

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ В ANSYS

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование, производство и эксплуатация стартовых систем
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	
4	8	3	108	26	0	0	26	82	0	0	82	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: 2024

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 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 ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ В ANSYS**

### **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-7.3 — способность проводить расчеты прочности, динамики элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ с помощью систем автоматизированного анализа, численных методов, в том числе с использованием языков программирования низкого и высокого уровней

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-7.3**

*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 **ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ В ANSYS** 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, ФИЗИКА, ДЕТАЛИ МАШИН**.

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
- ПСК-7.4 — Способен применять методики расчета элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ на прочность, устойчивость, жесткость, а также проводить динамические расчеты элементов, узлов и агрегатов

### 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	Практические занятия		ПСК-7.3
4	8	Раздел 1. Введение. 1.1 Что такое ANSYS, его основные модули. 1.2 Введение в теорию конечных элементов и конечно-элементного анализа.	10	0	0	10	10
4	8	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости. 2.1 Критерии прочности и устойчивости конструкций ПУ.	10	0	0	10	10
4	8	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.	34	13	13	21	30
4	8	Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей. 4.1 Гидравлический бак 4.2 Металлоконструкция отсека 4.3 Стрела.	10	0	0	10	10
4	8	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.	10	0	0	10	10
4	8	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ. 6.1 Прочностной расчет отсека с оборудованием.	34	13	13	21	30
Всего за 8 семестр			108	26	26	82	100
Всего по дисциплине			108	26	26	82	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.	Основы декомпозиции сложных конструкций.	13
2	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	13
Всего за 8 семестр			26

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Самостоятельное изучение учебной литературы	10
2	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.	Самостоятельное изучение учебной литературы	10
3	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.	Самостоятельное изучение учебной литературы	11
4		Подготовка к практическому занятию	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	10
7	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	Самостоятельное изучение учебной литературы	11
8		Подготовка к практическому занятию	10
Всего за 8 семестр			82

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8			ТекК			ДР		ТекК		ДР	ТекК		Вопр.Диф.Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- 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;
- вопросы для текущего контроля;
- 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. 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:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — 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. Практические занятия:**

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

### **6.2. 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 **ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ В ANSYS** 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*:

ПСК-7.3 способность проводить расчеты прочности, динамики элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ с помощью систем автоматизированного анализа, численных методов, в том числе с использованием языков программирования низкого и высокого уровней.

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;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**82 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 26 ч. аудиторных занятий, и 82 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)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. . ANSYS для инженеров: М.: Машиностроение-1, 2004 (5) К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (5)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (5)	11
Подготовка к практическому занятию		10
Итого по разделу 3		21
Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (2)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей.		
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 5		10
Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.		
Самостоятельное изучение учебной литературы	К. А. Басов. . Графический интерфейс комплекса ANSYS: М.: ДМК Пресс, 2006 (16)	11
Подготовка к практическому занятию		10
Итого по разделу 6		21

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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 для текущего контроля

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

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Перечень вопросов к дифференцированному зачету 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.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ПСК-7.3	
4	8	Раздел 1. Введение.	10	0	0	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 2. Критерии прочности и устойчивости.	10	0	0	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 3. Основы декомпозиции сложных конструкций.	34	13	13	21	30	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 4. Основы построения конечно-элементных моделей.	10	0	0	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 5. Задание граничных условий и нагружение конечно-элементных моделей.	10	0	0	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 6. Основы динамических расчетов элементов и конструкций ПУ.	34	13	13	21	30	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 8 семестр			108	26	26	82	100	
Всего по дисциплине			108	26	26	82	100	

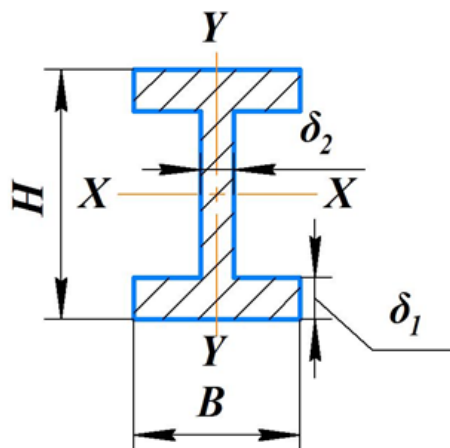
### Критерии оценивания

#### ПСК-7.3

Вопросы открытого типа:

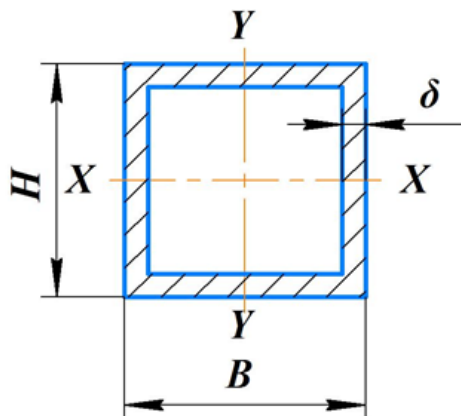
№ 1

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  $X-X$ ?



