

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

Юнаков Л. П.  
(подпись) ФИО  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
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	
4	7	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

*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: 2024

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 Долбенков В.Г., к.т.н., снс \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

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

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс \_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ**

### **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-02 — способность проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-02**

#### *знания:*

на уровне представлений: знать типовые постановки задач строительной механики и основные расчетные схемы;

на уровне воспроизведения: знать основные методы решения задач строительной механики для типовых конструкций;

на уровне понимания: знать особенности напряженно-деформированного состояния типовых элементов конструкций при типовых нагрузках и его зависимость от схемы и основных параметров конструкций;

#### *умения:*

теоретические: использовать изученные методы для решения прикладных задач;

практические: уметь 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;

анализа их результатов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений 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, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТОВ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ, АГРЕГАТЫ СТАРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных 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
- ПСК-07 — Способен разрабатывать и внедрять в производство новые конструкционные материалы и технологические процессы

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-02
4	7	<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.	7	7	5	2	0	3
4	7	<b>Раздел 2. Фермы. Область применения, основные понятия и классификация.</b> 2.1. Определение фермы. Примеры использования 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. Классификации ферм по очертанию. 2.5. Требования к решеткам ферм. Типы решетки.	19	11	5	6	8	10
4	7	<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. 3.5. Метод разложения пространственной фермы на плоские. 3.6. Раскрытие статической неопределимости в фермах. Метод сил. 3.6. Учет внеузловых нагрузок.	25	5	5	0	20	15
4	7	<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 строительно-монтажном 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.	31	13	5	8	18	17
4	7	<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 одночного стержня. 5.3. Формирование глобальной матрицы жесткости фермы: использование матрицы индексов. 5.4. Определение перемещений узлов и усилий в стержнях.	16	8	4	4	8	15
4	7	<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.	19	11	5	6	8	15
4	7	<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. Краевые эффекты. 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.	27	13	5	8	14	25
Всего за 7 семестр			144	68	34	34	76	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	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.	Раздел 2. 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	8
Всего за 7 семестр			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Задачи и методы строительной механики.	Повторение ранее изученного материала	0
2	Раздел 2. Фермы. Область применения, основные понятия и классификация.	Повторение ранее изученного материала	8
3		Повторение ранее изученного материала	4
4		Подготовка к контрольной работе	8
5	Раздел 3. Аналитические методы расчета ферм.	Выполнение части 1 домашнего задания	8
6		Повторение ранее изученного материала.	4
7		Выполнение части 2 домашнего задания	14
8	Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.	Повторение ранее изученного материала.	8
9	Раздел 6. Теория пластин.	Повторение ранее изученного материала	8
10	Раздел 7. Теория оболочек.	Повторение ранее изученного материала	6

11	Самостоятельное изучение правил составления уравнений сопряжения оболочек и их подкреплений	8
<b>Всего за 7 семестр</b>		<b>76</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
7			Контр.Р.			ДР		ДЗ		ДР			ДЗ			ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- домашнее задание;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 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, 40 экз.
3. А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Анализ прочности элементов конструкций. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
4. А. И. Мильченко. . Прикладная механика. М.: Академия, 2013, 30 экз.
5. В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 129 экз.
6. В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 194 экз.
7. В. Т. Лизин. . Проектирование тонкостенных конструкций. Москва: Машиностроение, 2003, эл. рес.
8. Г. В. Васильков, З. В. Буйко. . Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
9. Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 82 экз.
10. Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
11. 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.
2. А. Л. Алейнер, А. А. Ананьев, Н. А. Баранов. Общие расчёты, материалы, приводы, металлические конструкции. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1971, 0 экз.
3. С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. . Пластинки и оболочки. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 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:

не требуется.

### 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:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **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 **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений 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 А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-02 способность проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов.

