализа и оценки несущей способности конструкции;

проведение анализа конструкции на прочность и устойчивость при различных способах нагружения;

навыки:

понимание возможности инженерных пакетов для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкции;

постановка задачи для поиска оптимальных решений с использованием компьютерных технологий;

владение методиками анализа конструкции на прочность и устойчивость при различных способах нагружения;

применение компьютерных технологий на стадиях анализа и синтеза проектных решений на этапах проектирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЕХАНИКА СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ, КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ПРИКЛАДНЫЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ**.

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
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ОПК-8 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

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 | | ОПК-5 |
| 4 | 7 | Раздел 1. Теория тонких оболочек. 1. Гипотезы теории тонких оболочек. Деформация срединной поверхности и произвольного слоя оболочки. 2. Физические уравнения. Внутренние погонные усилия и моменты в оболочке. 3. Уравнения равновесия. | 36 | 11 | 8 | 3 | 25 | 15 |
| 4 | 7 | Раздел 2. Безмоментные оболочки. 1. Уравнения безмоментной теории. 2. Напряжения и перемещения в оболочках, нагруженных внутренним давлением. 3. Напряжения в оболочках, заполненных жидкостью. | 45 | 17 | 12 | 5 | 28 | 35 |
| 4 | 7 | Раздел 3. Цилиндрические оболочки. 1. Цилиндрическая оболочка, нагруженная по краям перерезывающей силой и изгибающим моментом. 2. Краевой эффект в области сопряжения оболочки с днищем, элементами силового набора. | 39 | 13 | 8 | 5 | 26 | 25 |
| 4 | 7 | Раздел 4. Устойчивость элементов конструкций. 1. Физическая картина поведения элементов конструкции при потере устойчивости. 2. Местная и общая потери устойчивости. Основные гипотезы и уравнения. 3. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии и внешнем давлении. | 24 | 10 | 6 | 4 | 14 | 25 |
| Всего за 7 семестр | | | 144 | 51 | 34 | 17 | 93 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 51 | 34 | 17 | 93 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|--------------------|---|--|-------------------|
| 1 | Раздел 1. Теория тонких оболочек. | Физические уравнения. Внутренние погонные усилия и моменты в оболочке. | 1 |
| 2 | | Уравнения равновесия элемента тонкой оболочки. | 2 |
| 3 | Раздел 2. Безмоментные оболочки. | Уравнения безмоментной теории оболочек. | 2 |
| 4 | | Исследование безмоментных напряжений в днищах, нагруженных давлением. | 3 |
| 5 | Раздел 3. Цилиндрические оболочки. | Краевые эффекты в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением. | 3 |
| 6 | | Краевые эффекты в области сопряжения с элементами силового набора. | 2 |
| 7 | Раздел 4. Устойчивость элементов конструкций. | Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии. | 2 |
| 8 | | Устойчивость цилиндрической оболочки при внешнем давлении. | 2 |
| Всего за 7 семестр | | | 17 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|-------|---|--|--------------|
| 1 | Раздел 1. Теория тонких оболочек. | Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела. | 8 |
| 2 | | Подготовка к выполнению практической работы № 1. | 14 |
| 3 | | Оформление отчета по работе № 1. | 3 |
| 4 | Раздел 2. Безмоментные оболочки. | Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела. | 11 |
| 5 | | Подготовка к выполнению практической работы № 2. | 15 |
| 6 | | Оформление отчета по работе № 2. | 2 |
| 7 | Раздел 3. Цилиндрические | Подготовка к восприятию лекционного | 6 |

| | | | |
|--------------------|---|--|----|
| | оболочки. | материала по теме раздела. | |
| 8 | Раздел 4. Устойчивость элементов конструкций. | Подготовка к выполнению практической работы № 3. | 18 |
| 9 | | Оформление отчета по работе № 3. | 2 |
| 10 | | Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела. | 3 |
| 11 | | Подготовка к выполнению практической работы № 4. | 10 |
| 12 | | Оформление отчета по работе № 4. | 1 |
| Всего за 7 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 |
| 7 | | | | ИПЗ | | ДР | | ИПЗ | | ДР | | ИПЗ | | | ИПЗ | ДР | Вопр. Экз |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

