

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

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	68	34	0	34	40	0	0	40	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: 2026

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Синильщиков Валерий Борисович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Маштаков А.П., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Маштаков А.П., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ 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-3.2 — Способен проводить расчетную и экспериментальную отработку динамики и прочности конструкций изделий ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-3.2**

*знания:*

- типовые постановки задач строительной механики и основные расчетные схемы;
- основные методы решения задач строительной механики для типовых конструкций;
- особенности напряженно-деформированного состояния типовых элементов конструкций при типовых нагрузениях и его зависимость от схемы и основных параметров конструкций;

*умения:*

- использовать изученные методы для решения прикладных задач;
- анализировать результаты расчетов, выявлять основные закономерности процессов и предлагать структурные решения и значения параметров, направленные на повышение эффективности разрабатываемых конструкций;

*навыки:*

проведения прикладных расчетов типовых конструкций и анализа их результатов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДИНАМИКА КОНСТРУКЦИЙ, ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТНЫХ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ТЕРМОУПРУГОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ**.

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-3.4 — Способен проводить технологическую подготовку производства деталей в машиностроении

### 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		ПК-3.2
3	5	<b>Раздел 1. Введение. Задачи и методы строительной механики.</b> 1.1. Типовые элементы конструкций. 1.2. Основные задачи строительной механики и порядок их решения. 1.3. Связь строительной механики и сопротивления материалов. 1.4. Эволюция методов решения задач строительной механики: аналитические методы, численные методы, программные пакеты.	6	6	4	2	0	5
3	5	<b>Раздел 2. Фермы. Область применения, основные понятия и классификация.</b> 2.1. Определение фермы. Примеры использование ферм в различных областях техники. 2.2. Обоснование применимости строгого определения фермы для сварных стержневых систем 2.3. Сравнение ферм и балок при работе на изгиб. Достоинства и недостатки ферм. 2.4. Оптимальный закон изменения высоты фермы. Классификация ферм по очертанию. 2.5. Требования к решеткам ферм. Типы решетки.	10	10	4	6	0	10
3	5	<b>Раздел 3. Аналитические методы расчета ферм.</b> 3.1. Критерии статической определимости ферм. Понятие о мгновенно изменяемых системах 3.2. Определение усилий в стержнях ферм. Метод вырезания узлов для плоских и пространственных статически определимых ферм 3.3. Метод Риттера. 3.4. Определение перемещений узлов в фермах. Формула Мора. 3.6. Метод разложения пространственной фермы на плоские. 3.5. Раскрытие статической неопределимости в фермах. Метод сил. 3.6. Учет внеузловых нагрузок.	18	4	4	0	14	10
3	5	<b>Раздел 4. Элементы проектирования ферм.</b> 4.1. Особенности работы стержней в фермах на сжатие. Нормировка гибкости стержней по СНиП II-23-81 Понятие о расчетной длине в плоскости фермы и из плоскости фермы. Нормировка расчетных длин по СНиП II-23-81. 4.2. Конструкции узлов легких ферм. 4.3. Выбор генеральных размеров ферм. Понятие о строительном подъеме. 4.4. Предварительное растяжение стержней в фермах 4.5. Выбор типа сечения стержней легких и тяжелых ферм. 4.6. Определение размеров сечений стержней при работе на сжатие, растяжение и изгиб.	26	12	4	8	14	20
3	5	<b>Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.</b> 5.1. Понятие о степенях свободы и глобальной матрице жесткости ферм 5.2. Матрица жесткости одиночного стержня. 5.3. Формирование глобальной матрицы жесткости фермы: использование матрицы индексов. 5.4. Определение перемещений узлов и усилий в стержнях.	10	8	4	4	2	10
3	5	<b>Раздел 6. Теория пластин.</b> 6.1. Определение пластины. Отличие пластины от плиты и мембраны. Основные гипотезы теории Киргифа и их связь с основными гипотезами теории изгиба балок. 6.2. Выражения деформаций через продольные и поперечные перемещения. Обобщенный закон Гука для плоского напряженного состояния при неравномерном прогреве. 6.3. Выражения для внутренних силовых факторов. Уравнения равновесия элемента пластины. 6.4. Вывод дифференциального уравнения изгиба пластины (уравнение Софи-Жермен) и дифференциальных уравнений для продольных перемещений. 6.5. Вывод граничных условий для уравнений изгиба и продольных перемещений: случаи жесткой заделки, шарнирного опирания, свободного края и опирания на упругую балку. 6.6. Табличные решения и их использование.	11	11	5	6	0	15
