


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета


(подпись) Юнаков Л. П.
ФИО
« 31 » 05 20 22

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем
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	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	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: 2022

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Зорнина Наталья Александровна, к.т.н., доцент



Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

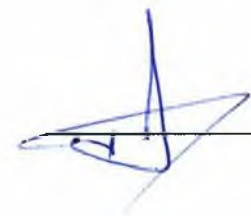
Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА

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

ПСК-13 — способность с использованием CAD/CAE-технологий обосновывать выбор конструктивных и силовых схем изделий РКТ, проводить расчеты нагружения, прочности и жесткости элементов систем РКТ, ее узлов и агрегатов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

Основы теории расчета на прочность и устойчивость стержней, пластин и оболочек при различных способах нагружения и закрепления;;

умения:

Методики анализа конструкции на прочность и устойчивость при различных способах нагружения, применение компьютерных технологий на стадиях анализа и синтеза проектных решений

на этапах проектирования;;

навыки:

Разработка мероприятий по обеспечению надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов и рекомендации по проведению технического обслуживания дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов на всех этапах

их

эксплуатации..

ПСК-13

знания:

Создание математических моделей функционирования крупногабаритных развёртываемых космических конструкций: большие энергетические платформы, радиотелескопы, солнечные отражатели, космические антенны, системы типа «солнечный парус».

Проектирование, проведение прочностных и динамических расчётов развёртывания космических конструкций, оценка их работоспособность;;

умения:

Проведение экспериментальной отработки крупногабаритных космических конструкций с имитацией условий невесомости.

Разработка технологических процессов изготовления, сборки и испытаний крупногабаритных систем;;

навыки:

Разработка мероприятия по обеспечению надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла развёртываемых космических систем.

Проведение технико-экономического анализа принимаемых проектно-конструкторских решений при разработке развёртываемых космических систем..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА** 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: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА.**

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

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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	ПСК-13
4	7	Раздел 1. Заряд твердого топлива, скрепленный с оболочкой. 1.1 Расчетная схема. Плоская деформация в цилиндрических координатах. 1.2 Напряжения и деформации от внутреннего давления.	8	4	4	0	4	10	10
4	7	Раздел 2. Тонкие пластинки. 2.1 Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения изгиба тонкой пластинки. 2.2 Гипотезы Кирхгофа. Внутренние погонные усилия и моменты.	18	8	4	4	10	10	10
4	7	Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек. 3.1 Деформации срединной поверхности. Гипотезы Лава-Кирхгофа. Внутренние погонные усилия. Напряжения в оболочке. Уравнения равновесия элемента. 3.2 Напряжения в оболочке. Уравнения равновесия элемента.	8	4	4	0	4	10	10
4	7	Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории. Изгиб цилиндрически оболочек. 4.1. Исходные уравнения. Осесимметричная нагрузка. Постоянное давление. Оболочки, заполненные жидкостью. 4.2 Исходные уравнения. Изгиб краевой перерезывающей силой и моментом. Температурные напряжения в области продольного скачка температур.	18	8	4	4	10	10	10
4	7	Раздел 5. Краевой эффект в сферической оболочке. 5.1 Исходные уравнения краевого эффекта. Расчет напряжений в зоне краевого эффекта. 5.2 Сферическое днище с жестко заделанной кромкой, с шарнирно закрепленной кромкой.	8	4	4	0	4	10	10
4	7	Раздел 6. Конструкции из пологих оболочек. 6.1 Основные понятия и определения. Гипотезы теории пологих оболочек. Горизонтальный цилиндр, заполненный жидкостью. 6.2 Особенности расчета на локальную нагрузку. Напряжения в области отверстий. Компенсация ослабления емкостей вблизи отверстий.	18	8	4	4	10	10	10
4	7	Раздел 7. Многослойные оболочки. 7.1 Двухслойный цилиндр. Двухслойный конус. Многослойные оболочки, эквивалентные однослойным.	4	2	2	0	2	20	20
4	7	Раздел 8. Устойчивость цилиндрических оболочек. 8.1 Физическая картина потери устойчивости. Разрешающее уравнение при безмоментном докритическом состоянии. 8.2 Устойчивость многослойной оболочки, сжатой осевой силой. Проектирование отсеков, нагруженных внешним давлением. 8.3 Устойчивость оболочки при осевом сжатии. 8.4 Устойчивость оболочки, нагруженной внешним давлением.	26	13	8	5	13	20	20
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Тонкие пластинки.	Исследование влияния типа конечного элемента на напряжения и прогиб балки.	4
2	Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории. Изгиб цилиндрически оболочек.	Расчет оболочек по безмоментной теории. Изгиб цилиндрически оболочек.	4
3	Раздел 6. Конструкции из пологих оболочек.	Исследование безмоментных напряжений в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением.	4
4	Раздел 8. Устойчивость цилиндрических оболочек.	Исследование краевых эффектов в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением.	5
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. Заряд	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме	2

