

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.15.02  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Механика. Сопротивление материалов**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки  
13.03.03 Энергетическое машиностроение

направленность (профиль)  
Энергетические установки транспортных средств и малой энергетики

Форма обучения: очная

Год набора: 2023

Общая трудоемкость: 7 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	3	Итого
Форма контроля	экзамен	
Вид занятий		
Лекции	32	<b>32</b>
Лабораторные	18	<b>18</b>
Практические	64	<b>64</b>
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	—	—
Промежуточная аттестация	0,35	<b>0,35</b>
Контактная работа	114,35	<b>114,35</b>
Самостоятельная работа	102	<b>102</b>
Контроль	35,65	<b>35,65</b>
<b>Итого</b>	<b>252</b>	<b>252</b>

Рабочую программу составил(и):

доцент, кандидат технических наук, Разуваев А.А.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки

13.03.03 Энергетическое машиностроение

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2027 г.**

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

«Энергетические машины и системы управления»

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*(подпись)*

Д.А. Павлов

*(И.О. Фамилия)*

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Нанотехнологии, материаловедение и механика»

(протокол заседания № 2 от «31» августа 2022 г.).

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – научить будущих бакалавров правильно выбирать конструкционные материалы и конструктивные формы, обеспечивать высокие показатели надежности, долговечности и безопасности напряженных конструкций и узлов оборудования, создавать эффективные и экономичные конструкции.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к блоку «Дисциплины (модули)» (Обязательная часть).

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Высшая математика», «Физика», «Механика. Теоретическая механика».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Механика. Теория механизмов и машин», «Механика. Детали машин и основы конструирования».

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-2.1 Алгоритмизирует решение задачи и реализует его с помощью программных средств	Знать: алгоритмы расчета типовых элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость
		Уметь: применять алгоритмы расчета в соответствии с поставленной задачей, анализировать полученные результаты
		Владеть: алгоритмами расчета на прочность, жесткость и устойчивость при решении инженерных задач
ОПК-5. Способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и тепловых нагрузок	ОПК-5.1 Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик и методов исследования конструкционных материалов, выбирает конструкционные материалы в соответствии с требуемыми характеристиками для использования в области профессиональной деятельности	Знать: механические характеристики материалов и способы их определения
		Уметь: определять механические характеристики материалов
		Владеть: навыками определения механических характеристик материалов

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	ОПК-5.3 Выполняет расчеты на прочность простых конструкций	Знать: основные закономерности поведения твердых тел под нагрузкой, методы определения внутренних усилий и напряжений в элементах конструкций при различных видах нагружения
		Уметь: определять рациональные размеры и оценивать техническое состояние типовых элементов конструкций при различных видах нагружения
		Владеть: навыками выполнения проектировочного и проверочного расчета

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1	<b>Лек 1</b>	Введение. Метод сечений. Построение эпюр ВСФ при растяжении-сжатии и кручении	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 1-7
Модуль 1	Пр 1	Построение эпюр ВСФ при растяжении-сжатии	3	2	1	–	Комплект заданий для Пр 1
Модуль 1	Пр 2	Построение эпюр ВСФ при кручении	3	2	1	–	Комплект заданий для Пр 2
Модуль 1	ИДЗ 1.1-2	Самостоятельное решение задач по теме: «Построение эпюр ВСФ при растяжении-сжатии и кручении»	3	5	2	–	Комплект задач для ИДЗ 1.1-2
Модуль 1	<b>Лек 2</b>	Построение эпюр ВСФ при изгибе. Понятие о напряжении, деформации, перемещении. Основные виды расчетов	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 8-11
Модуль 1	Пр 3	Построение эпюр ВСФ при изгибе балок	3	2	–	–	
Модуль 1	Лаб 1	Отработка техники построения эпюр ВСФ на консольной балке экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	2	–	Комплект заданий для Лаб 1
Модуль 1	ИДЗ 1.3	Самостоятельное решение задач по теме: "Построение эпюр ВСФ на балках при изгибе"	3	11	4	–	Комплект задач для ИДЗ 1.3
Модуль 2	<b>Лек 3</b>	Напряжения и деформации при растяжении-сжатии. Механические испытания материалов на растяжение и сжатие	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 12-17
Модуль 1	Пр 4	Определение реакций для двухопорной балки	3	2	–	–	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1	Пр 5	Отработка техники построения эпюр ВСФ на двухопорной балке экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	2	—	Комплект заданий для Пр 5
Модуль 3	Лек 4	Расчет на прочность и жесткость при растяжении-сжатии	3	2	—	—	Вопросы к экзамену 18-21
Модуль 1	Пр 6	Построение эпюр ВСФ при изгибе рам	3	2	—	—	
Модуль 1	Лаб 2	Отработка техники построения эпюр ВСФ на консольной раме экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	2	—	Комплект заданий для Лаб 2
Модуль 1	Пр 7	Построение эпюр ВСФ на двухопорной раме экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	—	—	
Модуль 1	ИДЗ 1.4	Самостоятельное решение задач по теме: "Построение эпюр ВСФ при изгибе плоских рам"	3	11	4	—	Комплект задач для ИДЗ 1.4
Модуль 4	Лек 5	Геометрические характеристики плоских сечений	3	2	—	—	Вопросы к экзамену 22-27
Модуль 3	Пр 8	Расчет на прочность при растяжении-сжатии	3	2	1	—	Комплект заданий для Пр 8
Модуль 3	Пр 9	Расчет на жесткость при растяжении-сжатии.	3	2	1	—	Комплект заданий для Пр 9
Модуль 2	Лаб 3	Определение механических характеристик материала по результатам испытания на растяжение	3	2	2	—	Комплект заданий для Лаб 3
Модуль 3	ИДЗ 2	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет на прочность и жесткость при растяжении-сжатии"	3	11	4	—	Комплект задач для ИДЗ 2