3	5	<b>Раздел 7. Теория оболочек.</b> 7.1. Основные понятия и определения теории оболочек. 7.2. Геометрические, физические уравнения и уравнения равновесия. 7.3. Безмоментная и моментная теории тонких оболочек. Краевой эффект. Принимаемые допущения и способы получения разрешающих уравнений. 7.4. Дифференциальное уравнение тонких упругих осесимметричных изотропных оболочек. 7.5. Граничные условия. 7.6. Расчетные зависимости для определения сил, моментов, напряжений и деформаций. 7.7. Особенности конкретных оболочек: сфера, эллипсоид, тор, цилиндр, конус. Получение для них расчетных зависимостей. Расчет кольцевых тел Способы задания граничных условий. Определение постоянных интегрирования. 7.8. Правила составления уравнений сопряжения оболочек. Жесткие и деформируемые подкрепления оболочек. 7.9. Примеры расчета напряженно-деформированного состояния реальных оболочек. Оценка прочности.	15	11	5	6	4	15
3	5	<b>Раздел 8. Строительная механика конструкций летательных аппаратов.</b> 8.1. Основные элементы конструкций летательных аппаратов. 8.2. Расчетные нагрузки, действующие на элементы конструкции летательных аппаратов при транспортировке, ударных воздействиях, старте, маневрировании, входе в атмосферу и воздействии поражающих средств. 8.3. Прочностные расчеты для головного отсека 8.4. Прочностные расчеты для отсеков, нагруженных внешним давлением для различных силовых схем (гладкая, шпангоутная, стрингерная, лонжеронная). 8.5. Расчет баков на прочность. Влияние давления жидкости и ее колебаний.	12	6	4	2	6	15
<b>Всего за 5 семестр</b>			108	68	34	34	40	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	68	34	34	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение. Задачи и методы строительной механики.	Введение. Задачи и методы строительной механики.	2
2	Раздел 2. Фермы. Область применения, основные понятия и классификация.	Фермы. Область применения, основные понятия и классификация	6
3	Раздел 4. Элементы проектирования ферм.	Элементы проектирования ферм.	8
4	Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.	Использование метода конечных элементов для расчета ферм.	4
5	Раздел 6. Теория пластин.	Теория пластин	6
6	Раздел 7. Теория оболочек.	Теория оболочек	6
7	Раздел 8. Строительная механика конструкций летательных аппаратов.	Строительная механика конструкций летательных аппаратов	2
<b>Всего за 5 семестр</b>			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 3. Аналитические методы расчета ферм.	Выполнение части 1 домашнего задания	10
2		Повторение ранее изученного материала	2
3		Подготовка к контрольной работе	2
4	Раздел 4. Элементы проектирования ферм.	Повторение ранее изученного материала.	2
5		Выполнение части 2 домашнего задания	12
6	Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.	Повторение ранее изученного материала.	2
7	Раздел 7. Теория оболочек.	Самостоятельное изучение правил составления уравнений сопряжения оболочек и их подкреплений	4
8	Раздел 8. Строительная механика конструкций	Самостоятельное изучение дидактических единиц 8.2-8.5 по	6

летательных аппаратов.	учебной литературе	
Всего за 5 семестр		40

#### 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					Контр.Р.	ДР				ДР				ДЗ		ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика. СПб.: Лань, 2010, эл. рес.
2. А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Анализ прочности элементов конструкций. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
3. А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Анализ прочности элементов конструкций. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 40 экз.
4. А. И. Мильченко. . Прикладная механика. М.: Академия, 2013, 30 экз.
5. В. И. Погорелов. . Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 85 экз.
6. В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
7. В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
8. В. И. Погорелов. . Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
9. В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 129 экз.
10. В. Т. Лизин. . Проектирование тонкостенных конструкций. М.: Машиностроение, 2003, эл. рес.
11. В. Т. Лизин. . Проектирование тонкостенных конструкций. Москва: Машиностроение, 2003, эл. рес.
12. Г. В. Васильков, З. В. Буйко. . Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
13. Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 82 экз.
14. Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
15. С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 12 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Строительные нормы и правила. М.: Изд-во ЦИТП Госстроя, 1988, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Деформация и разрушение материалов.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – 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](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. Matlab 2015a SP1.

