

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ

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-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	
3	6	3	108	34	0	17	17	74	0	0	74	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: 2025

Программу составил:

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

Шерин Петр Алексеевич, старший преподаватель

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

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

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ**

## **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:*

Общая теория прочности, метод конечных элементов и его реализация в программном комплексе Asnys (Ansys Workbench);

*умения:*

Определять нагрузки, действующие на элементы конструкции ПУ; осуществлять доработку 3-D модели элемента конструкции для анализа в Asnys (Ansys Workbench); определять граничные условия модели и приложение нагрузок на элементы конструкции в Asnys (Ansys Workbench);

*навыки:*

Способен осуществлять анализ элементов конструкции ПУ, использовать программный комплекс Asnys (Ansys Workbench) для расчетов элементов конструкции ПУ, Способен анализировать результаты расчета в программном комплексе Asnys (Ansys Workbench) и сопоставлять их с результатами расчета по аналитическим методикам.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ** 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: **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**.

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3.2
3	6	Раздел 1. Введение. Основные понятия и реализуемые алгоритмы метода конечных элементов. Типы расчетных сеток, интерфейс программы.	29	17	17	0	12	30
3	6	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости. 2.1 Критерии прочности и устойчивости конструкций ПУ.	10	0	0	0	10	10
3	6	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций. 3.1 Декомпозиция как основа быстрых инженерных решений в рамках проектирования 3.2 Практические примеры декомпозиции конструкций 3.3 Представление типовых элементов ПУ для решения инженерных задач проектирования.	37	17	0	17	20	30
3	6	Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей. 4.1 Гидравлический бак 4.2 Металлоконструкция отсека 4.3 Стрела.	10	0	0	0	10	10
3	6	Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей. 5.1 Прочностной расчет гидравлического бака 5.2 Прочностной расчет металлоконструкции отсека 5.3 Прочностной расчет металлоконструкции стрелы.	12	0	0	0	12	10
3	6	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ. 6.1 Прочностной расчет отсека с оборудованием.	10	0	0	0	10	10
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение.	Особенности проведения прочностных, тепловых, частотных расчетов, расчетов на устойчивость, циклические и ударные нагрузки в SolidWorks Simulation. Обоснование возможности расчета задач термоупругости и нелинейной динамики.	0
2	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.	Принципы построения алгоритмов р-адаптивного и h-адаптивного методов расчета. Задание параметров управления и критерии точности для адаптивных методов	0
3	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.	Основы декомпозиции сложных конструкций.	17
4	Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей.	Основные параметры расчетной сетки. Алгоритмы её формирования методом энергетических диаграмм и методом движущегося фронта.	0
5	Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей.	Функциональные возможности моделирование взаимодействия деталей в сборке. Расчет при наличии больших перемещений. Учет трения в зоне контакта. Контактное тепловое сопротивление.	0
6	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	Компоненты напряжений, перемещений и деформаций. Изолинии и изоповерхности. Критерии оценки прочности. Сценарии проектирования. Оптимизационная задача, алгоритм и параметры настройки. Способы экспорта результатов в другие программы.	0
Всего за 6 семестр			17

#### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов

1	Раздел 1. Введение.	Интерфейс программы. Основные принципы выбора твердотельной, оболочечной, балочной и комбинированной расчетных сеток.	17
2	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.	Задание свойств материала объекта расчета. Работа с браузером материалов и поставляемой библиотекой материалов.	0
3	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.	Моделирование реальных нагрузок и способов закрепления объекта с помощью граничных условий в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.	0
4	Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей.	Определение влияния параметров расчетной сетки на точность прочностного расчета.	0
5	Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей.	Расчет контактных напряжений и сил реакции в сборке (вал в подшипниковой стойке).	0
6	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	Выполнение сценария проектирования пластинчатого кронштейна. Решение оптимизационной задачи.	0
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Самостоятельное изучение учебной литературы	12
2	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.	Самостоятельное изучение учебной литературы	10
3	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.	Подготовка к практическому занятию	10
4		Самостоятельное изучение учебной литературы	10
5	Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей.	Самостоятельное изучение учебной литературы	10
6	Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей.	Самостоятельное изучение учебной литературы	12
7	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	Самостоятельное изучение учебной литературы	10
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>74</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
6			ТекК	ЛР		ДР		ТекК		ДР	ЛР		ТекК			ДР	ТекК, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЛР – лабораторная работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;

- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров. М.: Машиностроение-1, 2004, эл. рес.
2. К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS. М.: ДМК Пресс, 2006, эл. рес.
3. Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17. М.: ДМК Пресс, 2017, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Моделирование и анализ информационных систем.

