

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Левихин А.А.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ КОНСТРУИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Космические летательные аппараты и разгонные блоки
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
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	39	13	0	26	105	0	0	105	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Евстафьев Виктор Александрович, к.т.н., доцент, доцент

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 КОНСТРУИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

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-2.1 — Способен осуществлять техническое сопровождение создания разгонных блоков ракет космического назначения, межорбитальных буксиров

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-2.1

знания:

1. Основных положений безмоментной теории тонких оболочек.
2. Основных особенностей проектировочного прочностного расчета типовых конструкций

космических аппаратов.;

умения:

Выполнять проектировочный прочностной расчет простейших конструкций космических аппаратов.;

навыки:

Работы в среде ANSYS..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **КОНСТРУИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**.

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 в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших
- ПК-2.1 — Способен осуществлять техническое сопровождение создания разгонных блоков ракет космического назначения, межорбитальных буксиров

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-2.1
4	8	Раздел 1. Основы теории тонких оболочек. Основные понятия. Гипотезы Кирхгофа-Лавы. Геометрия оболочки вращения. Безмоментная теория оболочек. Напряжения в цилиндрической и сферической оболочках, нагруженных внутренним давлением. Устойчивость оболочек.	42	12	6	6	30	40
4	8	Раздел 2. Проектировочный прочностной расчет типовых конструкций КА. Стрингерный отсек. Ферменный отсек. Солнечная батарея (раскрытие). Подвесной сферический бак.	102	27	7	20	75	60
Всего за 8 семестр			144	39	13	26	105	100
Всего по дисциплине			144	39	13	26	105	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основы теории тонких оболочек.	Исследование краевого эффекта в стыке днища с цилиндрической оболочкой отсека.	6
2	Раздел 2. Проектировочный прочностной расчет типовых конструкций КА.	Проектировочный прочностной расчет конструкции корпуса стрингерного отсека.	6
3		Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции ферменного отсека.	8
4		Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции панельно-стержневого отсека.	6
Всего за 8 семестр			26

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основы теории тонких оболочек.	Изучение литературы по теме раздела.	14
2		Выполнение практического задания.	12
3		Подготовка к сдаче практического задания.	4
4	Раздел 2. Проектировочный прочностной расчет типовых конструкций КА.	Изучение литературы по теме раздела.	27
5		Выполнение практического задания.	36
6		Подготовка к сдаче практического задания.	12
Всего за 8 семестр			105

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8			Отч. по ПЗ			ДР	Отч. по ПЗ			ДР		ОС
												Отч. по ПЗ, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- ОС – устный опрос студентов;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- устный опрос студентов.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
2. В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
3. В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 194 экз.
4. Л. И. Балабух, Н. А. Алфутов, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет. М.: Высш. шк., 1984, 46 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

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. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
2. 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 **КОНСТРУИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-2.1 Способен осуществлять техническое сопровождение создания разгонных блоков ракет космического назначения, межорбитальных буксиров.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами теории тонких оболочек и проектировочным прочностным расчетом типовых конструкций космических аппаратов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- устный опрос студентов.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**13 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**105 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 39 ч. аудиторных занятий, и 105 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. Основы теории тонких оболочек.		
Изучение литературы по теме раздела.	В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1)	14
Выполнение практического задания.	Л. И. Балабух, Н. А. Алфут, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет: М.: Высш. шк., 1984 (5, 6)	12
Подготовка к сдаче практического задания.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (6-8)	4
Итого по разделу 1		30
Раздел 2. Проектировочный прочностной расчет типовых конструкций КА.		
Изучение литературы по теме раздела.	В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (5)	27
Выполнение практического задания.	В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2-4)	36
Подготовка к сдаче практического задания.		12
Итого по разделу 2		75

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- устный опрос студентов;
- отчет по практическому заданию;
- 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

Каждому студенту устно задаются два вопроса по разделам. Ответы зачитываются при отсутствии в них грубых ошибок.

Перечень контрольных вопросов входит в состав УМК дисциплины.

Отчет по практическому заданию

Отчеты по практическому заданию представляются на листах формата А4. Студент допускается к защите задания, если в решении отсутствуют ошибки. Защита проходит в форме ответов студента на три вопроса преподавателя. Максимальное количество баллов за одно практическое задание – 100.

Основаниями для снижения количества баллов являются:

- погрешности в оформлении отчета – 5-10 баллов;
 - небольшие погрешности в ответе на один из трех вопросов – 5-10 баллов;
 - неполный ответ на один из трех вопросов – 10-20 баллов;
 - неудовлетворительный ответ на один из трех вопросов – 20-40 баллов.
- Практическое задание зачитывается при наборе студентом не менее 60 баллов.

Дифференцированный зачет

К дифференцированному зачету допускаются студенты, защитившие все практические задания, предусмотренные рабочей программой. Зачет проходит в форме письменных ответов студентов на два вопроса билета. Максимальное количество баллов 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небольшие погрешности в ответе на один из двух вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из двух вопросов – 15-30 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из двух вопросов – 41 балл.