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 экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 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. Введение. Задачи и методы строительной механики.		
Повторение ранее изученного материала	В. И. Погорелов. . Строительная механика летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1) Г. В. Васильков, З. В. Буйко. . Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1) А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (1)	0
Итого по разделу 1		0
Раздел 2. Фермы. Область применения, основные понятия и классификация.		
Повторение ранее изученного материала	А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Анализ прочности элементов конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (3) А. Л. Алейнер, А. А. Ананьев, Н. А. Баранов. Общие расчёты, материалы, приводы, металлические конструкции: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1971 (3) . Строительные нормы и правила: М.: Изд-во ЦИТП Госстроя, 1988 (6,8)	8
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Аналитические методы расчета ферм.		
Повторение ранее изученного материала	А. В. Дарков, В. А. Шапошников. . Строительная механика: СПб.: Лань, 2010 (3-5) А. И. Мильченко. . Прикладная механика: М.: Академия, 2013 (3)	4
Подготовка к контрольной работе		8
Выполнение части 1 домашнего задания		8
Итого по разделу 3		20
Раздел 4. Элементы проектирования ферм.		
Повторение ранее изученного материала.	. Строительные нормы и правила: М.: Изд-во ЦИТП Госстроя, 1988 (9) С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (5)	4
Выполнение части 2 домашнего задания		14
Итого по разделу 4		18
Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.		
Повторение ранее изученного материала.	Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2-3) Е. Г. Макаров. . Метод конечных элементов в прочностных расчётах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2-3)	8
Итого по разделу 5		8
Раздел 6. Теория пластин.		
Повторение ранее изученного материала	В. Т. Лизин. . Проектирование тонкостенных конструкций: Москва: Машиностроение, 2003 (3,4) С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. . Пластинки и оболочки: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966 (1-3) А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Анализ прочности элементов конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (5) А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. . Анализ прочности элементов конструкций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (5)	8
Итого по разделу 6		8
Раздел 7. Теория оболочек.		
Повторение ранее изученного материала	В. Т. Лизин. . Проектирование тонкостенных конструкций: Москва: Машиностроение, 2003 (5,6) В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (4-5) Г. В. Васильков, З. В. Буйко. . Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (6)	6
Самостоятельное изучение правил составления уравнений сопряжения оболочек и их подкреплений		8
Итого по разделу 7		14

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- домашнее задание;
- контрольная работа;
- 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 к экзамену

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.

#### 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 зачетным, 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.

#### 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.

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

#### Экзамен

Экзамен по дисциплине проходит в форме решения задачи и устного собеседования (ответов на вопросы преподавателя) при условии сданных контрольной работы и домашнего задания.

Каждый теоретический вопрос составляет 100% заданий.

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

- правильные ответы на менее чем 60% вопросов и нерешенная/неверно решенная задача – оценка "неудовлетворительно";
- правильные ответы на 60-100% вопросов при нерешенной/неверно решенной задаче, либо правильные ответы на 30-60% вопросов при верно решенной задаче – оценка "удовлетворительно";
- правильные ответы на 60-80% вопросов при верно решенной задаче – оценка "хорошо";
- правильные ответы на более чем 80% вопросов при верно решенной задаче – оценка "отлично".

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-02	
4	7	Раздел 1. Введение. Задачи и методы строительной механики.	7	7	5	2	0	3	Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 2. Фермы. Область применения, основные понятия и классификация.	19	11	5	6	8	10	Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 3. Аналитические методы расчета ферм.	25	5	5	0	20	15	Контрольная работа, Домашнее задание, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 4. Элементы проектирования ферм.	31	13	5	8	18	17	Вопросы к экзамену, Домашнее задание
4	7	Раздел 5. Использование метода конечных элементов для расчета ферм.	16	8	4	4	8	15	Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 6. Теория пластин.	19	11	5	6	8	15	Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 7. Теория оболочек.	27	13	5	8	14	25	Вопросы к экзамену, Домашнее задание
Всего за 7 семестр			144	68	34	34	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	

## Критерии оценивания

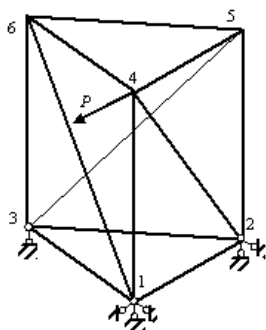
### ПСК-02

Вопросы открытого типа:

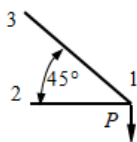
- № 1 При использовании узлов с фасонками раскосы имеют меньшую расчетную (приведенную) длину в направлении...  
№ 2 Пролеты этого моста имеют... очертание



- № 3 С точки зрения минимизации веса фермы оптимальным в общем случае является ее очертание, пропорциональное...  
№ 4 В случае, если вся нагрузка, действующая на ферму, состоит в одной сосредоточенной силе, причем ее точка приложения и направление неизменны, оптимальным с точки зрения минимизации веса фермы является ... очертание  
№ 5 Для одного узла пространственной фермы при использовании метода вырезания узлов записывается ... независимых уравнения(й)  
№ 6 В основании фермы - прямоугольный равнобедренный треугольник (угол 2-1-3 - прямой). Грани 1-2-5-4 и 1-3-6-4 – квадраты.  $P=10$  т. Тогда усилие в стержне 3-5 равно...



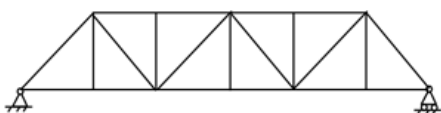
- № 7 Чему равно усилие в стержне 1-2?