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 5	Лек 6	Прямой поперечный изгиб. Определение нормальных напряжений. Метод Мора для случая изгиба. Численные методы решения интеграла Мора. Дифференциальное уравнение упругой линии балки	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 28,29,31-37
Модуль 4	Пр 10	Определение центра тяжести и главных центральных моментов инерции сложного сечения	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 10
Модуль 4	ИДЗ 3.1	Самостоятельное решение задач по теме: "Определение ЦТ и главных центральных моментов инерции сложного сечения"	3	5	2	–	Комплект задач для ИДЗ 3.1
Модуль 5	Пр 11	Расчет на прочность при прямом изгибе	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 11
Модуль 5	ИДЗ 3.2	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет на прочность и жесткость при прямом изгибе"	3	11	4	–	Комплект задач для ИДЗ 3.2
Модуль 5	Лек 7	Касательные напряжения при изгибе. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 30, 38, 39
Модуль 5	Пр 12	Расчет на жесткость при прямом изгибе	3	2	–	–	
Модуль 5	Лаб 4	Определение перемещений при прямом изгибе	3	2	2	–	Комплект заданий для Лаб 4
Модуль 6	Лек 8	Сдвиг. Кручение стержней круглого сечения. Кручение стержней некруглого профиля	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 40-47
Модуль 5	Пр 13	Расчет на прочность при совместном действии двух прямых изгибов	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 13
Модуль 5	Лаб 5	Определение перемещений при косом изгибе	3	2	2	–	Комплект заданий для Лаб 5

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 7	Лек 9	Метод сил применительно к трем видам деформации	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 48-49
Модуль 5	Пр 14	Расчет на прочность при совместном действии изгиба и растяжения-сжатия	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 14
Модуль 6	Пр 15	Расчет на прочность и жесткость при кручении вала круглого поперечного сечения	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 15
Модуль 7	Лек 10	Учет симметрии при раскрытии статической неопределимости	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 48-49
Модуль 7	Пр 16	Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 16
Модуль 7	Пр 17	Учет влияния температуры и неточности изготовления при раскрытии статической неопределимости	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 17
Модуль 8	Лек 11	Напряженное и деформированное состояние в точке	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 50-52
Модуль 7	Пр 18	Расчет статически неопределимых балок при изгибе	3	2	–	–	
Модуль 7	Лаб 6	Определение момента защемления однопролетной статически неопределимой балки	3	2	2	–	Комплект заданий для Лаб 6
Модуль 8	Лек 12	Теории прочности. Общий случай нагружения	3	2	–	–	Вопросы к экзамену 53-54
Модуль 7	Пр 19	Расчет на прочность и жесткость статически неопределимой рамы. Часть 1	3	2	–	–	
Модуль 7	Пр 20	Расчет на прочность и жесткость статически неопределимой рамы. Часть 2	3	2	4	–	Комплект заданий для Пр 19 и Пр 20



Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 7	ИДЗ 4	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет на прочность и жесткость статически неопределимой рамы"	3	15	5	—	Комплект задач для ИДЗ 4
Модуль 9	Лек 13	Устойчивость сжатых стержней	3	2	—	—	Вопросы к экзамену 55-60
Модуль 8	Пр 21	Построение эпюр ВСФ на пространственно- ломаном брус	3	2	2	—	Комплект заданий для Пр 21
Модуль 8	Пр 22	Расчет на прочность пространственно- ломаного бруса	3	2	2	—	Комплект заданий для Пр 22
Модуль 8	ИДЗ 5	Самостоятельное решение задач по теме "Расчет на прочность пространственно- ломаного бруса"	3	15	5	—	Комплект задач для ИДЗ 5
Модуль 10	Лек 14	Расчет на выносливость при одноосном и двухосном напряженном состоянии	3	2	—	—	Вопросы к экзамену 61-64
Модуль 8	Пр 23	Расчет на прочность в общем случае нагружения	3	2	2	—	Комплект заданий для Пр 23
Модуль 8	Пр 24	Определение напряжений с помощью круга Мора	3	2	—	—	
Модуль 11	Лек 15	Колебания механических систем с одной степеню свободы	3	2	—	—	Вопросы к экзамену 65-66
Модуль 8	Пр 25	Определение перемещений в пространственной раме	3	2	—	—	
Модуль 8	Лаб 7	Определение перемещений свободного конца пространственно-ломаного бруса	3	2	2	—	Комплект заданий для Лаб 7
Модуль 11	Лек 16	Расчет на прочность и жесткость при ударе	3	2	—	—	Вопросы к экзамену 67-70

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 9	Пр 26	Определение грузоподъемности сжатого гибкого стержня	3	2	–	–	
Модуль 9	ИДЗ 6.1	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет сжатой стойки на устойчивость"	3	9	3	–	Комплект задач для ИДЗ 6.1
Модуль 9	Пр 27	Расчет сжатой стойки на устойчивость	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 27
Модуль 9	Пр 28	Проектировочный расчет на устойчивость	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 28
Модуль 9	Лаб 8	Исследование устойчивости упругих стержней при осевом сжатии	3	2	–	–	
Модуль 10	Пр 29	Расчет на прочность при повторно-переменных нагрузках	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 29
Модуль 10	ИДЗ 6.2	Расчет на прочность вала при повторно-переменных нагрузках	3	9	3	–	Комплект задач для ИДЗ 6.2
Модуль 11	Пр 30	Расчет на прочность подмоторных балок	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 30
Модуль 11	Пр 31	Расчет на прочность и жесткость балки при поперечном ударе	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 31
Модуль 11	Лаб 9	Обзор современных экспериментальных методов исследования по сопротивлению материалов	3	2	–	–	
Модули 1-11	Контр	Подготовка к итоговому тестированию	3	35,65	–	–	
Модули 1-11	Пр 32	Тест итоговый	3	2	100	–	Итоговое тестирование

<b>Модуль (раздел)</b>	<b>Вид учебной работы</b>	<b>Наименование тем занятий (учебной работы)</b>	<b>Семестр</b>	<b>Объем, ч.</b>	<b>Баллы</b>	<b>Интерактив, ч.</b>	<b>Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)</b>
	Псщ	Посещаемость	3	–	10	–	
Модули 1-11	ПА	Промежуточная аттестация: экзамен	3	0,35	–	–	
<b>Итого:</b>				<b>252</b>	<b>200</b>		

**Схема расчета итогового балла: (Текущий рейтинг + Результат итогового тестирования)/2 + ББ (если ББ предусмотрены)**

## **5. Образовательные технологии**

При изучении дисциплины «Механика. Сопротивление материалов» используются следующие образовательные технологии:

- технологии традиционного обучения в форме лекций, лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы студентов;
- технология балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов, включая тестирование как форму итогового контроля знаний студентов;
- элементы проблемного обучения в виде наличия вопросов проблемного характера в задачах расчетно-проектировочных работ и требований анализа полученных результатов с последующим выводом по решению задачи.

