


**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.  
« 31 » 05 2022  
ФИО

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ

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	ВУЦ Военный Учебный Центр
Выпускающая кафедра	ВУЦ Военный Учебный Центр
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	8	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	экз.
5	9	3	108	51	34	0	17	57	0	18	39	зач.
ВСЕГО		6	216	102	68	0	34	114	0	18	96	

## 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

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

**ВУЦ Военный Учебный Центр**

Заведующий кафедрой Лозинский А.Г.



---

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

## **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-11 — способность анализировать состояние и перспективы развития ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений
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:

### **ПСК-11**

*знания:*

основы теории расчета на прочность и устойчивость элементов конструкций ракетно-космической техники;;

*умения:*

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

*навыки:*

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

### **ПСК-13**

*знания:*

понимать возможности инженерных пакетов для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкции ракетно-космической техники;;

*умения:*

проводить анализ конструкции на прочность и устойчивость при различных способах нагружения, применять методы поиска оптимальных решений с использованием компьютерных технологий;;

*навыки:*

владеть методиками анализа конструкции на прочность и устойчивость при различных способах нагружения, применять компьютерные технологии на стадиях анализа и синтеза проектных решений на этапах проектирования;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ** 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: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ВВЕДЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ, ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ, АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАДЕЖНОСТЬ, ФИЗИКА, МЕТРОЛОГИЯ И ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ, СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СИНТЕЗ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, МОДЕЛИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ 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 для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их при решении 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-6 — Способен осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-8 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-91 — способен к коммуникации и кооперации в цифровой среде, использованию различных цифровых средств, позволяющих во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей
- ПК-92 — способен к саморазвитию в условиях неопределенности, формулировать себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, выбирать способы решения и направления развития
- ПК-94 — способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач
- ПК-95 — способен к критическому мышлению в цифровой среде, оценке информации, ее достоверности, построению логических умозаключений на основании поступающих информации и данных
- ПСК-11 — способность анализировать состояние и перспективы развития ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений
- 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
- ПСК-16 — способность оценивать вопросы эффективности, надежности и безопасности в процессе эксплуатации РКТ