№ 2

Коробчатое сечение элемента металлоконструкции представлено на рисунке 2. Даны характеристики этого сечения:  $H$  – высота сечения,  $\delta$  – толщина стенки,  $B$  – ширина сечения. По какой формуле определяется момент сопротивления сечения относительно оси  $Y-Y$ ?



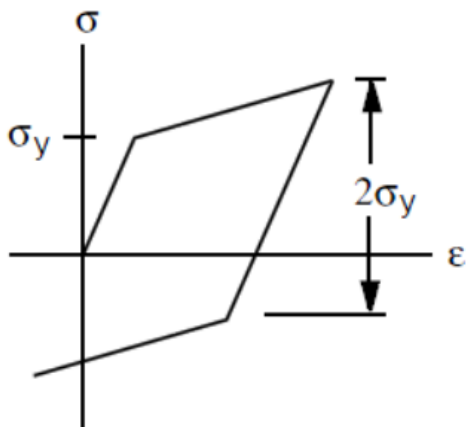
№ 3

Имеется консольная балка длиной  $L = 1$  м с прямоугольным сечением  $b \times h = 30 \times 60$  мм. На конец балки установлен груз массой  $M = 50$  кг. Определить приведенное напряжение в заделке балки. Массой балки пренебречь. Ответ дать в МПа.

№ 4 Имеется формула

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

Укажите, какое напряжение в толстостенной оболочке определяется по данной формуле.  
 № 5 Какая модель пластичности материала представлена на рисунке.



- № 6 Какими типами элементов могут быть смоделированы 3-D твердотельные элементы конструкций в Ansys?  
 № 7 Дайте определение упругости.  
 № 8 Опишите принцип виртуальной работы.  
 № 9 Перечислите условия (критерии) работоспособности агрегатов наземного оборудования согласно ГОСТ Р 51282-99.  
 № 10 К каким в соответствии с ГОСТ Р 51282-99 относятся аварийные нагрузки?

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1

Имеется консольная балка длиной  $L = 1,5$  м с прямоугольным сечением. Ширина сечения  $b = 50$  мм. Материал балки – сталь 20 с пределом текучести  $\sigma_m = 300$  МПа. На конец балки установлен груз массой  $M = 250$  кг. Определить высоту сечения балки  $h$  с учетом того, что коэффициент запаса прочности должен быть 2. Ответ дать в миллиметрах.

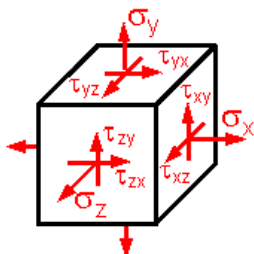
- а) 29,5;
- б) 40,5;
- в) 70,3;
- г) 54,2.

№ 2

Имеется двухопорная балка длиной  $L = 2$  м с прямоугольным сечением  $b \times h = 30 \times 60$  мм. По длине балки равномерно распределена нагрузка  $Q = 50$  кН/м. Определить максимальную величину прогиба балки. Модуль упругости материала балки принять равным  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па. Собственным весом балки пренебречь. Ответ дать в мм.

- а) 92;
- б) 100,5;
- в) 85,7;
- г) 120,5.

№ 3 Укажите соотношения для касательных напряжений, схема которых представлена на рисунке.



а)  $\tau_{yz} = \tau_{zy}; \tau_{xy} = \tau_{yx}; \tau_{zx} = \tau_{xz}.$

б)  $\tau_{yz} = \sqrt{3} \cdot \tau_{zy}; \tau_{xy} = \sqrt{3} \cdot \tau_{yx}; \tau_{zx} = \sqrt{3} \cdot \tau_{xz}.$

в)  $\tau_{yz} / \tau_{zy} = 2; \tau_{xy} / \tau_{yx} = 2; \tau_{zx} / \tau_{xz} = 2.$

г)  $\tau_{yz} / \tau_{zy} = \sqrt{3}/2; \tau_{xy} / \tau_{yx} = \sqrt{3}/2; \tau_{zx} / \tau_{xz} = \sqrt{3}/2.$