- № 8 Какое очертание фермы в общем случае оптимально с точки зрения минимизации ее веса?  
№ 9 Для чего в фермах используются малонагруженные стойки?  
№ 10 Какое сечение из парных уголков (равнополочных или неравнополочных) следует предпочесть для раскоса (пунктирная линия – плоскость фермы)?

Вопросы закрытого типа:

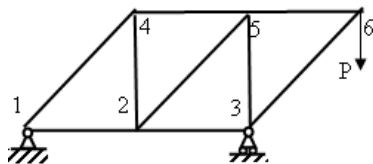
- № 1 Можно ли исключить сжатие верхнего пояса мостовой фермы?



- 1) Можно, если правильно подобрать сечения;  
2) Можно, если перейти к другому очертанию;

- 3) Можно, если использовать другую решетку;
- 4) Можно, если подвести опоры к верхнему поясу;
- 5) Можно, если увеличить длину фермы и использовать противовесы;
- 6) Нельзя.

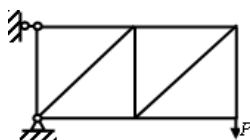
№ 2



На рисунке показана сварная стержневая система. Как изменятся максимальные (по модулю) напряжения в ее стержнях, если заменить все узлы – шарнирами?

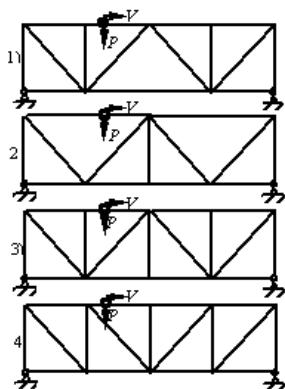
- 1) Существенно уменьшатся;
- 2) Существенно возрастут;
- 3) Практически не изменятся;
- 4) В одних стержнях – существенно возрастут, в других – существенно уменьшатся.

№ 3 На рисунке изображена стержневая система со сварным соединением стержней. В ее стержнях изгибные напряжения...

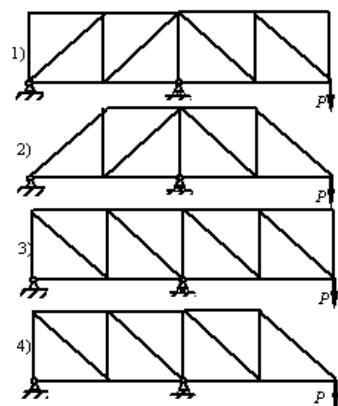


- 1) ...равны нулю;
- 2) ...ненулевые, но по модулю значительно меньше, чем напряжения растяжения-сжатия;
- 3) ...по модулю имеют тот же порядок, что и напряжения растяжения-сжатия;
- 4) ...по модулю значительно больше, чем напряжения растяжения-сжатия.

№ 4 Расчетная нагрузка движется по верхнему поясу. Какой вариант решетки оптимален для таких условий?



№ 5 Точка и направление приложения расчетной нагрузки неизменны. Какая из ферм имеет оптимальную решетку?



№ 6 Как зависит критическая сила при которой стержень теряет устойчивость от длины стержня?

- 1) Не зависит;
- 2) Прямо пропорциональна;
- 3) Обратно пропорциональна;
- 4) Прямо пропорциональна квадрату;
- 5) Обратно пропорциональна квадрату;
- 6) Иное.

№ 7 Перечислите различия между легкими и тяжелыми фермами :

- 1) В легких и тяжелых фермах используются разные материалы;
- 2) В легких и тяжелых фермах используются разные сечения стержней;
- 3) В легких фермах усилия в стержнях решетки не превышают 100 т;
- 4) В легких фермах усилия в стержнях решетки не превышают 300 т;
- 5) В легких фермах усилия во всех стержнях не превышают 100 т
- 6) В легких фермах усилия во всех стержнях не превышают 300 т.

№ 8 Что характеризует коэффициент приведения длины стержня в ферме?

- 1) Геометрию сечения стержня
- 2) Влияние неупругих деформаций при превышении сжимающей нагрузкой предела пропорциональности
- 3) Жесткость закрепления краев стержня в узлах
- 4) Влияние изгибающего момента
- 5) Влияние крутящего момента

№ 9 В каком направлении при использовании узлов с фасонками раскосы имеют меньшую расчетную (приведенную) длину?

- 1) В плоскости фермы
- 2) Из плоскости фермы
- 3) В осевом направлении
- 4) В направлении главной оси инерции

№ 10 Какие сечения могут использоваться для стержней, на которые может действовать крутящий момент?

- 1) Круглая труба
- 2) Квадратная труба
- 3) двутавр
- 4) уголок
- 5) прямоугольная труба
- 6) швеллер