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 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		ПСК-11	ПСК-13
4	8	Раздел 1. Введение. 1.1. Предмет и задачи курса. 1.2. Обзор содержания дисциплины и рекомендуемая литература.	2	2	2	0	0	5	5
4	8	Раздел 2. Силовые нагрузки. 2.1. Классификация нагрузок. 2.2. Внутренние силы и моменты в корпусе летательного аппарата. Особенности расчета нагрузок летательных аппаратов с жидкостными ракетными двигателями и ракетными двигателями твердого топлива. 2.3. Эпюры внутренних сил и моментов.	16	11	9	2	5	10	10
4	8	Раздел 3. Нормирование несущей способности конструкций. 3.1. Стохастический характер нагрузок и несущей способности конструкции. 3.2. Нормы прочности. Коэффициент безопасности, коэффициент запаса прочности, расчетный случай. 3.3. Метод условной и доминирующей нагрузки.	22	15	9	6	7	10	10
4	8	Раздел 4. Сухие отсеки. 4.1. Классификация отсеков. 4.2. Условия работоспособности отсеков. 4.3. Расчетные случаи. 4.4. Влияние конструкционных элементов на прочность.	22	7	4	3	15	15	15
4	8	Раздел 5. Головные отсеки. 5.1. Расчетные случаи. 5.2. Расчет напряжений в однослойном и многослойном корпусе ГО с обычным наполнителем. 5.3. Напряжения и деформации при воздействии нагрузок.	22	7	4	3	15	15	15
4	8	Раздел 6. Баки для хранения компонентов топлива. 6.1. Конструктивно-силовые схемы баков. 6.2. Давление наддува. 6.3. Основные расчетные случаи.	24	9	6	3	15	15	15
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	70	70
5	9	Раздел 7. Корпус двигателя на твердом топливе. 1.1. Особенности конструкции оболочек корпуса и используемые материалы. 1.2. Краевые эффекты в области соединения днища с корпусом. 1.3. Расчет сопловых блоков с учетом температурных напряжений.	48	22	15	7	26	12	12
5	9	Раздел 8. Аэродинамические поверхности. 2.1. Классификация аэродинамических поверхностей по выполняемым функциям. 2.2. Конструктивно-силовые схемы аэродинамических поверхностей. 2.3. Основные расчетные случаи.	35	20	13	7	15	12	12
5	9	Раздел 9. Численные методы при расчете конструкций. 3.1. Введение в метод конечных элементов. 3.2. Формулирование метода конечных элементов.	25	9	6	3	16	6	6
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	30	30
Всего по дисциплине			216	102	68	34	114	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Силовые нагрузки.	Исследование осевых внутренних усилий на активном участке баллистической ракеты.	2
2	Раздел 3. Нормирование несущей способности конструкций.	Исследование перерезывающих сил и изгибающих моментов в корпусе баллистической ракеты.	6
3	Раздел 4. Сухие отсеки.	Исследование влияния осевой силы на выбор материала лонжеронного отсека.	1
4		Исследование влияния осевой сжимающей силы на массу сухих подкрепленных отсеков.	2
5	Раздел 5. Головные отсеки.	Исследование напряженного состояния головного отсека.	2
6		Исследование влияния внешнего давления на массу подкрепленных цилиндрических оболочек.	1
7	Раздел 6. Баки для хранения компонентов топлива.	Исследование напряженного состояния баков для хранения топлива.	2
8		Исследование влияния давления наддува на массу баков.	1
Всего за 8 семестр			17
9	Раздел 7. Корпус двигателя на твердом топливе.	Исследование напряженного состояния двигателя твердого топлива.	3

10		Исследование влияния свойств материалов на контактное давление.	4
11	Раздел 8. Аэродинамические поверхности.	Исследование несущей способности аэродинамических поверхностей.	2
12		Исследование напряженного состояния аэродинамических поверхностей.	5
13	Раздел 9. Численные методы при расчете конструкций.	Программная среда ANSYS Multiphysics, для проведения моделирования на основе метода конечных элементов	3
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Силовые нагрузки.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	5
2	Раздел 3. Нормирование несущей способности конструкций.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	2
3		Подготовка к выполнению практической работы № 1.	4
4		Оформление отчета по работе № 1.	1
5	Раздел 4. Сухие отсеки.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	8
6		Подготовка к выполнению практической работы № 2.	6
7		Оформление отчета по работе № 2.	1
8	Раздел 5. Головные отсеки.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	9
9		Подготовка к выполнению практической работы № 3.	5
10		Оформление отчета по работе № 3.	1
11	Раздел 6. Баки для хранения компонентов топлива.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	6
12		Подготовка к выполнению практической работы № 4.	8
13		Оформление отчета по работе № 4.	1
Всего за 8 семестр			57
14	Раздел 7. Корпус двигателя на твердом топливе.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	10
15		Подготовка к выполнению практической работы № 5.	15
16		Оформление отчета по работе № 5.	1
17	Раздел 8. Аэродинамические поверхности.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	4
18		Подготовка к выполнению практической работы № 6.	5
19		Оформление отчета по работе № 6.	1
20		Подготовка к выполнению практической работы № 7.	4
21		Оформление отчета по работе № 7.	1
22	Раздел 9. Численные методы при расчете конструкций.	Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	4
23		Подготовка к выполнению практической работы № 8.	11
24		Оформление отчета по работе № 8.	1
Всего за 9 семестр			57