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. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 194 экз.
3. В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 129 экз.
4. В. И. Погорелов. . Метод конечных элементов для расчёта НДС цилиндрической оболочки. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , эл. рес.
5. В. И. Усюкин. . Строительная механика конструкций космической техники. М.: Машиностроение, 1988, 16 экз.
6. И. Ф. Образцов, Л. А. Булычёв, В. В. Васильев. . Строительная механика летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1986, 16 экз.
7. Л. И. Балабух, Н. А. Алфутков, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет. М.: Высш. шк., 1984, 46 экз.
8. Н. Н. Шапошников, Р. Е. Кристалинский, А. В. Дарков. . Строительная механика. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
9. С. Н. Кан. . Строительная механика оболочек. М.: Машиностроение, 1966, 15 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. . Пластинки и оболочки. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Авиакосмическое приборостроение;
2. Деформация и разрушение материалов;
3. Металловедение и термическая обработка металлов;
4. Проблемы машиностроения и автоматизации.

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

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

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;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. КОМПАС-3D V17.

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. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
3. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
4. КОМПАС-3D V17.

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 **МЕХАНИКА СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-5 способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с анализом напряженно-деформированного состояния и несущей способности тонкостенных элементов конструкций, основанных на гипотезах и уравнениях теории упругости.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 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. Теория тонких оболочек. | | |
| Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела. | В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (1-2) А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (1-3) И. Ф. Образцов, Л. А. Булычёв, В. В. Васильев. . Строительная механика летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (1) | 8 |
| Подготовка к выполнению практической работы № 1. | В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (6-7) И. Ф. Образцов, Л. А. Булычёв, В. В. Васильев. . Строительная механика летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (1) | 14 |
| Оформление отчета по работе № 1. | С. Н. Кан. . Строительная механика оболочек: М.: Машиностроение, 1966 (1) Н. Н. Шапошников, Р. Е. Кристалинский, А. В. Дарков. . Строительная механика: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1-6) | 3 |
| Итого по разделу 1 | | 25 |
| Раздел 2. Безмоментные оболочки. | | |
| Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела. | В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (1-4) С. Н. Кан. . Строительная механика оболочек: М.: Машиностроение, 1966 (1) | 11 |
| Подготовка к выполнению практической работы № 2. | Л. И. Балабух, Н. А. Алфутов, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет: М.: Высш. шк., 1984 (1) В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (7-8) | 15 |
| Оформление отчета по работе № 2. | В. И. Усюкин. . Строительная механика конструкций космической техники: М.: Машиностроение, 1988 (1) | 2 |
| Итого по разделу 2 | | 28 |
| Раздел 3. Цилиндрические оболочки. | | |
| Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела. | С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. . Пластинки и оболочки: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966 (2-4) В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (8-10) | 6 |
| Подготовка к выполнению практической работы № 3. | | 18 |
| Оформление отчета по работе № 3. | В. И. Погорелов. . Метод конечных элементов для расчёта НДС цилиндрической оболочки: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. | 2 |

| | | |
|--|--|----|
| | Д. Ф. Устинова, (1) С. Н. Кан. . Строительная механика оболочек: М.: Машиностроение, 1966 (1) | |
| Итого по разделу 3 | | 26 |
| Раздел 4. Устойчивость элементов конструкций. | | |
| Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела. | С. Н. Кан. . Строительная механика оболочек: М.: Машиностроение, 1966 (2) В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (9-12) | 3 |
| Подготовка к выполнению практической работы № 4. | | 10 |
| Оформление отчета по работе № 4. | | 1 |
| Итого по разделу 4 | | 14 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

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.

Индивидуальное практическое задание

Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов.

Защита отчета по ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе, ответов на вопросы преподавателя и предусматривает обсуждение порядка решения предусмотренных ее тематикой задач, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, работа и отчет считается принятыми.

Вопросы выдаются студенту выборочно. Практикуется как индивидуальная, так и групповая сдача работы, реализуемая в виде «круглого стола».