### 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.

### **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 ЛЕТАТЕЛЬНЫХ 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-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-3.2 Способен проводить расчетную и экспериментальную отработку динамики и прочности конструкций изделий ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с прочностными расчетами и проектированием типовых металлических конструкций: 1) изучение методов расчета ферм, пластин и оболочек на прочность и их деформаций; 2) знакомство с основами проектирования ферм и оболочек; 3) изучение принципов и методов решения задач строительной механики.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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 3. Аналитические методы расчета ферм.</b>		
Выполнение части 1 домашнего задания	А. И. Мильченко. . Прикладная механика: М.: Академия, 2013 (3)	10
Повторение ранее изученного материала	А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (3-5)	2
Подготовка к контрольной работе		2
Итого по разделу 3		14
<b>Раздел 4. Элементы проектирования ферм.</b>		
Повторение ранее изученного материала.	. Строительные нормы и правила: М.: Изд-во ЦИТП Госстроя, 1988 (9)	2
Выполнение части 2 домашнего задания	С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (5)	12
Итого по разделу 4		14
<b>Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.</b>		
Повторение ранее изученного материала.	Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2-3) Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2-3)	2
Итого по разделу 5		2
<b>Раздел 7. Теория оболочек.</b>		
Самостоятельное изучение правил составления уравнений сопряжения оболочек и их подкреплений	В. И. Погорелов. . Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4,5) В. Т. Лизин. . Проектирование тонкостенных конструкций: Москва: Машиностроение, 2003 (5,6)	4
Итого по разделу 7		4
<b>Раздел 8. Строительная механика конструкций летательных аппаратов.</b>		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 8.2-8.5 по учебной литературе	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (3-5) В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2019 (2-3) В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (3-5) В. И. Погорелов. . Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2020 (2-3)	6
Итого по разделу 8		6

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание;
- контрольная работа;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Понятие фермы и его применимость для стержневых систем со сварными соединениями стержней
2. Примеры ферм. Названия стержней и основных размеров фермы. Учет внеузловой нагрузки.
3. Сравнение сечений при работе стержней на изгиб. Критерий эффективности
4. Требования к очертанию ферм. Виды очертаний
5. Требования к решеткам ферм. Виды решеток
6. Работа стержней в фермах на сжатие. Гибкость стержня. Коэффициенты приведения длины для стержней разных типов в разных направлениях
7. Требования к сечениям стержней в фермах. Сечения легких ферм
8. Особенности тяжелых ферм. Сечения тяжелых ферм. Пример.
9. Конструкции узлов легких ферм из уголков
10. Общие требования к выбору размеров сечений. Выбор сечения для сжатых и растянутых стержней
11. Строительный подъем. Растяжение сжатых поясов.
12. Метод конечных элементов для расчета ферм. Глобальная и локальная матрицы жесткости.
13. Расчет плоских и пространственных ферм методом конечных элементов
14. Теория пластин. Напряжения, деформации и внутренние силовые факторы
15. Теория пластин. Уравнение Софи-Жермен и его решения для типовых схем
16. Теория оболочек. Геометрические, физические уравнения и уравнения равновесия.
17. Дифференциальное уравнение тонких упругих осесимметричных изотропных оболочек. Граничные условия. Расчетные зависимости для определения сил, моментов, напряжений и деформаций.
18. Основные элементы конструкций летательных аппаратов и расчетные нагрузки на них
19. Прочностные расчеты для основных отсеков летательных аппаратов
20. Прочностные расчеты для топливных баков летательных аппаратов

#### Домашнее задание

Домашнее задание состоит в расчете усилий в стержнях фермы и выборе сечений для ее стержней.

Отчет по домашнему заданию должен представлять рисунок фермы с заданными нагрузками, схемы определения усилий при вырезании узлов или использовании метода Риттера, расчетные формулы и ответы. Усилия в стержнях обязательно выписываются в виде таблицы. Также должны быть представлены таблицы, иллюстрирующие выбор оптимального сечения для указанных групп стержней.