Оценки:

- «зачтено-отлично» – 86-100 баллов;
- «зачтено-хорошо» – 75-84 баллов;
- «зачтено-удовлетворительно» – 51-74 баллов;
- "не зачтено" - менее 51 балла.

Вопросы к дифференцированному зачету размещены в УМК дисциплины.

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-2.1	
4	8	Раздел 1. Основы теории тонких оболочек.	42	12	6	6	30	40	Отчет по практическому заданию, Устный опрос студентов
4	8	Раздел 2. Проектировочный прочностной расчет типовых конструкций КА.	102	27	7	20	75	60	Отчет по практическому заданию, Устный опрос студентов
Всего за 8 семестр			144	39	13	26	105	100	
Всего по дисциплине			144	39	13	26	105	100	

Оценочные материалы по дисциплине КОНСТРУИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

ПК-2.1 - Способен осуществлять техническое сопровождение создания разгонных блоков ракет космического назначения, межорбитальных буксиров

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Формула Папковича.

2. Формула Муштари.

3. Уравнение Лапласа.

А. Описывает критические параметры для цилиндрической оболочки, нагруженной продольной сжимающей нагрузкой и внешним давлением.

Б. Служит для определения критических напряжений для цилиндрической оболочки, нагруженной внешним давлением.

В. Используется для получения формул для кольцевых напряжений в оболочках, нагруженных внутренним давлением.

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

Чему равен второй главный радиус кривизны у сферической оболочки?

1. Бесконечности.

2. Радиусу сферической оболочки.

3. Первому главному радиусу сферической оболочки.

4. Двум радиусам сферической оболочки.

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

К каким оболочкам относятся гипотезы Кирхгофа-Лавы? Укажите правильные ответы.

1. Только к оболочкам вращения.

2. Только к тонким оболочкам..

3. Только к оболочкам "средней длины".

4. К любым оболочкам.

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

Из какого материала целесообразнее изготовить конструкцию рефлектора параболической антенны космического аппарата, чтобы уменьшить термоупругие деформации рефлектора?

1. Сталь.

2. Алюминиевый сплав.

3. Магниевый сплав.

4. Углепластик.

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность определения толщины стенки осесимметричной металлической оболочки, нагруженной внутренним давлением (в рамках безмоментной теории оболочек).

1. Получение зависимости для кольцевых напряжений с использованием уравнения Лапласа.

2. Составление уравнения равновесия всех сил в проекции на ось симметрии оболочки.

3. Определение эквивалентных напряжений.
 4. Определение толщины стенки оболочки.
 5. Получение зависимости для меридиональных напряжений.
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Для чего служат промежуточные шпангоуты в цилиндрическом стрингерном отсеке, нагруженном продольной сжимающей силой?
1. Для обеспечения устойчивости обшивки отсека.
 2. Для обеспечения устойчивости элементов стрингера.
 3. Для обеспечения устойчивости отсека.
 4. Для обеспечения прочности отсека.
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Укажите какие пункты являются условиями существования безмоментного напряженного состояния оболочки.
1. Плавность изменения нагрузки по поверхности оболочки.
 2. Наличие закрепления края оболочки, нагруженной внутренним давлением.
 3. Наличие симметрии оболочки.
 4. Отсутствие резкого изменения кривизны оболочки, нагруженной внутренним давлением.
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Из какого условия находится количество шпангоутов в стрингерном отсеке?
 2. Из какого условия находится количество стрингеров в стрингерном отсеке?
 3. Из какого условия находится толщина стенки металлической оболочки, нагруженной внутренним давлением.
- А. Из условия устойчивости части обшивки между двумя соседними стрингерами.
- Б. Из условия устойчивости оболочки.
- В. Из уравнения Лапласа.
- Г. Из условия устойчивости стрингера с прилегающей полосой обшивки как сжатого стержня.
- Д. Из условия прочности оболочки.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Из каких двух условий находятся частота колебаний панели солнечной батареи при раскрытии (сразу после фиксации панели в рабочем положении) и максимальный прогиб конца панели?
1. Из равенства максимальной кинетической энергии и максимальной потенциальной энергии системы при колебаниях.
 2. Из условия прочности панели.
 3. Из равенства кинетической энергии панели при ее установке в рабочее положение и максимальной кинетической энергии системы при колебаниях.
 4. Из уравнения колебаний системы с одной степенью свободы.
- № 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое первый главный радиус кривизны оболочки вращения?

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое уравнение Лапласа?

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность по порядку повышения предела прочности следующих конструкционных материалов:

1. Титановый сплав ВТ6
2. Алюминиевый сплав АМг6
3. Алюминиевый сплав В95
4. Алюминиевый сплав Д16
5. Алюминий.