№ 4 При сложном напряженном состоянии эквивалентное напряжение для пластичных материалов определяется по следующей формуле энергетической теории прочности

а)  $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}.$

б)  $\sigma_{\text{экв}} = 0,5 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot \sigma + 0,5 \cdot (1 + \alpha_M) \cdot \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$

в)  $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{3} \cdot \tau.$

г)  $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}.$

№ 5 Имеется график зависимости циклического напряжения от времени. Минимальное значение напряжения в цикле составляет минус 50 МПа. Максимальное значение в цикле составляет 100 МПа. Определить коэффициент асимметрии цикла

а) 1,5;

б) -0,5;

в) -1;

г) 2.

№ 6

Имеется консольная балка длиной 1 м с поперечным сечением  $b \times h$  50 x 150 мм. К концу балки приложена нагрузка 1000 кг. Определить максимальную величину прогиба балки. Модуль упругости материала балки принять равным  $2,1 \times 10^{11}$  Па. Ответ дать в мм.

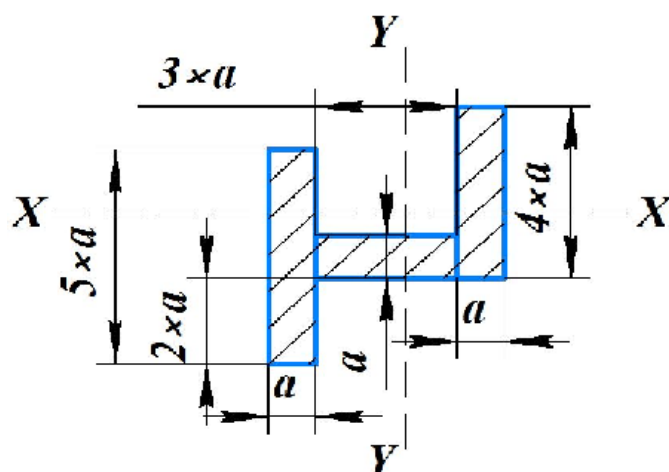
а) 3;

б) 1,1;

в) 1,5;

г) 0,5.

№ 7 Сечение балки имеет вид, представленный на рисунке.



Определить момент инерции  $J$  сечения относительно оси X-X.

$$\begin{aligned} \text{а) } J_{X-X} &= \frac{64 \cdot a^4}{12} + \frac{125}{12} \cdot a^4 + \frac{a^4}{28} + 10 \cdot a^4 + \frac{a^4}{24} + 2 \cdot a^4 \\ \text{б) } J_{X-X} &= \frac{125 \cdot a^4}{24} + \frac{12,5}{12} \cdot a^4 + \frac{a^4}{8} + 8 \cdot a^4 + \frac{54 \cdot a^4}{16} + 4 \cdot a^4 \\ \text{в) } J_{X-X} &= 125 \cdot a^4 + \frac{1,25}{24} \cdot a^4 + \frac{a^4}{24} + 5 \cdot a^4 + \frac{64 \cdot a^4}{24} + 5 \cdot a^4 \\ \text{г) } J_{X-X} &= \frac{125 \cdot a^4}{12} + 1,25 \cdot a^4 + \frac{a^4}{4} + 0,75 \cdot a^4 + \frac{64 \cdot a^4}{12} + 4 \cdot a^4 \end{aligned}$$

№ 8

Дана следующая формула эквивалентного напряжения в оболочке.

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{0,5 \cdot [(\sigma_r - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_\tau)^2 + (\sigma_r - \sigma_\tau)^2]}$$

Укажите тип принятой оболочки, для которой применима данная формула при действии внутреннего испытательного давления  $p$ .

- а) Толстостенная оболочка
- б) Тонкостенная оболочка
- в) Сферическая оболочка
- г) Цилиндрическая оболочка
- д) Коническая оболочка

№ 9 Представлен критерий оболочки

$$\frac{2 \cdot d}{D - d} \leq 20$$

Для какой оболочки применим данный критерий?

- а) Для толстостенной оболочки
- б) Для тонкостенной оболочки
- в) Для сферической оболочки
- г) Для цилиндрической оболочки
- д) Для конической оболочки

№ 10 Расчетные случаи на которые должен быть рассчитан агрегат наземного оборудования при его эксплуатации в составе стартового комплекса:

- а) рабочие
- б) предельные
- в) аварийные
- г) все указанные варианты