	твердого топлива, скрепленный с оболочкой.	раздела "Расчетная схема. Плоская деформация в цилиндрических координатах".	
2		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Напряжения и деформации от внутреннего давления".	2
3		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения изгиба тонкой пластинки".	2
4	Раздел 2. Тонкие пластинки.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Гипотезы Кирхгофа. Внутренние погонные усилия и моменты".	2
5		Подготовка к выполнению практической работы "Исследование безмоментных напряжений в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением". Оформление отчета по работе.	6
6	Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Деформации срединной поверхности. Гипотезы Лава-Кирхгофа. Внутренние погонные усилия. Напряжения в оболочке. Уравнения равновесия элемента".	2
7		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Напряжения в оболочке. Уравнения равновесия элемента".	2
8		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Исходные уравнения. Осесимметричная нагрузка. Постоянное давление. Оболочки, заполненные жидкостью".	2
9	Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории. Изгиб цилиндрически оболочек.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Исходные уравнения. Изгиб краевой перерезывающей силой и моментом. Температурные напряжения в области продольного скачка температур".	2
10		Подготовка к выполнению практической работы "Исследование напряженно-деформированного состояния толстостенной трубы из твердого ракетного топлива". Оформление отчета по работе.	6
11	Раздел 5. Краевой эффект в сферической оболочке.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Исходные уравнения краевого эффекта. Расчет напряжений в зоне краевого эффекта".	2
12		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Сферическое днище с жестко заделанной кромкой, с шарнирно закрепленной кромкой".	2
13		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Основные понятия и определения. Гипотезы теории пологих оболочек. Горизонтальный цилиндр, заполненный жидкостью".	2
14	Раздел 6. Конструкции из пологих оболочек.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Особенности расчета на локальную нагрузку. Напряжения в области отверстий. Компенсация ослабления емкостей вблизи отверстий".	2
15		Подготовка к выполнению практической работы "Исследование безмоментных напряжений в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением". Оформление отчета по работе	6
16	Раздел 7. Многослойные оболочки.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Двухслойный цилиндр. Двухслойный конус. Многослойные оболочки, эквивалентные однослойным".	2
17	Раздел 8. Устойчивость цилиндрических оболочек.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Физическая картина потери устойчивости. Разрешающее уравнение при безмоментном докритическом состоянии".	2
18		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Устойчивость многослойной оболочки, сжатой осевой	2

		силой. Проектирование отсеков, нагруженных внешним давлением".	
19		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Устойчивость оболочки при осевом сжатии".	2
20		Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Устойчивость оболочки, нагруженной внешним давлением".	2
21		Подготовка к выполнению практической работы "Исследование краевых эффектов в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением". Оформление отчета по работе	5
Всего за 7 семестр			57

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			ВРЗД	ВПЗ		ДР				ДР				ВПЗ, ВРЗД		ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 194 экз.
2. В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
3. В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 129 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Вестник воздушно-космической обороны;
2. Вестник военного образования;
3. Естественные и технические науки;
4. Информационно-измерительные и управляющие системы;
5. Моделирование и анализ информационных систем;
6. Научноёмкие технологии;
7. Проблемы машиностроения и автоматизации;
8. Прикладная информатика.