### 3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Анализ конструктивно-силовой схемы конструкции. Определение расчётных случаев и нагрузок в основных расчётных случаях.	1 - 2	2
Этап 2. Составление расчётной схемы. Расчёт напряженно-деформированного состояния конструкции и её составных элементов.	3 - 7	4
Этап 3. Оптимизация формы и конструктивных размеров конструкции с учётом эксплуатационных и технологических ограничений.	8 - 10	5
Этап 4. Стандартизация проектных конструкторских размеров и определение их запасов прочности, жесткости и устойчивости.	11 - 15	5
Этап 6. Оформление пояснительной записки и иллюстративного материала.	16 - 16	2
Этап 7. Защита курсового проекта	17 - 17	0
<b>Всего за 9 семестр</b>		<b>18</b>

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	Собес		ИПЗ			ДР		ИПЗ		ДР			ИПЗ		ИПЗ	ДР	Вопр. Экз
9		КП	ИПЗ			ДР	КП	ИПЗ		ДР			ИПЗ	ИПЗ	КП	ДР	КП, Вопр. Зач, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Собес – собеседование;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- КП – курсовой проект;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- собеседование;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект;
- вопросы к экзамену;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- 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. . Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 85 экз.
3. В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 129 экз.
4. В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
5. Л. И. Балабух, Н. А. Алфутков, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет. М.: Высш. шк., 1984, 46 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. И. Ф. Образцов, Л. М. Савельев, Х. С. Хазанов. . Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. М.: Высш. шк., 1985, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Деформация и разрушение материалов;
2. Проблемы машиностроения и автоматизации;
3. Двигатель;
4. Авиакосмическое приборостроение.

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

1. <http://www.biblio-online.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](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. 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. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. 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 **ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ** 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*:

ПСК-11 способность анализировать состояние и перспективы развития ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений;

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 анализом напряженно-деформированного состояния и несущей способности ракетных конструкций.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- собеседование;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект;
- вопросы к экзамену;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**114 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 114 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.
<b>Раздел 2. Силовые нагрузки.</b>		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-3) В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2019 (1-2) В. И. Погорелов. . Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-2) Л. И. Балабух, Н. А. Алфутков, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет: М.: Высш. шк., 1984 (1)	5
Итого по разделу 2		5
<b>Раздел 3. Нормирование несущей способности конструкций.</b>		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-3)	2
Подготовка к выполнению практической работы № 1.	Л. И. Балабух, Н. А. Алфутков, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет: М.: Высш. шк., 1984 (1-3) В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2019 (1-2) В. И. Погорелов. . Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-2)	4
Оформление отчета по работе № 1.		1
Итого по разделу 3		7
<b>Раздел 4. Сухие отсеки.</b>		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-6)	8
Подготовка к выполнению практической работы № 2.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (1-13) В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2019 (1-5)	6
Оформление отчета по работе № 2.	Л. И. Балабух, Н. А. Алфутков, В. И. Усюкин. . Строительная механика ракет: М.: Высш. шк., 1984 (1-3)	1
Итого по разделу 4		15
<b>Раздел 5. Головные отсеки.</b>		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (4, 6, 7-10) В. И. Погорелов. . Прочность и устойчивость тонкостенных	9
Подготовка к		5

выполнению практической работы № 3.	конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-4, 6)	
Оформление отчета по работе № 3.		1
Итого по разделу 5		15
Раздел 6. Баки для хранения компонентов топлива.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (7, 9-11) В. И. Погорелов. . Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (5)	6
Подготовка к выполнению практической работы № 4.		8
Оформление отчета по работе № 4.		1
Итого по разделу 6		15
Раздел 7. Корпус двигателя на твердом топливе.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (4, 6-13)	10
Подготовка к выполнению практической работы № 5.		15
Оформление отчета по работе № 5.		1
Итого по разделу 7		26
Раздел 8. Аэродинамические поверхности.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (5) В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2019 (1-7)	4
Подготовка к выполнению практической работы № 6.		5
Оформление отчета по работе № 6.		1
Подготовка к выполнению практической работы № 7.		4
Оформление отчета по работе № 7.		1
Итого по разделу 8		15
Раздел 9. Численные методы при расчете конструкций.		
Подготовка к восприятию лекционного материала по теме раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (14) Л. Сегерлинд. . Применение метода конечных элементов: М.: Мир, 1979 (1-5) И. Ф. Образцов, Л. М. Савельев, Х. С. Хазанов. . Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов: М.: Высш. шк., 1985 (1-6)	4
Подготовка к выполнению практической работы № 8.		11
Оформление отчета по работе № 8.		1
Итого по разделу 9		16

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- собеседование;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект;
- вопросы к зачету;
- экзамен;
- 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.