Перечень вопросов приведен в УМК дисциплины.

Вопросы к экзамену

1. Классификация оболочек. Гипотезы Лава - Кирхгоффа. Сравнение гипотез.
2. Деформация срединной поверхности.
3. Деформация произвольного слоя оболочки. Перемещения в произвольном слое.
4. Перемещения и углы поворота
5. Закон Гука для ортотропного материала.
6. Внутренние усилия и моменты в оболочке.
7. Физические уравнения, записанные через внутренние усилия и моменты.
8. Внутренние усилия и моменты в изотропной однослойной оболочке.
9. Внутренние усилия и моменты в ортотропной однослойной оболочке.
10. Внутренние усилия и моменты в вафельной оболочке.
11. Деформации, выраженные через усилия и моменты. для изотропной оболочки.
12. Напряжения, выраженные через усилия и моменты, для изотропной оболочки.
13. Уравнения равновесия малого элемента оболочки для сил.
14. Уравнения равновесия малого элемента оболочки для моментов.
15. Условия существования безмоментного напряженного состояния.
16. Уравнения равновесия безмоментной оболочки.
17. Геометрические уравнения безмоментных оболочек.
18. Физические уравнения однослойной безмоментной оболочки.
19. Уравнения безмоментных оболочек при симметричной нагрузке.
20. Сфера, нагруженная постоянным давлением.
21. Конус, нагруженный постоянным давлением.
22. Цилиндр, нагруженный постоянным давлением.
23. Эллиптическое днище, нагруженное постоянным давлением.
24. Торосферическое днище, нагруженное постоянным давлением.
25. Торовый сосуд, нагруженный внутренним давлением.

26. Расчетная схема и напряжения в баке, подвешенном на стержнях.
27. Уравнения равновесия верхней части бака, подвешенного на стержнях.
28. Уравнения равновесия нижней части бака, подвешенного на стержнях.
29. Полусферическое днище, заполненное жидкостью.
30. Эллиптическое днище, заполненное жидкостью.
31. Коническое днище, заполненное жидкостью.
32. Торосферическое днище, заполненное жидкостью.
33. Уравнение краевого эффекта в цилиндрической оболочке.
34. Исследование частного решения уравнения краевого эффекта в цилиндрической оболочке.
35. Общее решение уравнения краевого эффекта в цилиндрической оболочке.
36. Краевые напряжения в области эллиптического днища.
37. Краевой эффект в области жесткой заделки.
38. Краевой эффект в области соединения с фланцем.
39. Краевой эффект в области плоского днища.
40. Основные гипотезы пологих оболочек.
41. Уравнения пологих оболочек.
42. Область использования теории пологих оболочек и методы решения.
43. Диаграмма потери устойчивости оболочкой, влияние геометрических несовершенств.
44. Разрешающее уравнение для исследования устойчивости оболочек при безмоментном докритическом состоянии.
45. Устойчивость оболочки средней длины при осевом сжатии.
46. Устойчивость короткой оболочки при осевом сжатии.
47. Устойчивость длинной, оболочки при осевом сжатии.
48. Устойчивость оболочки, нагруженной внешним давлением.

Экзамен

Промежуточная аттестация по дисциплине в 7 семестре проводится в форме сдачи экзамена.

Условия допуска к сдаче экзамена:

- выполнения предусмотренных рабочей программой контрольных мероприятий: защиты выполненных заданий практических работ.

Критерии оценивания:

- правильные полные и четкие ответы на все вопросы преподавателя, при технически грамотном представлении - «отлично»;
- правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на поставленные преподавателем вопросы, при грамотном представлении материала - «хорошо»;
- правильные ответы на большую часть поставленных вопросов при недостаточном полном их освещении при достаточном грамотном оформлении материала - «удовлетворительно»;
- неправильные и неполные ответы на все поставленные преподавателем вопросы при технически неграмотном изложении - «неудовлетворительно».