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

1. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 —
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 2019 Teaching Advanced;
2. Mathcad Prime 3.1;
3. SolidWorks 2015 R5;
4. Microsoft Office;
5. Mathcad Education - University Edition Term;
6. Matlab 2015a SP1;
7. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
8. ANSYS 2020 R2.

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. Интерактивная доска;
2. Проектор;
3. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
4. Компьютерный комплект;
5. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
6. Mathcad Prime 3.1;
7. SolidWorks 2015 R5;
8. Microsoft Office;
9. Mathcad Education - University Edition Term;
10. Matlab 2015a SP1;
11. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
12. ANSYS 2020 R2.

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 **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА** 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;

ПСК-13 способность с использованием CAD/CAE-технологий обосновывать выбор конструктивных и силовых схем изделий РКТ, проводить расчеты нагружения, прочности и жесткости элементов систем РКТ, ее узлов и агрегатов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с практикой инженерного проектирования и решением современных инженерных задач численными методами. В данной дисциплине излагается классическая теория тонкостенных элементов конструкций, основанная на гипотезах и уравнениях теории упругости. Вопросы общей теории иллюстрируются на примерах решения типовых расчетных схем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Заряд твердого топлива, скрепленный с оболочкой.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Расчетная схема. Плоская деформация в цилиндрических координатах".	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (4)	2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Напряжения и деформации от внутреннего давления".		2
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Тонкие пластинки.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Геометрические уравнения. Физические уравнения. Уравнения изгиба тонкой пластинки".	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (6-12) В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (6-12) В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (5)	2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Гипотезы Кирхгофа. Внутренние погонные усилия и моменты".		2
Подготовка к выполнению практической работы "Исследование безмоментных напряжений в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением". Оформление отчета по работе.		6
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Деформации срединной поверхности. Гипотезы Лава-Кирхгофа. Внутренние погонные усилия. Напряжения в оболочке. Уравнения равновесия элемента".	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (6)	2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Напряжения в оболочке. Уравнения равновесия элемента".		2
Итого по разделу 3		4
Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории. Изгиб цилиндрически оболочек.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Исходные уравнения. Осесимметричная нагрузка. Постоянное давление. Оболочки, заполненные жидкостью".	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (22-30)	2
Подготовка к восприятию лекционного материала по		2

теме раздела "Исходные уравнения. Изгиб краевой перерезывающей силой и моментом. Температурные напряжения в области продольного скачка температур".	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (7)	
Подготовка к выполнению практической работы "Исследование напряженно-деформированного состояния толстостенной трубы из твердого ракетного топлива". Оформление отчета по работе.	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (22-30)	6
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Краевой эффект в сферической оболочке.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Исходные уравнения краевого эффекта. Расчет напряжений в зоне краевого эффекта".	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (9)	2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Сферическое днище с жестко заделанной кромкой, с шарнирно закрепленной кромкой".		2
Итого по разделу 5		4
Раздел 6. Конструкции из пологих оболочек.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Основные понятия и определения. Гипотезы теории пологих оболочек. Горизонтальный цилиндр, заполненный жидкостью".	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (38-51)	2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Особенности расчета на локальную нагрузку. Напряжения в области отверстий. Компенсация ослабления емкостей вблизи отверстий".	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (10)	2
Подготовка к выполнению практической работы "Исследование безмоментных напряжений в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением". Оформление отчета по работе	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (38-51)	6
Итого по разделу 6		10
Раздел 7. Многослойные оболочки.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Двухслойный цилиндр. Двухслойный конус. Многослойные оболочки, эквивалентные однослойным".	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (11)	2
Итого по разделу 7		2
Раздел 8. Устойчивость цилиндрических оболочек.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Физическая картина потери устойчивости. Разрешающее уравнение при безмоментном докритическом состоянии".	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (51-61) В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (51-61) В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (13)	2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Устойчивость многослойной оболочки, сжатой осевой силой. Проектирование отсеков, нагруженных внешним давлением".		2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Устойчивость оболочки при осевом сжатии".		2
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела "Устойчивость оболочки, нагруженной внешним давлением".		2
Подготовка к выполнению практической работы "Исследование краевых эффектов в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением". Оформление отчета по работе		5
Итого по разделу 8		13

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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.