#### Собеседование

Оценка остаточных знаний студента по дисциплинам "Строительная механика тонкостенных конструкций" и "Сопроотивление материалов"

#### Вопросы к экзамену

1. Основные этапы расчета на прочность и жесткость. Проектировочный и проверочный расчет.
2. Нормы прочности
3. Методы оценки несущей способности
4. Расчетный случай
5. Коэффициент безопасности
6. Методы определения расчетного случая
7. Расчетный случай и методы его определения для БР
8. Классификация нагрузок
9. Тяга двигательной установки
10. Давление в переходном отсеке при горячем разделении ступеней
11. Изменение массы в переходном отсеке
12. Уравнение сохранения массы в двигателе второй ступени
13. Уравнение относительного движения ступеней
14. Параметры газа в сечении отрыва
15. Коэффициент газодинамической силы
16. Силы инерции. перегрузки.
17. Перегрузки центра масс
18. Уравнения равновесия через перегрузки
19. Перегрузки в скоростной системе координат
20. Перегрузки в связанной системе координат
21. Ветровые движения в атмосфере
22. Профиль скорости ветра Сиссенвайна
23. Аппроксимация скорости ветра по высоте
24. Встречный ветер.
25. Поперечный ветер
26. Аэродинамическая нагрузка от порыва ветра
27. Внутренние усилия от порыва ветра
28. Учет вращения ракеты при определении коэффициента перегрузок.
29. Уравнения равновесия части ЛА.
30. Правила определения напряжений в сечении
31. Реакции в узлах крепления сосредоточенных масс(грузов).
32. Аэродинамические нагрузки. Погонная нагрузка.
33. Скоростной напор на траектории БР

34. Расчет аэродинамической нагрузки по известному давлению и трению
35. Расчет осевой погонной нагрузки по известному аэродинамическому коэффициенту
36. Сила лобового сопротивления конуса
37. Коэффициенты лобового сопротивления
38. Аэродинамическая сила в сечении.
39. Основные соотношения для определения аэродинамического давления.
40. Учет воздействия ветра.
41. Осевые внутренние усилия в корпусе ракеты с ЖРД.
42. Уравнение равновесия верхней части
43. Уравнение равновесия по баковому отсеку
44. Уравнение равновесия по хвостовому отсеку
45. Порядок построения эпюры осевых внутренних усилий
46. Сосредоточенные грузы.
47. Сосредоточенные силы.
48. Особенности расчета внутренних сил и изгибающего момента для ракет с РДТТ.
49. Сечение на двигателе.
50. Сечение на стабилизирующей юбке.
51. Перерезывающие силы и моменты в корпусе ЛА.
52. Баллистическая ракета на жидком топливе
53. Уравнение равновесия  $i$ -го участка корпуса
54. Перерезывающая сила в основании ракеты
55. Осевая координата центра давления
56. Поперечные перегрузки в центре масс участков
57. Изгибающий момент на правой границе участка
58. Изгибающий момент в основании.

### **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 считаются принятыми.

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

Перечень вопросов приведен в УМК дисциплины.

### **Курсовой проект**

Курсовой проект выполняется в соответствии с индивидуальным заданием.

Общие требования к выполнению и оформлению курсового проекта определяются «Положением по содержанию, оформлению, организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ БГТУ».

