

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование и конструкция космических аппаратов
Уровень высшего образования	Магистратура
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	
6	11	4	144	51	0	0	51	93	0	0	93	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2023

Программу составил:

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

ПСК-4/23-1 — способность координировать разработку космических аппаратов и систем, проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-4/23-1

знания:

1. Основных особенностей проектировочного прочностного расчета элементов конструкций космических аппаратов.

2. Особенности силового и теплового нагружения спускаемых аппаратов.

3. Основ защиты КА от метеорных частиц;

умения:

Выполнять прочностной расчет типовых элементов конструкций КА.;

навыки:

Работы в среде ANSYS..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
- ОПК-2 — Способен ставить и решать задачи по проектированию, конструированию, производству, испытанию и эксплуатации объектов профессиональной деятельности при использовании современных информационных технологий
- 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
- ОПК-6 — Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники
- ПСК-4/23-1 — Способен координировать разработку космических аппаратов и систем, проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

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	Практические занятия		ПСК-4/23-1
6	11	Раздел 1. Проектировочный прочностной расчет конструкций корпуса космического аппарата и топливных баков.. Вафельный отсек. Трехслойный отсек. Корпусной цилиндрический бак. Подвесные торовый и эллипсоидальный баки. Эллиптическое днище, нагруженное внутренним давлением. Распорный шпангоут.стыковочный шпангоут. Промежуточный шпангоут.	44	18	18	26	30
6	11	Раздел 2. Динамическое нагружение конструкции солнечной батареи при раскрытии. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции солнечной батареи при раскрытии с использованием программного пакета ANSYS.	18	6	6	12	15
6	11	Раздел 3. Термоупругие деформации параболической антенны космического аппарата. Расчет термоупругих деформаций параболической антенны в условиях космического пространства с использованием программного пакета ANSYS.	18	6	6	12	15
6	11	Раздел 4. Нагрузки, действующие на спускаемые аппараты (СА). Нагрузки, действующие на СА при движении в атмосфере. Нагрузки, действующие на СА при посадке на грунт. Тепловые нагрузки, действующие на СА. Определение потребной толщины уносимого теплозащитного покрытия СА.	53	18	18	35	30
6	11	Раздел 5. Защита космических аппаратов от метеорных частиц. Общие сведения о метеорных частицах. Способы защиты космических аппаратов..	11	3	3	8	10
Всего за 11 семестр			144	51	51	93	100
Всего по дисциплине			144	51	51	93	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Проектировочный прочностной расчет конструкций корпуса космического аппарата и топливных баков..	Изучение особенностей проектировочного прочностного расчета конструкций отсеков корпуса КА и топливных баков	18
2	Раздел 2. Динамическое нагружение конструкции солнечной батареи при раскрытии.	Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции солнечной батареи при раскрытии.	6
3	Раздел 3. Термоупругие деформации параболической антенны космического аппарата.	Расчет термоупругих деформаций конструкции параболической антенны космического аппарата.	6
4	Раздел 4. Нагрузки, действующие на спускаемые аппараты (СА).	Изучение особенностей силового и теплового нагружения спускаемых аппаратов и функционирования уносимого теплозащитного покрытия СА.	12
5		Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции корпуса спускаемого аппарата при посадке на грунт.	6
6	Раздел 5. Защита космических аппаратов от метеорных частиц.	Изучение особенностей околоземной метеорной среды и способов защиты космических аппаратов от метеорных частиц.	3
Всего за 11 семестр			51

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Проектировочный прочностной расчет конструкций корпуса космического аппарата и топливных баков..	Изучение литературы по теме раздела	26