Вопросы по разделу

Используются для текущего контроля усвоения учебного материала соответствующих разделов дисциплины.

1. Почему для расчета напряжений и деформаций в цилиндрическом заряде твердого топлива можно воспользоваться моделью плоского деформированного состояния?
2. В какой точке по радиусу упругой цилиндрической трубы возникают наибольшие тангенциальные напряжения, если на внутренней поверхности цилиндра действует давление, а наружная поверхность скреплена с жестким недеформируемым корпусом?
3. В чем особенность поведения материала при ползучести?
4. Нарисуйте кривую ползучести для вязкоупругого линейного материала.
5. Чем гипотезы Кирхгоффа отличаются от гипотез Бернулли? В каких предположениях они совпадают?
6. Почему поперечные перемещения по толщине пластинки остаются постоянными?
7. Получите соотношения для расчета напряжений в эллиптической пластинке, заделанной по контуру, если известна формула для расчета поперечных перемещений в этой пластинке.
8. Получите аналитические соотношения для расчета погонных моментов в эллиптической пластинке, заделанной по контуру, если известна формула для расчета поперечных перемещений в этой пластинке.
9. Получите аналитические соотношения для расчета погонных моментов в круглой пластинке с отверстием, изгибаемой по контуру погонным моментом, по известному выражению для поперечного перемещения.
10. Запишите аналитические соотношения для расчета напряжений в круглой пластинке с отверстием, изгибаемой по контуру погонным моментом, по известным погонным изгибающим моментам.
11. Какими способами можно записать уравнение поверхности?
12. Объясните физический смысл первой квадратичной формы поверхности. Имеет ли она размерность?
13. Какой физический смысл имеют коэффициенты Ламе, в каких случаях они используются и какими способами их можно определить?
14. Объясните физический смысл второй квадратичной формы поверхности. В каких случаях она используется?
15. Как определяется кривизна поверхности, если известно ее уравнение? Объясните, что собой представляет тензор кривизны поверхности. Как определяются его компоненты?
16. Как определяются главные направления на срединной поверхности осесимметричной оболочки вращения? Как определяются радиусы кривизны такой оболочки?
17. Почему единичные вектора криволинейной системы координат, имея постоянную длину, равную единице, будут векторами переменными?
18. Выведите условия Гаусса и объясните, в каких целях используется гауссова кривизна поверхности. Приведите примеры поверхностей с различной гауссовой кривизной.
19. Воспользовавшись общими геометрическими уравнениями теории оболочек, получите из них уравнения геометрически нелинейной и линейной теории оболочек. Чем отличается физическое поведение этих оболочек?
20. Сформулируйте условия существования безмоментного напряженного состояния в тонкой оболочке.

- Приведите примеры, когда в безмоментной оболочке возникают зоны изгиба.
21. Построить эпюру радиальных деформаций в торе, нагруженном внутренним давлением.
 22. Определить соотношение между толщиной торового и полусферического участков торосферического днища, нагруженного постоянным внутренним давлением, из условия равенства перемещений и деформаций в месте их соединения.
 23. Нужно ли проверять на местную устойчивость торосферическое днище, заполненное жидкостью?
 24. Запишите уравнения теории тонких оболочек в сферической системе координат. Сравните их с уравнениями в естественной системе координат.
 25. Получите уравнения краевого эффекта, воспользовавшись сферической системой координат.
 26. Как определить распорную силу в основании сферического днища? Оказывает ли влияние на ее значение краевой эффект? Приведите необходимые соотношения и объясните механизм ее возникновения.
 27. При каком геометрическом условии оболочка может считаться полой?
 28. Как из уравнений пологих оболочек получается уравнение плоской задачи теории упругости?
 29. Получите систему уравнений для определения напряжений в трехслойной стенке цилиндрического сосуда, у которого два внутренних слоя ортотропные, а наружный изотропный.
 30. Получите формулу для расчета критических напряжений потери устойчивости при осевом сжатии цилиндрической оболочки, считая, что оболочка теряет устойчивость по несимметричной форме потери устойчивости.