Домашнее задание представляется в бумажном или электронном виде.

Домашнее задание считается зачтенным, если усилия во всех стержнях вычислены с погрешностью не более 0,1% и выбраны оптимальные сечения стержней.

Примеры домашних заданий входят в состав УМК дисциплины и выложены в ЭИОС Moodle БГТУ.

#### Контрольная работа

Контрольная работа представляет собой решение задачи по определению усилий в стержнях фермы (общее число стержней в разных вариантах 25-32).

Задания для контрольной работы входят в состав УМК дисциплины и выложены в ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ».

Контрольная работа считается зачтенной, если верно рассчитаны усилия не менее, чем в 80% стержней.

#### Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит по билетам. В состав билета входит теоретический вопрос из числа приведенных в пункте "Вопросы к дифференцированному зачету" и задача. Студент допускается к дифференцированному зачету при условии защищенных лабораторных работ, успешно написанной контрольной работы и принятого домашнего задания.

Оценка выставляется после собеседования со студентом в соответствии со следующими критериями:

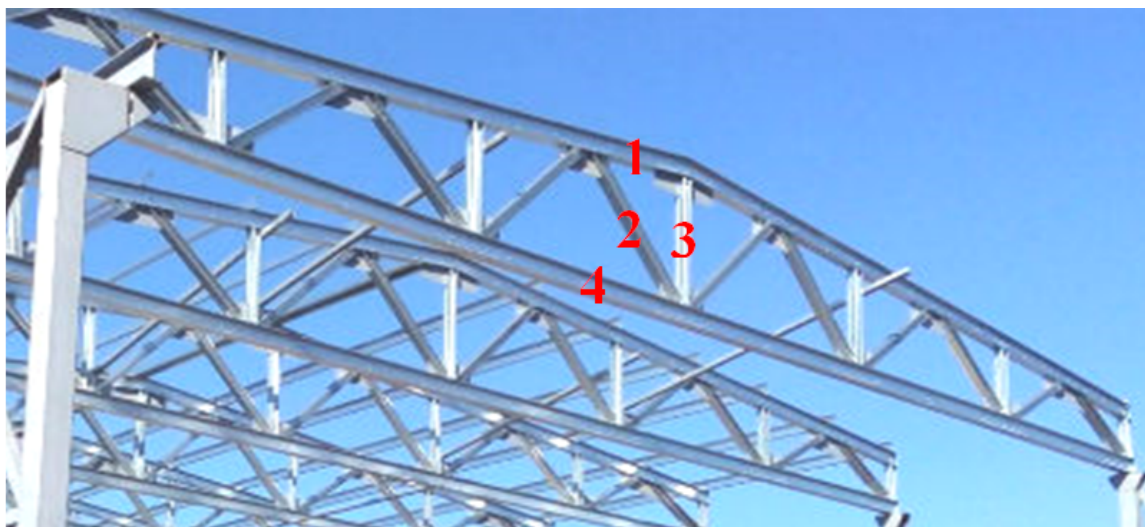
- оценка ЗАЧТЕНО-ОТЛИЧНО – полное раскрытие теоретического вопроса при высоком уровне владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-ХОРОШО – полное раскрытие теоретического вопроса при среднем уровне владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – полное раскрытие теоретического вопроса при слабом уровне владения материалом, либо недостаточно полное раскрытие теоретического вопроса при среднем уровне владения материалом;
- оценка НЕ ЗАЧТЕНО – в иных случаях.

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-3.2	
3	5	Раздел 1. Введение. Задачи и методы строительной механики.	6	6	4	2	0	5	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 2. Фермы. Область применения, основные понятия и классификация.	10	10	4	6	0	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 3. Аналитические методы расчета ферм.	18	4	4	0	14	10	Домашнее задание, Контрольная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 4. Элементы проектирования ферм.	26	12	4	8	14	20	Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.	10	8	4	4	2	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 6. Теория пластин.	11	11	5	6	0	15	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 7. Теория оболочек.	15	11	5	6	4	15	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 8. Строительная механика конструкций летательных аппаратов.	12	6	4	2	6	15	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 5 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	

**ПК-3.2 - Способен проводить расчетную и экспериментальную отработку динамики и прочности конструкций изделий ракетно-космической техники**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