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

1. Изучение теоретической части темы каждого модуля следует сразу закреплять на решении задач по данной теме.
2. Приступая к решению любой задачи, следует внимательно прочесть постановку задачи и, в соответствие с ней, выбирать алгоритм решения.
3. При оформлении решения задач рекомендуется строго следовать типовым алгоритмам и заканчивать выводами по результатам расчета.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
3	ОПК-2, ОПК-5	<ul style="list-style-type: none"><li>- ИДЗ №№ 1-6</li><li>- Комплекты заданий к практическим занятиям</li><li>- Комплекты заданий к лабораторно-практическим занятиям №№ 1-7</li><li>- Тестовые задания №№ 1-30</li><li>- Вопросы к экзамену №№ 1-70</li></ul>

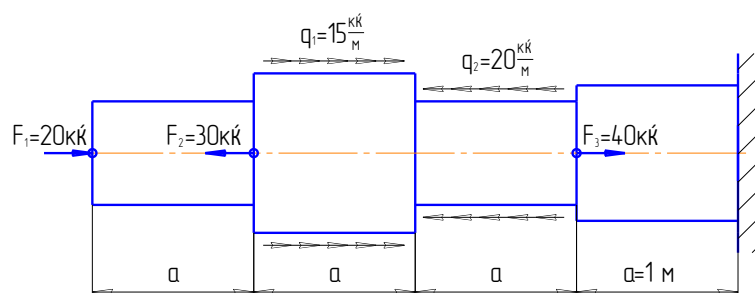
### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1. Комплект заданий для практического занятия №1

**Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении-сжатии»**

##### Типовые примеры заданий

Для данной расчетной схемы построить эпюру продольной силы  $N$ , используя метод построения по характерным сечениям.



##### Критерии оценки:

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 60-100%.

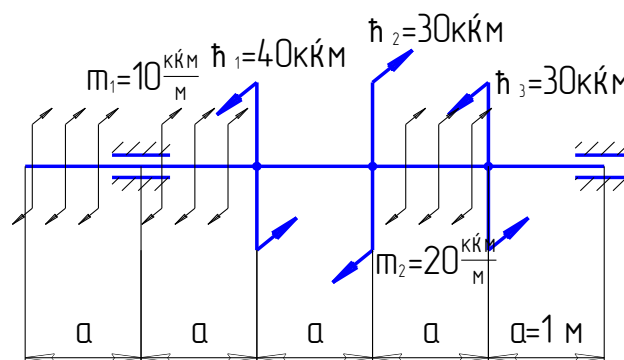
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-60%.

#### 7.2.2. Комплект заданий для практического занятия №2

**Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при кручении»**

##### Типовые примеры заданий

Для данной расчетной схемы построить эпюру крутящего момента  $M_z$ .



**Критерии оценки:**

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 60-100%.

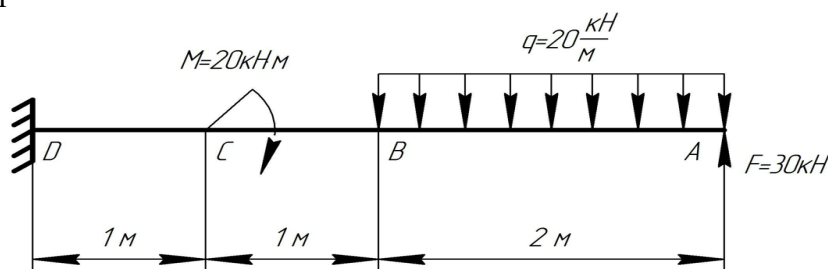
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-60%.

**7.2.3. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №1**

**Тема:** «Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента на консольной балке экспресс-методом по характерным сечениям»

**Типовой пример задания**

Для данной расчетной схемы построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента, используя основные закономерности и определяя значения внутренних силовых факторов в характерных сечениях.

**Критерии оценки:**

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

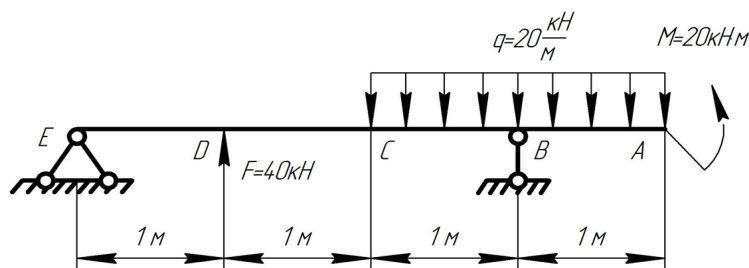
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

**7.2.4. Комплект заданий для практического занятия №5**

**Тема:** «Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента на двухопорной балке»

**Типовой пример задания**

Для данной расчетной схемы построить эпюры поперечной силы и изгибающего момента, используя основные закономерности и определяя значения внутренних силовых факторов в характерных сечениях.

**Критерии оценки:**

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

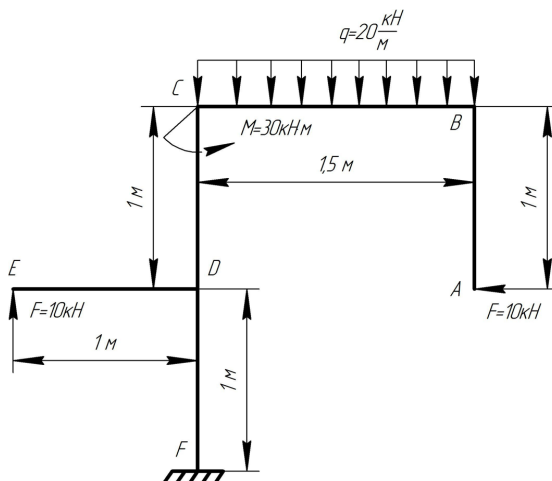
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.5. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №2

Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов на консольной раме экспресс-методом по характерным сечениям»

#### Типовой пример задания

Для данной расчетной схемы рамы построить эпюры внутренних силовых факторов, используя основные закономерности и определяя значения внутренних силовых факторов в характерных сечениях.



#### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

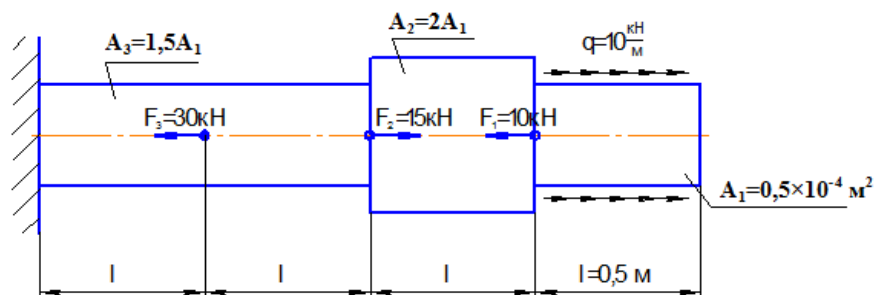
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.6. Комплект заданий для практического занятия №8

Тема: «Расчет на прочность при растяжении-сжатии»

#### Типовой пример задания

Стержень круглого поперечного сечения нагружен осевыми силами. Произвести проверку прочности стержня, построив эпюры  $N$ ,  $\sigma$ . Спроектировать стержень круглого поперечного сечения равного сопротивления растяжению-сжатию. Сравнить по расходу материала заданный стержень с равнопрочным. Принять:  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .



#### Критерии оценки:

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 60-100%.

0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-60%.

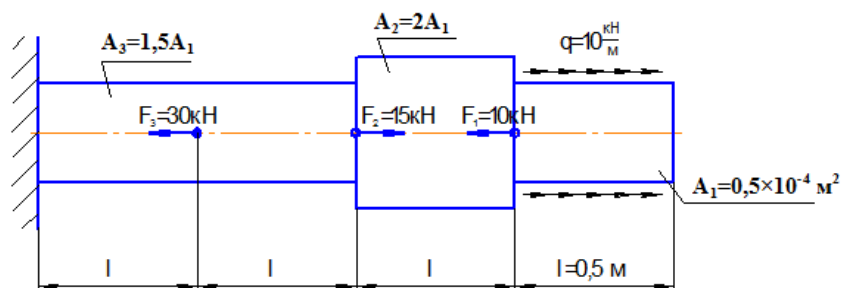
### 7.2.7. Комплект заданий для практического занятия №9

Тема: «Расчет на жесткость при растяжении-сжатии»

Типовой пример задания

Стержень круглого поперечного сечения нагружен осевыми силами. Произвести проверку жесткости стержня, построив эпюры  $N$ ,  $\delta$ .

Принять:  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ,  $[\delta] = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .



Критерии оценки:

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 60-100%.

0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-60%.

### 7.2.8. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №3

Тема: «Определение механических характеристик материала по результатам испытания на растяжение»

Типовой пример задания

Определить механические характеристики материала образца и перестроить машинную диаграмму в условную диаграмму для заранее испытанного образца, выданного преподавателем вместе с протоколом, включающим машинную диаграмму и размеры образца до испытания.

Критерии оценки:

2 балла - если работа выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если работа выполнена правильно в объеме 40-70%.

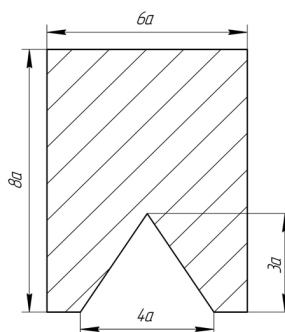
0 баллов - если работа выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.9. Комплект заданий для практического занятия №10

Тема: «Определение центра тяжести и главных центральных моментов инерции составного сечения»

Типовой пример задания

Для заданного сложного сечения определить положение центра тяжести и найти главные центральные моменты инерции в долях параметра  $a$ .





### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

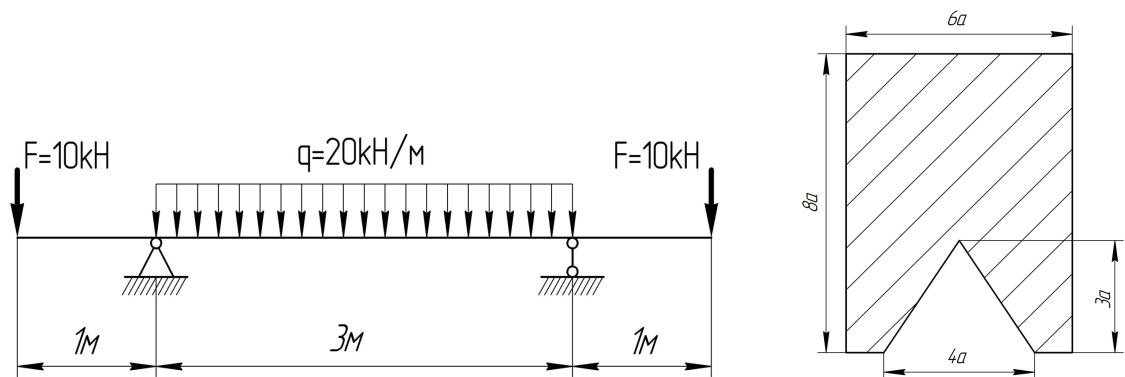
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.10. Комплект заданий для практического занятия №11

Тема: «Расчет на прочность при прямом изгибе»

#### Типовой пример задания

Для данной балки, изготовленной из хрупкого материала с допускаемыми напряжениями  $[\sigma]_p = 100 \text{ МПа}$ ,  $[\sigma]_c = 150 \text{ МПа}$ , определить из условия прочности характерный размер  $[a]$  сложного поперечного сечения, предварительно решив вопрос о его рациональном положении.



### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

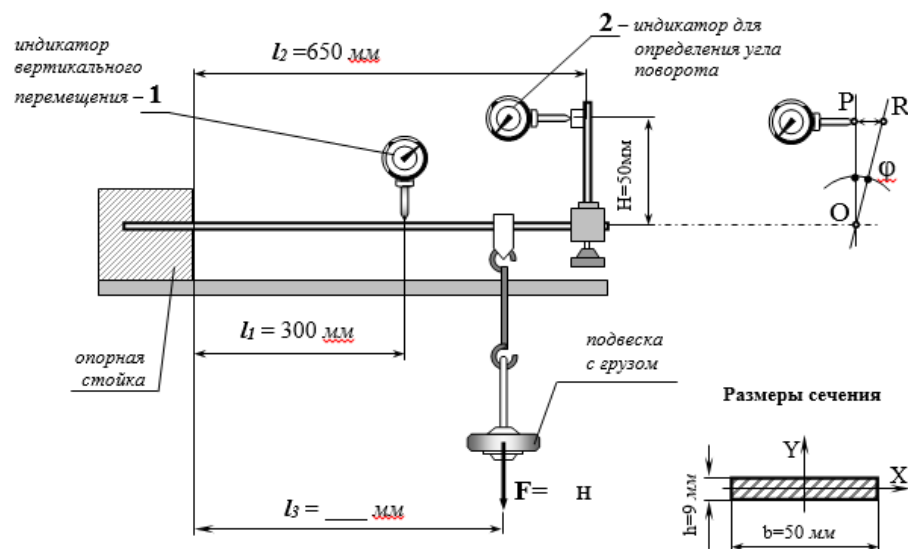
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.11. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №4

Тема: «Определение перемещений при прямом изгибе»

#### Типовой пример задания

Экспериментально и теоретически определить величины прогибов и углов поворота в указанных сечениях балки, сравнить полученные результаты и сделать выводы.



$$F = 10H, l_3 = 400 \text{ мм}$$



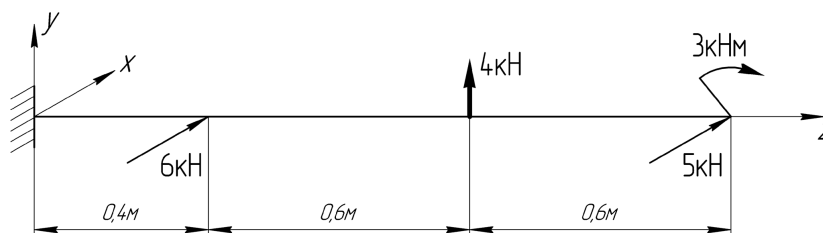
0 баллов - если работа выполнена правильно в пределах 0-40%.

#### 7.2.14. Комплект заданий для практического занятия №14

**Тема: «Расчет на прочность при совместном действии изгиба и растяжения-сжатия»**

##### Типовой пример задания

Консольный стержень прямоугольного сечения нагружен системой поперечных сил и изгибающих моментов, действующих в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, а также продольной силой:



Соотношение сторон прямоугольного сечения  $h/b = 1,5$ . Стержень изготовлен из стали Ст3 с допускаемым напряжением  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Определить положение опасных точек и нейтральной линии в опасном сечении, а также найти из условия прочности по изгибу характерный размер  $b$  прямоугольного сечения. Определить смещение нейтральной линии от центра тяжести сечения и вычислить перенапряжение от действия продольной силы. Дать оценку прочности.

##### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

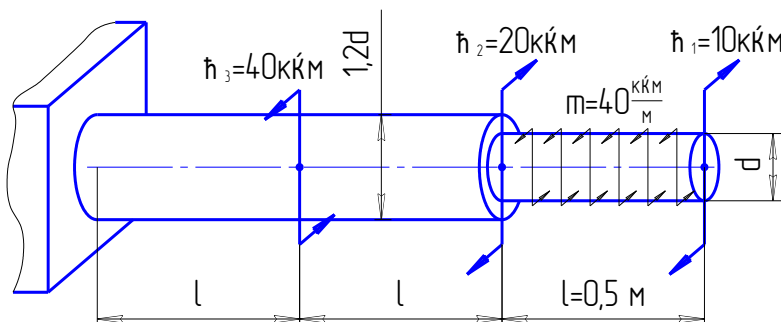
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

#### 7.2.15. Комплект заданий для практического занятия №15

**Тема: «Расчет на прочность и жесткость при кручении вала круглого поперечного сечения»**

##### Типовой пример задания

Для данного консольного вала определить из условия прочности величину допускаемого диаметра сечения  $[d]$ , предварительно построив эпюры  $M_z$  и  $\tau$ . Для полученных размеров сечения определить максимальный абсолютный угол закручивания вала, построив эпюру углов закручивания  $\varphi$ . Принять:  $[\tau] = 100 \text{ МПа}$ ,  $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ .



##### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

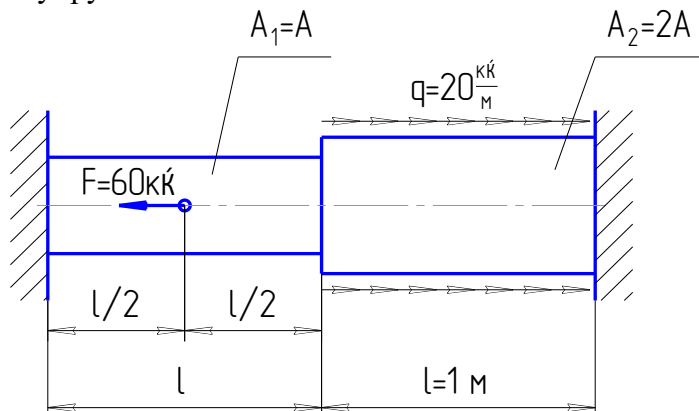
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.16. Комплект заданий для практического занятия №16

Тема: «Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии»

#### Типовой пример задания

Двухступенчатый брус с жестко зашечленными концами нагружен системой осевых нагрузок. Определить из условия прочности величину допускаемой площади поперечного сечения бруса  $[A]$ , если известна величина допускаемого напряжения  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ , модуль упругости  $E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$ .



#### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

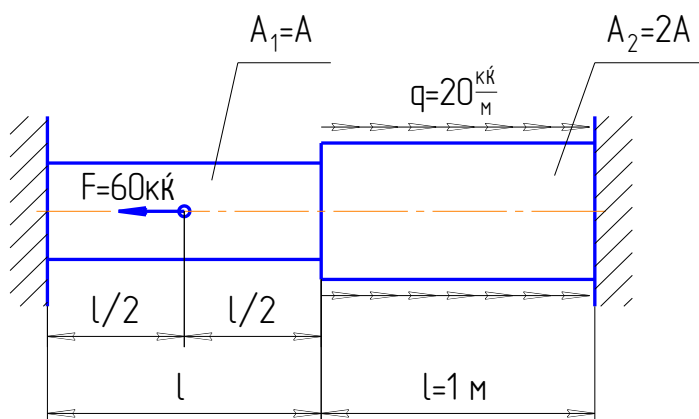
1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.17. Комплект заданий для практического занятия №17

Тема: «Учет влияния температуры и неточности изготовления при раскрытии статической неопределимости»

#### Типовой пример задания



Определить, как изменится  $[A]$ , если брус дополнительно к воздействию нагрузок будет нагрет на величину  $\Delta t = 40^\circ\text{C}$  и если учесть, что брус изготовлен короче заданной длины на  $\delta = 0,01\%(\ell_1 + \ell_2)$ . Коэффициент линейного расширения  $\alpha = 1,25 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ , модуль упругости  $E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$ .

#### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

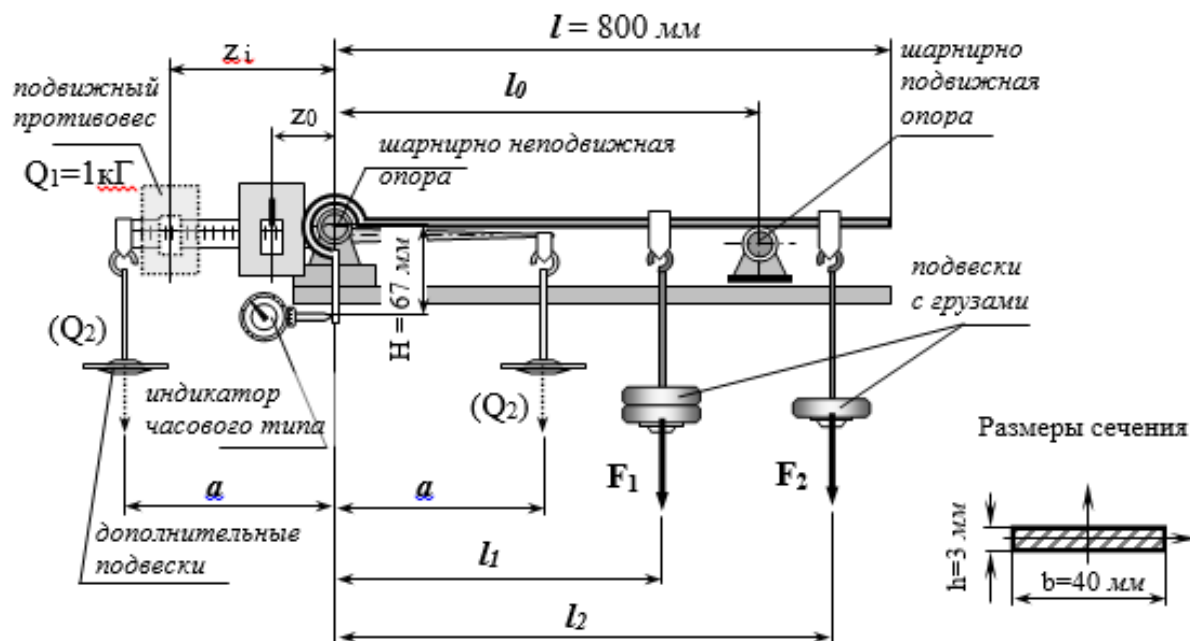
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.18. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №6

Тема: «Определение момента защемления однопролетной статически неопределимой балки»

#### Типовой пример задания

Экспериментально и теоретически определить значение момента защемления однопролетной статически неопределимой балки, если  $F_1 = 15 \text{ Н}$ ,  $F_2 = 20 \text{ Н}$ ,  $l_1 = 300 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 700 \text{ мм}$ ,  $l_0 = 600 \text{ мм}$ . Сравнить результаты и сделать выводы.



#### Критерии оценки:

2 балла - если работа выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если работа выполнена правильно в объеме 40-70%.

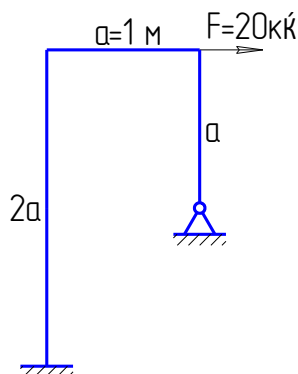
0 баллов - если работа выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.19. Комплект заданий для практических занятий №19 и №20

Тема: «Расчет на прочность и жесткость статически неопределимой рамы»

#### Типовой пример задания

Для данной рамной конструкции подобрать из условия прочности в качестве поперечного сечения элементов двутавровый профиль, если жесткость сечений всех элементов одинакова  $EI = \text{const}$ ,  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Определить горизонтальное перемещение узловых точек и построить примерный вид упругой линии рамы.



**Критерии оценки:**

4 балла - если задача выполнена правильно в объеме 80-100%.

3 балла - если задача выполнена правильно в объеме 60-80%.

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 40-60%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 20-40%.

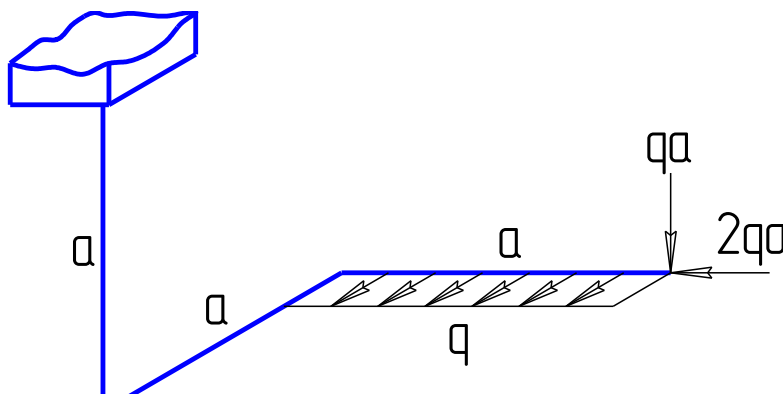
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-20%.