Для обеспечения текущего контроля работы студента в течение семестра устанавливаются сроки выполнения этапов курсового проекта. Результаты выполнения отдельных этапов могут учитываться при определении итоговой оценки на защите проекта.

Основанием для недопуска курсового проекта к защите могут быть:

- неполное или неверное выполнение индивидуального задания;
- отсутствие предусмотренных заданием графических материалов или несоответствие их ГОСТ или ТУ;
- несоответствие пояснительной записки установленным требованиям.

Оценка за курсовой проект выставляется по результатам защиты студентом курсового проекта перед комиссией, назначенной заведующим кафедрой. Защита курсового проекта предусматривает краткий доклад студента и ответы его на вопросы, связанные с порядком выполнения проекта и темами учебной дисциплины, охваченными курсовым проектом.

Критерии оценивания:

Курсовой проект оценивается по пятибалльной системе.

Оценка «отлично» ставится, если:

курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;

пояснительная записка составлена аккуратно, последовательно с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов;  
 практическая часть курсового проекта выполнена в полном объеме;  
 выполнение курсового проекта проходило в полном соответствии с графиком курсового проектирования;  
 Оценка «хорошо» допускает:  
 некоторые отступления от графика выполнения курсового проектирования;  
 существование незначительных погрешностей в оформлении пояснительной записки и программы (практической части курсового проекта).  
 Оценка «удовлетворительно» допускает:  
 существование ошибок, неточностей и непоследовательности при составлении пояснительной записки;  
 значительные отступления от требований ЕСКД при выполнении графической части проекта;  
 значительное отступление от сроков выполнения курсового проекта;  
 недостаточно грамотную защиту.

Примеры тем КП:

1. Прочность и устойчивость переходного отсека, подкрепленного лонжеронами.
2. Прочность и устойчивость переходного отсека, подкрепленного стрингерами.
3. Расчет на прочность стартового двигателя, скрепленного с корпусом и из композитных материалов.
4. Расчет на прочность и устойчивость пусковой опоры.
5. Расчет на прочность стартовой ступени ЗУР 4К90.
6. Расчет на прочность наддутого бака при низких температурах.
7. Расчет на прочность наддутого бака в условиях вакуума.
8. Расчет соплового блока двигателя твердого топлива в рабочем режиме.
9. Оптимальный расчет бака из алюминиевых сплавов с условием минимизации массы.
10. Оптимальный расчет соплового блока с учетом воздействия низких температур и выхода на режим работы с условием минимизации массы.
11. Расчет корпуса двигателя твердого топлива типа «кокон» из композитных материалов с условием намотки двигателя.
12. Оценка напряженно-деформированного состояния распорного шпангоута в рабочем режиме двигателя твердого топлива.
13. Определение коэффициента безопасности «тяжелой» головной части на участке входа в атмосферу ракеты 8К99.
14. Определение коэффициента безопасности «легкой» головной части на участке входа в атмосферу ракеты 8К99.
15. Оценка несущей способности переходного отсека ракеты 8К99 в момент запуска двигателя 2 ступени.
16. Определение термпрочности соплового блока ракеты 8К99.
17. Расчет прочности крыла на первой ступени зенитной управляемой ракеты В-750.
18. Расчет прочности крыла на второй ступени зенитной управляемой ракеты В-750.
19. Оптимальное проектирование с учетом минимизации массы крыла для первой ступени зенитной управляемой ракеты В-750.
20. Оптимальное проектирование с учетом минимизации массы крыла для второй ступени зенитной управляемой ракеты В-750.