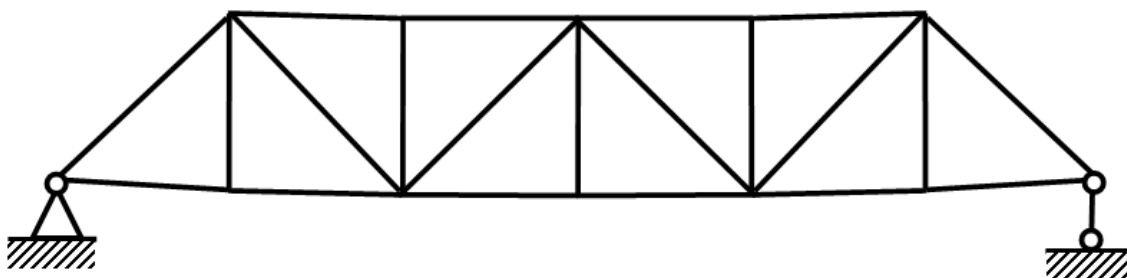
Приведите в соответствие номера стержней в ферме и их названия. К каждой позиции в левом столбце подберите позицию из правого столбца



Стержень	Название
1	А. Верхний пояс
2	Б. Нижний пояс
3	В. Раскос
4	Г. Распорка
	Д. Стойка

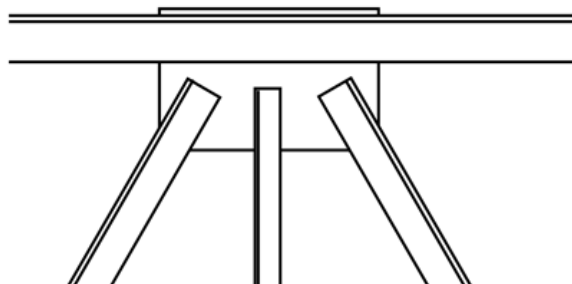
№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Проектируется мостовая ферма. При установке фермы на опоры под действием собственного веса, ферма прогнется вниз. Такой прогиб не только неэстетичен, но и вызовет дополнительные нагрузки на движущийся транспорт, который после заезда на мост сначала едет под гору, а затем в гору. Равные по модулю и противоположные по направлению динамические нагрузки будут действовать и на сам мост. Как можно решить эту проблему почему предложенный способ устраняет ее?



№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В данной конструкции узла из уголкового стержней имеется ошибка. В чем она состоит и к каким нежелательным последствиям она приведет?



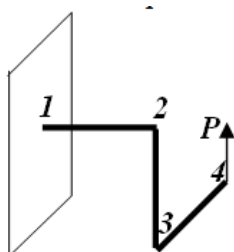
№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие свойства сечений стержней и геометрические характеристики, характеризующие эти свойства. К каждой позиции в левом столбце подберите позицию из правого столбца

Свойство	Числовая характеристика
1. Жесткость на растяжение	А. Площадь сечения
2. Жесткость на изгиб	Б. Статический момент сечения
3. Жесткость на кручение (для стержней круглого сечения)	В. Осевой момент инерции
4. Прочность на растяжение	Г. Полярный момент инерции
5. Прочность на изгиб	Д. Центробежный момент инерции
6. Прочность на кручение (для стержней круглого сечения)	Е. Осевой момент сопротивления
	Ж. Полярный момент сопротивления

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Рама 1-2-3-4 состоит из трех круглых стержней одинаковой длины и диаметра, причем их длина в 20 раз больше диаметра. Какие внутренние силовые факторы являются значимыми для прочности стержня 1-2?

1. Продольное усилие
2. Перерезывающая сила
3. Изгибающий момент
4. Крутящий момент