**7.2.20. Комплект заданий для практического занятия №21**

**Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов на пространственно-ломаном брусе»**

**Типовой пример задания**

Для заданной расчетной схемы построить эпюры внутренних силовых факторов, используя метод построения по характерным сечениям.

**Критерии оценки:**

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

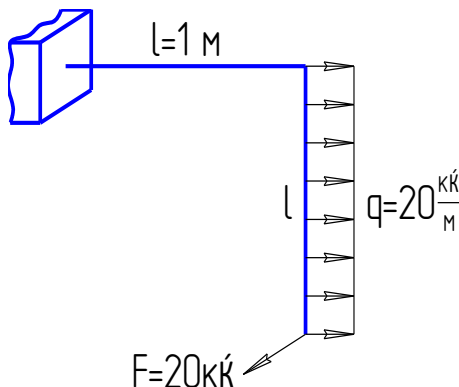
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

**7.2.21. Комплект заданий для практического занятия №22**

**Тема: «Расчет на прочность пространственно-ломаного бруса»**

**Типовой пример задания**

Для данной консольной рамы, изготовленной из единого прутка круглого сечения и нагруженной пространственной системой сил, подобрать из условия прочности диаметр круглого сечения. Принять величину допускаемого напряжения  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

**Критерии оценки:**

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

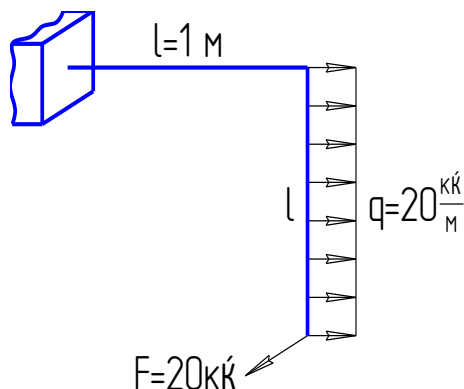
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.22. Комплект заданий для практического занятия №23

#### Тема: «Расчет на прочность в общем случае нагружения»

##### Типовой пример задания

Для данной консольной рамы, изготовленной из единого прутка прямоугольного сечения и нагруженной пространственной системой сил, подобрать из условия прочности размеры прямоугольного сечения  $h$  и  $b$ . Принять величину допускаемого напряжения  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,  $h/b = 2$ .



##### Критерии оценки:

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

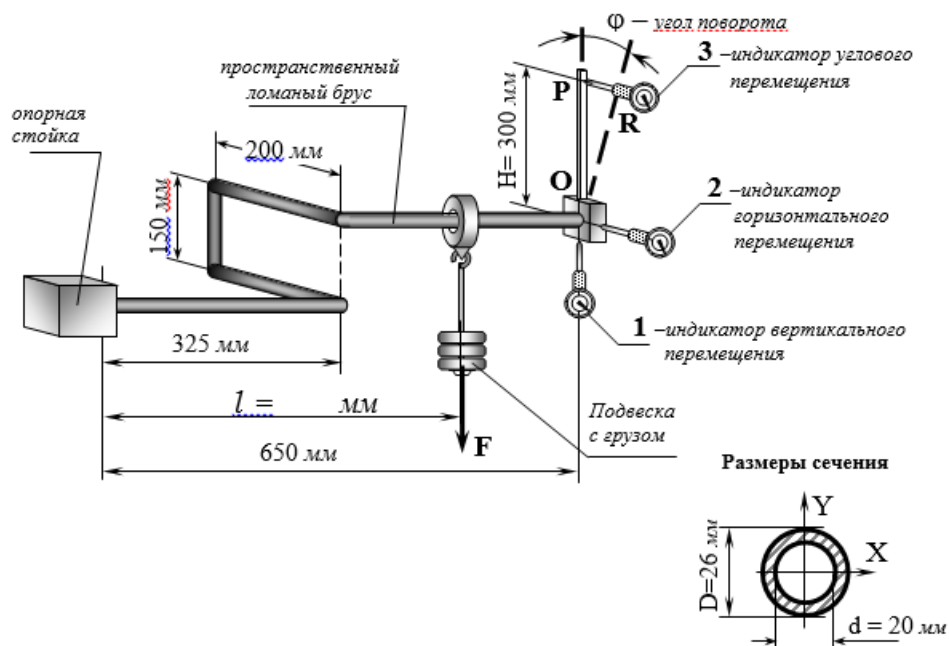
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.23. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №7

#### Тема: «Определение перемещений свободного конца ломаного бруса»

##### Типовой пример задания

Экспериментально и теоретически определить горизонтальное, вертикальное перемещение и угол поворота свободного конца ломаного бруса, если  $F = 10 \text{ Н}$ ,  $l = 600 \text{ мм}$ . Сравнить результаты и сделать выводы.



##### Критерии оценки:

2 балла - если работа выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если работа выполнена правильно в объеме 40-70%.

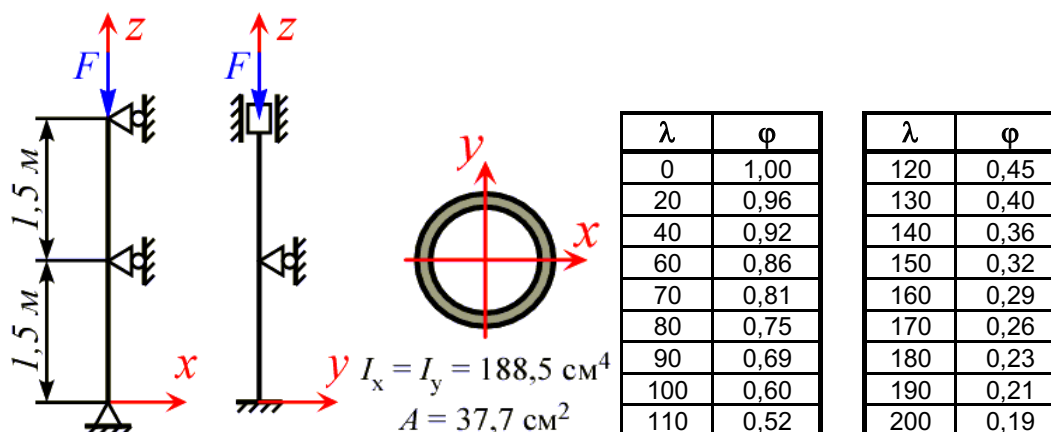
0 баллов - если работа выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.24. Комплект заданий для практического занятия №27

**Тема: «Расчет сжатой стойки на устойчивость»**

**Типовой пример задания**

Для центрально сжатого стержня с различными условиями закрепления в плоскостях  $xz$  и  $yz$ , изготовленного из материала с допускаемым напряжением на сжатие  $160 \text{ МПа}$ , определить величину допускаемой силы с помощью коэффициента продольного изгиба.