Минимальные требования, предъявляемые к студенту для положительной оценки знаний на экзамене. Оценка "Отлично" выставляется студенту, прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающему. При этом студент не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с литературой, правильно обосновывает принятые решения. Оценка "Хорошо" выставляется студенту, знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Оценка "Удовлетворительно" выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала. Оценка "Неудовлетворительно" выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями пытается ответить на вопросы.

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 | | ОПК-5 | |
| 4 | 7 | Раздел 1. Теория тонких оболочек. | 36 | 11 | 8 | 3 | 25 | 15 | Индивидуальное практическое задание |
| 4 | 7 | Раздел 2. Безмоментные оболочки. | 45 | 17 | 12 | 5 | 28 | 35 | Индивидуальное практическое задание |
| 4 | 7 | Раздел 3. Цилиндрические оболочки. | 39 | 13 | 8 | 5 | 26 | 25 | Индивидуальное практическое задание |
| 4 | 7 | Раздел 4. Устойчивость элементов конструкций. | 24 | 10 | 6 | 4 | 14 | 25 | Индивидуальное практическое задание, Вопросы к экзамену |
| Всего за 7 семестр | | | 144 | 51 | 34 | 17 | 93 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 51 | 34 | 17 | 93 | 100 | |

Критерии оценивания

ОПК-5

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 **Фермой** называется...
- № 2 **Нагрузками** принято называть...
- № 3 **Закрепление** - это...
- № 4 **Деформацией сдвига** называется...
- № 5 **Устойчивостью упругой системы** называют...
- № 6 **Жесткость** - это...
- № 7 **Деформация** - это...
- № 8 **Упругость** - это свойство материала...
- № 9 Под **прочностью** конструкций понимают их способность...
- № 10 Согласно **гипотезе Эйлера - Бернулли**. Поперечное сечение бруса...
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Относительная деформация бруса по продольной оси X исключает?
- А) деформацию от изгиба бруса относительно оси Y;
- В) деформацию от кручения бруса относительно оси X;
- С) осевую деформацию всего сечения;
- Д) деформацию от изгиба бруса относительно оси Z.
- № 2 Вторым главным радиусом кривизны оболочки вращения называют:
- А) радиус кривизны параллели;
- В) радиус кривизны меридиана;
- С) радиус кривизны параллельного круга.
- № 3 Первым главным радиусом кривизны оболочки вращения называют:
- А) радиус кривизны параллельного круга;
- В) радиус кривизны меридиана;
- С) радиус кривизны параллели.
- № 4 Оболочка у которой один из главных радиусов кривизны меняется скачком:
- А) торовый сосуд;
- В) торосферическое днище;
- С) эллиптическое днище.
- № 5 Зоны краевого эффекта это:
- А) зоны безмоментного нагружения оболочки;
- В) зоны, в которых нормальные напряжения на поверхности оболочки разного знака;
- С) зоны моментного нагружения оболочки.
- № 6 Зоны краевого эффекта (моментного нагружения оболочки) возникают:
- А) в местах крепления оболочки;
- В) в области изменения толщины оболочки;
- С) в области продольного скачка температур на оболочке.
- № 7 Внешняя нагрузка создает изгибающие напряжения в цилиндрической оболочке, когда она:

- А) изменяется по линейному закону;
- В) постоянна на поверхности оболочки;
- С) если характер изменения ее - квадратичная зависимость и выше.
- № 8 Физически обоснованные допущения для тонких пластин:
- А) допущение, что прогиб пластинки может в несколько раз превышать её толщину;
- В) допущение об их высокой жесткости и отсутствии деформаций при нагрузке;
- С) допущение, что при изгибе, тонкие пластинки получают прогиб, не превосходящий их толщины.
- № 9 С помощью **гипотез Кирхгоффа** трехмерное напряженное состояние пластинки можно свести
- А) к двумерному;
- В) к одномерному;
- С) сократить количество неизвестных в общей системе уравнений ТУ.
- № 10 С помощью гипотез Эйлера - Бернулли трехмерное напряженное состояние в бруске сводится к
- А) двумерному;
- В) одномерному;
- С) сокращает количество неизвестных в системе уравнений ТУ.