### 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.;
2. <https://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. SolidWorks 2015 R5;
2. Microsoft Office.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Практические занятия:**

1. Проектор.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. SolidWorks 2015 R5;
2. Microsoft Office.

### **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 **ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ В ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТАХ** 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 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 проведением расчетов прочности с помощью систем автоматизированного анализа, численных методов, в том числе с использованием языков программирования.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (1) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (1)	12
Итого по разделу 1		12
Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (5) А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров: М.: Машиностроение-1, 2004 (5)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.		
Подготовка к практическому занятию	К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (3)	10
Самостоятельное изучение учебной литературы		10
Итого по разделу 3		20
Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (2)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (4) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (3)	12
Итого по разделу 5		12
Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (5)	10
Итого по разделу 6		10

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- вопросы для текущего контроля;
- 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.

#### Лабораторная работа

Отчет по лабораторной работе представляется в электронном виде, отчет генерируется программой SolidWorks после выполнения расчета. Защита отчета проходит в форме ответов на вопросы преподавателя. Критерием выполнения работы является достоверность расчета и правильные ответы на более, чем 75% вопросов преподавателя. Перечень вопросов к лабораторным работам представлен в УМК дисциплины.

#### Вопросы для текущего контроля

Вопросы текущего контроля предназначены для контроля текущей успеваемости студентов и их самоконтроля. Перечень вопросов по разделу представлен в УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Допуском к сдаче дифференцированного зачета является выполнение всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий рабочей программы дисциплины.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит в форме устного собеседования и ответов на вопросы к дифференцированному зачету. Преподаватель задает четыре вопроса.

Правильный ответ на два вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-удовлетворительно" по дисциплине.

Правильный ответ на три вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-хорошо" по дисциплине.

Правильный ответ на четыре вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-отлично" по дисциплине.

Перечень вопросов к дифференцированному зачету представлен в УМК дисциплины

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3.2	
3	6	Раздел 1. Введение.	29	17	17	0	12	30	Лабораторная работа
3	6	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.	10	0	0	0	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.	37	17	0	17	20	30	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей.	10	0	0	0	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей.	12	0	0	0	12	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	10	0	0	0	10	10	Вопросы для текущего контроля
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

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

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

Имеется консольная балка длиной  $L$ , изготовленная из материала с модулем упругости  $E$ . Поперечное сечение балки имеет момент инерции  $J$ . На свободный конец балки действует нагрузка  $P$ . По какой формуле будет определять максимальное по модулю перемещение свободного края балки?

1.

$$\frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J^2}$$

2.

$$\frac{P \cdot L}{3 \cdot E \cdot J}$$

3.

$$\frac{P \cdot L^3}{E \cdot J}$$

4.

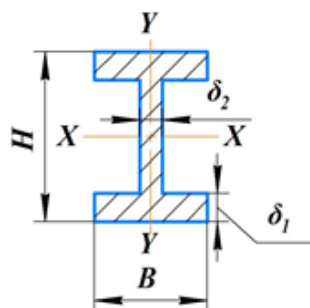
$$\frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J}$$

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите принцип виртуальной работы

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

Двутавровое сечение элемента металлоконструкции представлено на рисунке 1. Даны характеристики этого сечения:  $H$  – высота сечения,  $\delta_1$  – толщина полки,  $\delta_2$  – толщина стенки,  $B$  – ширина сечения. По какой формуле определяется момент инерции сечения относительно оси  $X-X$ ?



1.

$$J_{X-X} = H \cdot \delta_2 + 2 \cdot B \cdot \delta_1$$

;

2.

$$J_{X-X} = \frac{H}{6} \cdot (6 \cdot \delta_1 \cdot B + \delta_2 \cdot H)$$

;

3.

$$J_{X-X} = \frac{H^2}{12} \cdot (6 \cdot \delta_1 \cdot B + \delta_2 \cdot H)$$

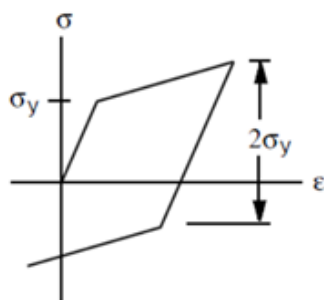
;

4.

$$J_{X-X} = \frac{H \cdot (4 \cdot \delta_1 \cdot B + 3 \cdot H \cdot \delta_2) \cdot (2 \cdot B \cdot \delta_1 + H \cdot \delta_2)}{8 \cdot (\delta_1 \cdot B + \delta_2 \cdot H)}$$

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

По графику зависимости  $\sigma$  ( $\epsilon$ ) определить модель пластичности материала



1. Мультилинейная кинематическая модель

2. Билинейная изотропная модель

3. Билинейная кинематическая модель

4. Модель Друкера-Прагера

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Когда возникает геометрическая нелинейность?

