


**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

  
 Юнаков Л. П.  
 (подпись) ФИО  
 «31» 05 2020

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Ракетостроение
Уровень высшего образования	Бакалавриат
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	
3	5	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

*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: 2022

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Авферинок Сергей Эдуардович, старший преподаватель



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

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



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **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:

ПСК-1.5 — способен разрабатывать конструктивно-силовые и компоновочные схемы ракет-носителей, ракетно-космических систем и их составных частей

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1.5**

*знания:*

анализ поведения отдельного элемента внутри силовой схемы и взаимодействие с другими элементами;

- на уровне воспроизведения:

составлять расчетные схемы силовых конструкций для анализа и оценки несущей способности ;

- на уровне понимания:

понимать возможности инженерных пакетов проектирования и компьютерных технологий для анализа состояния ракетно-космической техники;;

*умения:*

- проводить расчеты на прочность и устойчивость пластин, стержневых, герметичных и негерметичных оболочечных конструкций при различных способах нагружения;

- применять методы поиска оптимальных решений с использованием компьютерных технологий;;

*навыки:*

- владеть методиками расчета на прочность и устойчивость пластин, стержневых, герметичных и негерметичных оболочечных конструкций при различных способах нагружения;

- использования компьютерных технологий на стадиях анализа и синтеза проектных решений на всех этапах проектирования..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛА** 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: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СИНТЕЗ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗДЕЛИЙ РКТ**.

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

### 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		ПСК-1.5
3	5	Раздел 1. Предмет и задачи курса. Конструкция и ее модель. Расчетная схема, как вариант математической модели.	2	2	2	0	0	10
3	5	Раздел 2. Основные уравнения теории упругости. Гипотезы линейной теории упругости. Теория напряжений, принцип Сен-Венана. Уравнения равновесия, геометрические и физические уравнения. Общая система уравнений напряженно-деформированного состояния элемента конструкции.	19	9	6	3	10	20
3	5	Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек. Гипотезы теории тонких оболочек. Деформация срединной поверхности и произвольного слоя оболочки. Физические уравнения. Внутренние погонные усилия и моменты в оболочке.	18	8	6	2	10	10
3	5	Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории. Уравнения безмоментной теории оболочек. Напряжения и перемещения в оболочках, нагруженных внутренним давлением.	30	10	6	4	20	20
3	5	Раздел 5. Изгиб цилиндрических оболочек. Цилиндрическая оболочка, нагруженная по краям перерезывающей силой и изгибающим моментом. Краевой эффект в области сопряжения цилиндрической оболочки с элементами силового набора.	16	10	6	4	6	20
3	5	Раздел 6. Устойчивость элементов конструкций. Физическая картина поведения стержней, пластин и оболочек при потере устойчивости. Местная и общая потеря устойчивости. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии и внешнем давлении.	16	10	6	4	6	10
3	5	Раздел 7. Численные методы строительной механики. Общая характеристика численных методов для расчета напряженно-деформированного состояния конструкции.	7	2	2	0	5	10
Всего за 5 семестр			108	51	34	17	57	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Основные уравнения теории упругости.	Исследование влияния типа конечного элемента на напряжения и прогиб балки.	3
2	Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек.	Балочная расчетная схема для определения напряжений в подкрепленной оболочке.	2
3	Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории.	Исследование безмоментных напряжений в днищах, нагруженных давлением.	4
4	Раздел 5. Изгиб цилиндрических оболочек.	Исследование краевых эффектов в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением.	4
5	Раздел 6. Устойчивость элементов конструкций.	Устойчивость цилиндрической оболочки, сжатой осевой силой.	4
Всего за 5 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Основные уравнения теории упругости.	Уравнения равновесия, геометрические и физические уравнения. Общая система уравнений напряженно-деформированного состояния элемента конструкции.	10
2	Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек.	Деформация срединной поверхности и произвольного слоя оболочки. Внутренние погонные усилия и моменты в оболочке.	10
3	Раздел 4. Расчет оболочек по	Расчет оболочек по безмоментной теории.	20

	безмоментной теории.		
4	Раздел 5. Изгиб цилиндрических оболочек.	Исследование краевых эффектов в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением.	6
5	Раздел 6. Устойчивость элементов конструкций.	Устойчивость цилиндрической оболочки, сжатой осевой силой.	6
6	Раздел 7. Численные методы строительной механики.	Инженерные пакеты твердотельного моделирования и проектирования силовых конструкций на основе метода конечных элементов.	5
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>57</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
5	ТекК			Отч. по ПЗ		ДР				ДР			Отч. по ПЗ			ДР	ТекК

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 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, 129 экз.
3. И. Ф. Образцов, Л. А. Булычёв, В. В. Васильев. . Строительная механика летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1986, 16 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/> ; <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — 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](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### 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. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
5. Mathcad Education - University Edition Term.

### **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 **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 А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-1.5 способен разрабатывать конструктивно-силовые и компоновочные схемы ракет-носителей, ракетно-космических систем и их составных частей.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с анализом напряженно-деформированного состояния и несущей способностью ракетных конструкций.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

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.
<b>Раздел 2. Основные уравнения теории упругости.</b>		
Уравнения равновесия, геометрические и физические уравнения. Общая система уравнений напряженно-деформированного состояния элемента конструкции.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (2) В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек.</b>		
Деформация срединной поверхности и произвольного слоя оболочки. Внутренние погонные усилия и моменты в оболочке.	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2) В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (6)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории.</b>		
Расчет оболочек по безмоментной теории.	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (5) В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (7)	20
Итого по разделу 4		20
<b>Раздел 5. Изгиб цилиндрических оболочек.</b>		
Исследование краевых эффектов в цилиндрических оболочках, нагруженных давлением.	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (6) В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (8 - 9)	6
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Устойчивость элементов конструкций.</b>		
Устойчивость цилиндрической оболочки, сжатой осевой силой.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (12 - 13)	6

	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (8)	
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Численные методы строительной механики.</b>		
Инженерные пакеты твердотельного моделирования и проектирования силовых конструкций на основе метода конечных элементов.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (14) И. Ф. Образцов, Л. А. Булычёв, В. В. Васильев. . Строительная механика летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (7)	5
Итого по разделу 7		5

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

Вопросы для текущего контроля направлены на оценку освоения учебного материала разделов рабочей программы дисциплины. Контроль проводится в форме собеседования, в ходе которого студент отвечает на вопросы преподавателя. Контрольное мероприятие считается выполненным, если студент дал не менее двух правильных ответов.

Перечень вопросов для текущего контроля входит в состав УМК дисциплины.

#### Отчет по практическому заданию

Результаты выполнения практического задания оформляются в виде отчета. 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 и 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.

#### 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.

Допуском к экзамену является выполнение и успешная защита всех практических заданий.

Оценка за экзамен выставляется по результатам ответов на экзаменационные вопросы, перечень которых представлен в УМК дисциплины. Критерии оценивания:

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

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-1.5	
3	5	Раздел 1. Предмет и задачи курса.	2	2	2	0	0	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 2. Основные уравнения теории упругости.	19	9	6	3	10	20	Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 3. Уравнения теории тонких оболочек.	18	8	6	2	10	10	Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 4. Расчет оболочек по безмоментной теории.	30	10	6	4	20	20	Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 5. Изгиб цилиндрических оболочек.	16	10	6	4	6	20	Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 6. Устойчивость элементов конструкций.	16	10	6	4	6	10	Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 7. Численные методы строительной механики.	7	2	2	0	5	10	Вопросы для текущего контроля
Всего за 5 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	