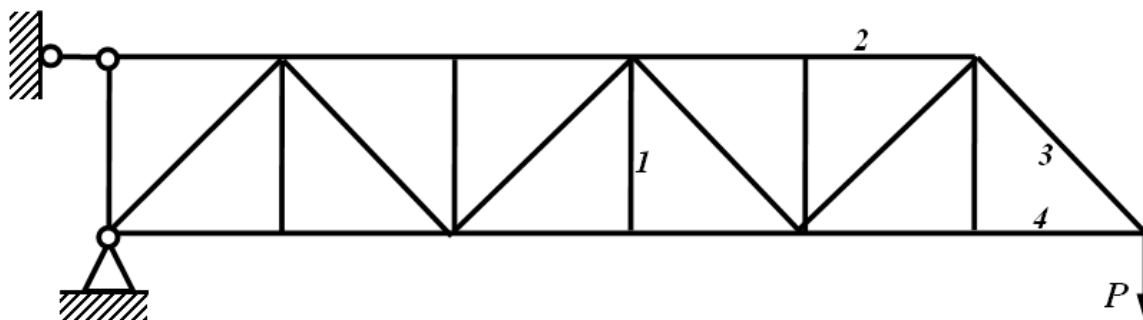
№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из перечисленных параметров влияют на прочность балки при изгибе вокруг одной из главных осей инерции?

1. Максимальный по модулю изгибающий момент
2. Момент инерции
3. Момент сопротивления
4. Допускаемые напряжения

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
Запишите последовательность характерных значений напряжений в стальном образце, который испытывают на статическое растяжение, постепенно увеличивая нагрузку.

1. Предел упругости
2. Предел временного сопротивления
3. Предел текучести
4. Предел пропорциональности

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность  
Расположите пронумерованные стержни данной фермы в порядке возрастания модуля усилия

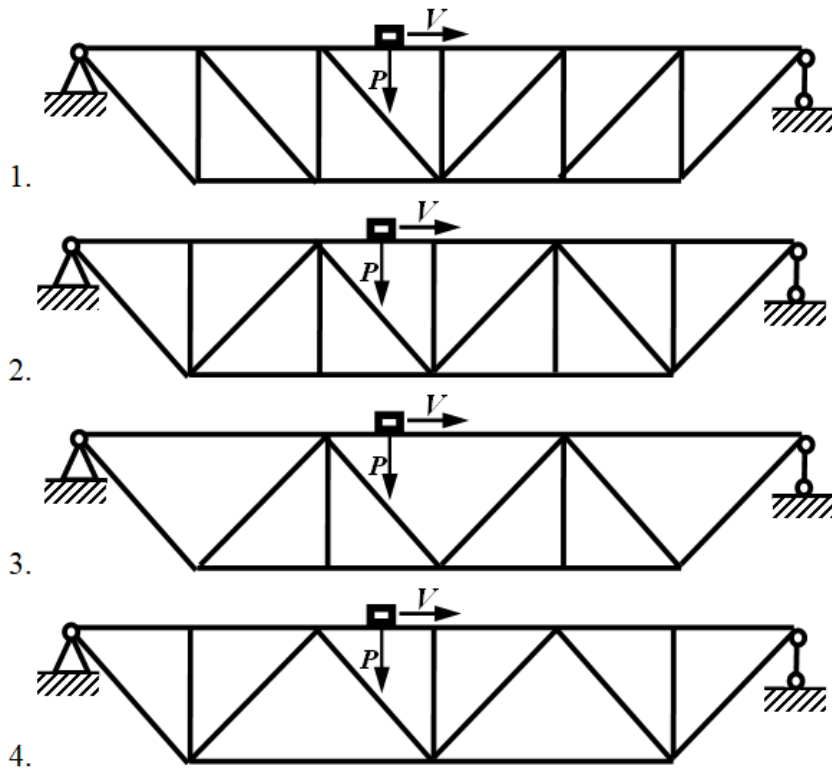


№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какое из сечений балки является оптимальным с точки зрения веса при работе на изгиб в одной плоскости?

1. Уголок
2. Двутавр
3. Квадратная труба
4. Круглая труба

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

Какую из решеток целесообразно применять для мостовой фермы, по верхнему поясу которой движется подвижная нагрузка?



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

Какое очертание фермы является оптимальным с точки зрения минимизации ее веса, нагрузка, действующая на ферму, состоит в одной сосредоточенной силе, причем ее точка приложения и направление неизменны?

1. Ферма с параллельными поясами;
2. Треугольное;
3. Трапециидальное;
4. Полигональное

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

Для чего в фермах с треугольной решеткой используют стойки?

1. Для уменьшения длины сжатых стержней
2. Для уменьшения длины растянутых стержней
3. Для того, чтобы усилия в поясах распределялись более равномерно
4. Для уменьшения длины стержней, вдоль которых движется нагрузка, направленная поперек стержня