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

В соответствии с какими руководящими документами проводится расчетное обоснование прочности элементов конструкций?

1. ГОС РВ 15.203-2001

2. ГОСТ Р 51282-99

3. ОСТ 92-0994-75

4. ОСТ 92-9249-80

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

Опишите методы повышения прочности конструкции при действии заданных нагрузок

1. Применение в конструкции более высокопрочных материалов

2. Увеличение площади расчетных сечений

3. Введение в конструкцию дополнительных несущих элементов



4. Изменение условий эксплуатации конструкции
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Опишите методы повышения прочности конструкции при действии заданных нагрузок
1. Применение в конструкции более высокопрочных материалов
  2. Увеличение площади расчетных сечений
  3. Изменение условий эксплуатации конструкции
  4. Введение предохранительных элементов в конструкцию
- № 9 Прочитайте текст и установите соответствие
- Сопоставить формулы для определения напряжений

Формула

Параметр

1.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

А. Тангенциальное напряжение в толстотенной оболочке нагруженной внутренним давлением

2.

$$\sigma = \sqrt{0,5 \cdot [(\sigma_t - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_t)^2]}$$

Б. Эквивалентное напряжение в толстотенной оболочке нагруженной внутренним давлением

3.

$$p \cdot \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2}$$

В. Радиальное напряжение в толстотенной оболочке нагруженной внутренним давлением

4.

$$-p$$

Г. Эквивалентное напряжение в тонкостенной оболочке нагруженной внутренним давлением

5.

$$\sigma = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_t^2 - \sigma_m \cdot \sigma_t}$$

Д. Меридиальное нормальное напряжение в тонкостенной оболочке, нагруженной внутренним давлением

6.

$$p \cdot \frac{R_{cp}}{2 \cdot h}$$

Е. Эквивалентное напряжение для плоского напряженно-деформированного состояния

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Описать порядок определения расчетного коэффициента запаса прочности. Запишите соответствующую последовательность действий цифр слева направо.

1. Создание расчетной модели в Ansys
2. Задание граничных условий и нагрузок (сочетаний нагрузок), действующих на конструкцию
3. Расчет

4. Определение максимальных расчетных напряжений, реализующихся в конструкции

5. Определение отношения максимальных расчетных напряжений к пределу текучести материала конструкции

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие термины, относящиеся к теории надежности.

Термин	Определение
1. Большие деформации	А. Вид геометрической нелинейности, при которой повороты могут быть большими, но относительные деформации (как и напряжения) вычисляются по стандартным линейным зависимостям. Конструкция не меняет своей формы, а движется как твердое тело.
2. Большие повороты	Б. Вид геометрической нелинейности, при которой изменение напряженно-деформированного состояния тела приводит к изменению его жесткости. Подразумевается, что деформации и повороты остаются малыми. В первую очередь характерно для конструкций, у которых изгибная жесткость намного меньше осевой.
3. Изменение жесткости при нагружении	В. Вид геометрической нелинейности, при которой незначительные повороты, например, точечной массы способны разбалансировать колебательную систему
4. Вибрационный дисбаланс	Г. Дисбаланс обусловленный повышенной частотой вибрации, действующей на конструкцию Е. Вид геометрической нелинейности, при которой относительные деформации конструкции больше не являются пренебрежимо малыми, но остаются конечными

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Порядок инженерной методики расчетной оценки прочности металлоконструкции. Запишите соответствующую последовательность действий цифр слева направо.

1. Анализ конструкторской документации на металлоконструкцию
2. Создание расчетной модели в Ansys
3. Задание граничных условий и нагрузок (сочетаний нагрузок), действующих на металлоконструкцию
4. Расчет
5. Сравнение и оценка расчетных коэффициентов запасов прочности с минимально допустимыми, определенными нормативными документами