Вопросы/задания по темам ПЗ

Отчет по Заданию выполняется по темам практических занятий и представляется в формате, предусмотренном методическими указаниями к практической работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Оценивается полнота и качество оформления отчета, соответствие заданию, верность полученных результатов, способность их объяснить. Отчет принимается, и работа считается выполненной при выполнении требований к оформлению отчета и получении не менее 60% правильных ответов на заданные вопросы преподавателя. Примеры заданий по темам ПЗ входят в состав УМК дисциплины.

Вопросы по темам ПЗ:

1. Почему теоретическое решение отличается от численных значений?
2. Сколько степеней свободы имеет балочный элемент?
3. Сколько степеней свободы имеет оболочечный элемент?
4. Сколько степеней свободы имеет твердотельный элемент?
5. Какой элемент имеет наибольшую погрешность решения?
6. В каких случаях эту задачу можно решать как задачу о плоском деформированном, а не о плоском напряженном состоянии?
7. Как влияет коэффициент Пуассона на напряжения по радиусу трубы?
8. Как влияет соотношение модулей упругости на напряжения в трубе?
9. Сколько степеней свободы имеет четырехугольный элемент?
10. Как в ANSYS выводятся таблица и графики напряжений?
11. В чем разница в задании граничных условий при шарнирном закреплении пластины и при ее жесткой заделке?
12. Как способ закрепления края цилиндра влияет на значения напряжений в краевой зоне?
13. При каком закреплении края цилиндра напряжения в краевой зоне наибольшие по абсолютной величине?
14. Как соотношение полуосей эллиптического днища влияет на краевые напряжения?
15. Сколько степеней свободы имеет оболочечный элемент SHELL208?
16. Сколько степеней свободы имеет твердотельный элемент PLANE 182?

Вопросы к дифференцированному зачету

1. Основные понятия и определения. Предмет и задачи курса "Строительная механика" Классификация моделей конструкций. Расчетная схема. Определение. Примеры. Порядок построения расчетной схемы. Выбор геометрической формы при составлении расчетной схемы.
2. Выбор способа закрепления при составлении расчетной схемы. Реакции. Граничные условия Моделирование нагрузок при составлении расчетной схемы. Модели материалов при составлении расчетной схемы. Критерии для выбора материала при составлении расчетной схемы.
3. Основные гипотезы линейной теории упругости. Принцип Сен-Венана и его применение при составлении расчетной схемы конструкции, Составляющие вектора напряжений в точке. Тензор напряжений.
4. Расчет напряжений на наклонной площадке. Условия на поверхности тела и граничные условия.

Главные напряжения и их свойства. Главные и октаэдрические площадки. Уравнения равновесия теории упругости. Закон парности касательных напряжений. Относительная деформация произвольного элемента.

5. Определению деформации сдвига между двумя отрезками. Геометрические уравнения линейной ТУ.

6. Объемная деформация. Условия сплошности Сен-Венана. Физические уравнения линейной теории упругости.

7. Классификация брусьев. Гипотезы Эйлера-Бернулли, составляющие осевого перемещения бруса. Геометрические уравнения теории брусьев. Уравнения равновесия бруса. Физические уравнения теории брусьев.

8. Внутренние погонные усилия и моменты в бруссе. Деформации, выраженные через усилия и моменты в бруссе. Напряжения, выраженные через усилия и моменты в бруссе. Уравнения равновесия бруса. Поворот осей координат и главные оси жесткости. Растяжение и сжатие стержней. Примеры.

9. Стержень, растягиваемый постоянной погонной нагрузкой. Лопасть крыла вертолета Исходные уравнения для расчета изгиба балок. Граничные условия.

10. Напряжения в однослойной и многослойной балке. Балочная схема для расчета изгиба подкрепленной оболочки. Сосредоточенная нагрузка в балочной схеме крыла.