### **Вопросы к зачету**

1. Особенности построения эпюры перерезывающих сил и моментов для РДТТ.
2. Правила построения эпюр перерезывающих сил и моментов по характерным точкам.
3. Перерезывающие силы и моменты в маршевой ступени зенитной ракеты.
4. Эпюры перерезывающих сил и моментов при подъеме ракеты в вертикальное положение.
5. Расчетные случаи для головных отсеков БР.
6. Максимальные осевые перегрузки при входе ГО в атмосферу.
7. Тангенциальные напряжения в однослойном корпусе ГО.
8. Уравнение равновесия и меридиональные напряжения в однослойном корпусе ГО.
9. Эквивалентные напряжения в однослойном корпусе ГО.
10. Устойчивость однослойного корпуса ГО.
11. Уравнение равновесия двухслойного конуса в проекции на ось симметрии.
12. Уравнение Лапласа для двухслойного конуса.
13. Условия совместности деформации слоев двухслойного конуса ГО.
14. Система уравнений для расчета НДС двухслойного конуса и ее решение.
15. Геометрические формы ГО с грузами.
16. Внутренние усилия в корпусе цилиндрического ГО в случае максимальных осевых перегрузок.
17. Внутренние усилия в корпусе цилиндрического ГО с затуплением в случае максимальных осевых



перегрузок.

18. Внутренние усилия в корпусе конического ГО с затуплением в случае максимальных осевых перегрузок.

19. Сила лобового сопротивления и среднее давление участков ГО с грузами в случае максимальных осевых перегрузок.

20. Несущая способность наконечника ГО с грузами.

21. Несущая способность первого конуса ГО с грузами.

22. Несущая способность цилиндрического участка ГО с грузами.

23. Несущая способность стабилизирующей юбки ГО с грузами.

24. Условие необходимости подкрепления стабилизирующей юбки ГО шпангоутами.

25. Условия, используемые для проектировочного расчета стабилизирующей юбки ГО, подкрепленной шпангоутами.

26. Расчет несущей способности оболочек корпуса ГО в конце активного участка Напряжения в днище ГО в конце активного участка.

27. Напряжения в крышке днища ГО в конце активного участка.

28. Работа элементов силового набора.

29. Гладкий отсек.

30. Шпангоутный отсек.

31. Стрингерный отсек.

32. Лонжеронный отсек.

33. Гофрированный отсек.

34. Вафельный отсек.

### **Экзамен**

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.

Промежуточная аттестация по дисциплине в 8 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.

### **Зачет**

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.

Промежуточная аттестация по дисциплине в 9 семестре проводится в форме сдачи зачета. Условия

допуска к сдаче зачета:

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

Критерии оценивания:

- правильные ответы на большую часть поставленных вопросов при недостаточном полном их освещении при достаточном грамотном оформлении материала - «зачтено»;
- неправильные и неполные ответы на все поставленные преподавателем вопросы при технически неграмотном изложении - «не зачтено».

Минимальные требования, предъявляемые к студенту для положительной оценки знаний на зачете.

Оценка "зачтено" выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. нарушения последовательности в изложении программного материала.

Оценка "не зачтено" 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		ПСК-11	ПСК-13	
4	8	Раздел 1. Введение.	2	2	2	0	0	5	5	Собеседование
4	8	Раздел 2. Силовые нагрузки.	16	11	9	2	5	10	10	Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 3. Нормирование несущей способности конструкций.	22	15	9	6	7	10	10	Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 4. Сухие отсеки.	22	7	4	3	15	15	15	Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 5. Головные отсеки.	22	7	4	3	15	15	15	Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 6. Баки для хранения компонентов топлива.	24	9	6	3	15	15	15	Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	70	70	
5	9	Раздел 7. Корпус двигателя на твердом топливе.	48	22	15	7	26	12	12	Вопросы к зачету, Индивидуальное практическое задание, Курсовой проект
5	9	Раздел 8. Аэродинамические поверхности.	35	20	13	7	15	12	12	Вопросы к зачету, Индивидуальное практическое задание, Курсовой проект
5	9	Раздел 9. Численные методы при расчете конструкций.	25	9	6	3	16	6	6	Вопросы к зачету, Индивидуальное практическое задание, Курсовой проект
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	30	30	
Всего по дисциплине			216	102	68	34	114	100	100	