2	Раздел 2. Динамическое нагружение конструкции солнечной батареи при раскрытии.	Выполнение практического задания.	8
3		Подготовка к сдаче практического задания.	4
4	Раздел 3. Термоупругие деформации параболической антенны космического аппарата.	Выполнение практического задания.	8
5		Подготовка к сдаче практического задания.	4
6	Раздел 4. Нагрузки, действующие на спускаемые аппараты (СА).	Изучение литературы по теме раздела	23
7		Выполнение практического задания.	8
8		Подготовка к сдаче практического задания.	4
9	Раздел 5. Защита космических аппаратов от метеорных частиц.	Изучение литературы по теме раздела	8
Всего за 11 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
11						ДР		Отч. по ПЗ		ДР	Отч. по ПЗ					ДР	Отч. по ПЗ, ОС, 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. А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров. М.: Машиностроение-1, 2004, эл. рес.
2. Б. В. Грабин, О. И. Давыдов, В. И. Жихарев. . Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1991, 19 экз.
3. В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
4. В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 37 экз.
5. В. И. Усюкин. . Строительная механика конструкций космической техники. М.: Машиностроение, 1988, 16 экз.
6. В. Н. Бобков, В. В. Васильев, Э. К. Демченко. . Космические аппараты. М.: Воениздат, 1983, 6 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://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://ura1t.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. Практические занятия:

1. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced.

6.2. 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 ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.01 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*:
ПСК-4/23-1 способность координировать разработку космических аппаратов и систем, проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектировочным прочностным расчетом типовых конструкций космических аппаратов, силовым и тепловым нагружением спускаемых аппаратов и защитой КА от метеорных частиц.

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 практические занятия (**51 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. Проектировочный прочностной расчет конструкций корпуса космического аппарата и топливных баков..		
Изучение литературы по теме раздела	В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2, 3) Б. В. Грабин, О. И. Давыдов, В. И. Жихарев. . Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1991 (3, 4, 6, 8) В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (3)	26
Итого по разделу 1		26
Раздел 2. Динамическое нагружение конструкции солнечной батареи при раскрытии.		
Выполнение практического задания.	В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4) А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров: М.: Машиностроение-1, 2004 (1-8)	8
Подготовка к сдаче практического задания.		4
Итого по разделу 2		12
Раздел 3. Термоупругие деформации параболической антенны космического аппарата.		
Выполнение практического задания.	В. И. Усюкин. . Строительная механика конструкций космической техники: М.: Машиностроение, 1988 (13) А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров: М.: Машиностроение-1, 2004 (1-8)	8
Подготовка к сдаче практического задания.		4
Итого по разделу 3		12
Раздел 4. Нагрузки, действующие на спускаемые аппараты (СА).		
Изучение литературы по теме раздела	В. А. Евстафьев. . Конструирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (5) А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров: М.: Машиностроение-1, 2004 (1-8)	23
Выполнение практического задания.		8
Подготовка к сдаче практического задания.		4
Итого по разделу 4		35
Раздел 5. Защита космических аппаратов от метеорных частиц.		
Изучение	В. Н. Бобков, В. В. Васильев, Э. К. Демченко. . Космические	8

литературы по теме раздела	аппараты: М.: Воениздат, 1983 (1)	
Итого по разделу 5		8

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, выполнившие все контрольные мероприятия, предусмотренные программой УМК дисциплины. Зачет проходит в форме письменных ответов студентов на два вопроса. 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» – 71-85 баллов;
- «зачтено-удовлетворительно» – 60-70 баллов;
- "не зачтено" - менее 60 баллов.

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	Практические занятия		ПСК-4/23-1		
6	11	Раздел 1. Проектировочный прочностной расчет конструкций корпуса космического аппарата и топливных баков..	44	18	18	26	30		Устный опрос студентов
6	11	Раздел 2. Динамическое нагружение конструкции солнечной батареи при раскрытии.	18	6	6	12	15		Отчет по практическому заданию
6	11	Раздел 3. Термоупругие деформации параболической антенны космического аппарата.	18	6	6	12	15		Отчет по практическому заданию
6	11	Раздел 4. Нагрузки, действующие на спускаемые аппараты (СА).	53	18	18	35	30		Устный опрос студентов, Отчет по практическому заданию
6	11	Раздел 5. Защита космических аппаратов от метеорных частиц.	11	3	3	8	10		Устный опрос студентов
Всего за 11 семестр			144	51	51	93	100		
Всего по дисциплине			144	51	51	93	100		