11. Расчет жесткости сечений при изгибе балок. Определение главных осей жесткости при изгибе балки. Расчетная схема для определения напряжений и деформации в толстостенной трубе. Напряжения в заряде и корпусе при внутреннем давлении.

12. Напряжения в заряде и корпусе при отличии температуры конструкции от равновесной Заряд, соединенный по наружной поверхности с деформируемым корпусом двигателя. Температурные напряжения в заряде твердого топлива, скрепленного с оболочкой.

13. Классификация пластин. Гипотезы Кирхгофа в теории тонких пластин. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности тонкой пластинки. Погонные усилия и моменты в тонкой пластинке.

14. Напряжения в пластинке, выраженные через погонные моменты. Эллиптическая пластинка, защемленная по контуру.

15. Круглая пластинка, защемленная по контуру. Круглая пластинка, с шарнирным закреплением контура.

16. Классификация оболочек. Гипотезы Лава - Кирхгофа. Деформация срединной поверхности.

17. Деформация произвольного слоя оболочки. Перемещения в произвольном слое. Перемещения и углы поворота.

18. Закон Гука для ортотропного материала. Внутренние усилия и моменты в оболочке.

19. Физические уравнения, записанные через внутренние усилия и моменты. Внутренние усилия и моменты в изотропной однослойной оболочке.

20. Внутренние усилия и моменты в ортотропной однослойной оболочке. Внутренние усилия и моменты в вафельной оболочке.

21. Деформации и напряжения, выраженные через усилия и моменты, для изотропной оболочки.

22. Уравнения равновесия малого элемента оболочки для сил и моментов.

23. Условия существования безмоментного напряженного состояния. Уравнения равновесия безмоментной оболочки.

24. Геометрические уравнения безмоментных оболочек. Физические уравнения однослойной безмоментной оболочки.

25. Уравнения безмоментных оболочек при симметричной нагрузке. Сфера, конус, цилиндр, нагруженные постоянным давлением.

26. Эллиптическое днище, торосферическое днище нагруженные постоянным давлением.

27. Торовый сосуд, нагруженный внутренним давлением. Расчетная схема и напряжения в баке, подвешенном на стержнях.

28. Уравнения равновесия верхней и нижней частей бака, подвешенного на стержнях.

29. Полусферическое днище, эллиптическое днище, торосферическое днище, заполненное жидкостью.

30. Исследование частного решения уравнения краевого эффекта в цилиндрической оболочке. Общее решение уравнения краевого эффекта в цилиндрической оболочке.

31. Краевые напряжения в области эллиптического днища. Краевой эффект в областях жесткой заделки, соединения с фланцем, области плоского днища.

32. Основные гипотезы пологих оболочек. Уравнения пологих оболочек.

33. Область использования теории пологих оболочек и методы решения. Диаграмма потери устойчивости оболочкой, влияние геометрических несовершенств.

34. Разрешающее уравнение для исследования устойчивости оболочек при безмоментном докритическом состоянии. Устойчивость оболочки средней длины при осевом сжатии.

35. Устойчивость короткой, длинной оболочки при осевом сжатии. Устойчивость оболочки, нагруженной внешним давлением

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Допуском к сдаче дифференцированного зачета является выполнение всех заданий по темам ПЗ, предусмотренных программой дисциплины.

Зачет проводится в форме устных ответов обучающегося на вопросы к дифференцированному зачету.

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 - «НЕ ЗАЧТЕНО».

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	ПСК-13	
4	7	Раздел 1. Заряд твердого топлива, скрепленный с оболочкой.	8	4	4	0	4	10	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 2. Тонкие пластинки.	18	8	4	4	10	10	10	Вопросы/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек.	8	4	4	0	4	10	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории. Изгиб цилиндрически оболочек.	18	8	4	4	10	10	10	Вопросы/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 5. Краевой эффект в сферической оболочке.	8	4	4	0	4	10	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 6. Конструкции из пологих оболочек.	18	8	4	4	10	10	10	Вопросы/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 7. Многослойные оболочки.	4	2	2	0	2	20	20	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 8. Устойчивость цилиндрических оболочек.	26	13	8	5	13	20	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету, Вопросы по разделу
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	