**Критерии оценки:**

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

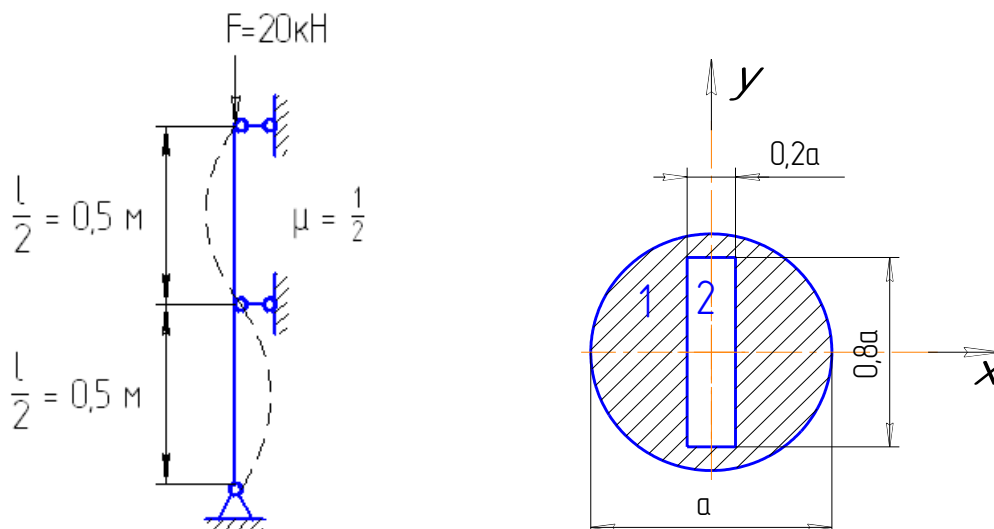
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.25. Комплект заданий для практического занятия №28

**Тема: «Проектировочный расчет сжатых стоек на устойчивость»**

**Типовой пример задания**

Стойка длиной  $\ell=1 \text{ м}$  с шарнирно опертыми концами и промежуточной шарнирной опорой посередине сжимается силой  $F=20 \text{ кН}$ . Подобрать величину размера  $a$  поперечного сечения стойки, обеспечив ее устойчивость, если допускаемое напряжение на сжатие  $[\sigma]_c = 160 \text{ МПа}$ . Для спроектированной стойки определить величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости.





**Критерии оценки:**

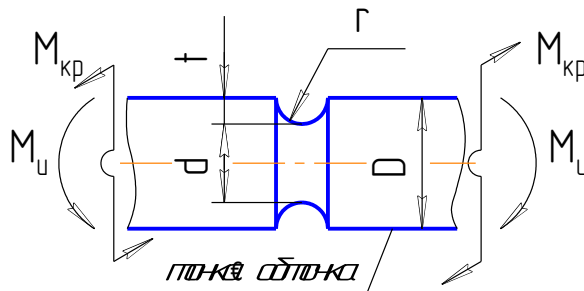
2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

**7.2.26. Комплект заданий для практического занятия №29****Тема: «Расчет на прочность при повторно-переменных нагрузках»****Типовой пример задания**

Участок вала с концентратором напряжений в виде выточки подвергается совместному действию изгиба и кручения. Значение изгибающего момента изменяется в диапазоне:  $M_{\text{и}}^{\text{max}} = 0,8 \text{ кНм}$ ,  $M_{\text{и}}^{\text{min}} = -0,8 \text{ кНм}$ , крутящего момента –  $M_{\text{кр}}^{\text{max}} = 2 \text{ кНм}$ ,  $M_{\text{кр}}^{\text{min}} = 0$ . Значения геометрических размеров вала:  $D = 55 \text{ мм}$ ,  $d = 50 \text{ мм}$ ,  $r = 2 \text{ мм}$ ,  $t = \frac{D-d}{2}$ . Вал изготовлен из стали 40ХН с механическими характеристиками:  $\sigma_{\text{в}} = 1000 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{\text{т}} = 800 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{-1} = 400 \text{ МПа}$ ,  $\tau_{\text{т}} = 390 \text{ МПа}$ ,  $\tau_{-1} = 240 \text{ МПа}$ . Требуется определить коэффициент запаса по выносливости и по текучести и сделать выводы о наиболее вероятном механизме разрушения.

**Критерии оценки:**

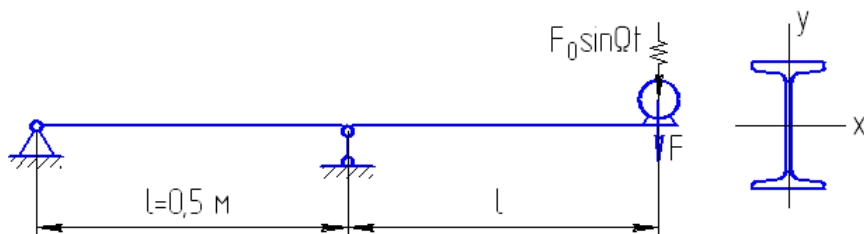
2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

**7.2.27. Комплект заданий для практического занятия №30****Тема: «Расчет на прочность подмоторных балок»****Типовой пример задания**

На консольном участке двухопорной балки, изготовленной из двутавра №10, установлен электродвигатель весом  $F = 0,2 \text{ кН}$ . Число оборотов электродвигателя  $N = 600 \text{ об/мин}$ . Амплитудное значение центробежной силы, возникающей при вращении ротора,  $F_0 = 0,2F$ .



Произвести проверочный расчет на прочность подмоторной балки и определить значение  $l$ , при котором возможно наступление резонанса. Сопротивлением среды пренебречь. Допускаемое напряжение  $[\sigma]$  принять равным  $160 \text{ МПа}$ .

**Критерии оценки:**

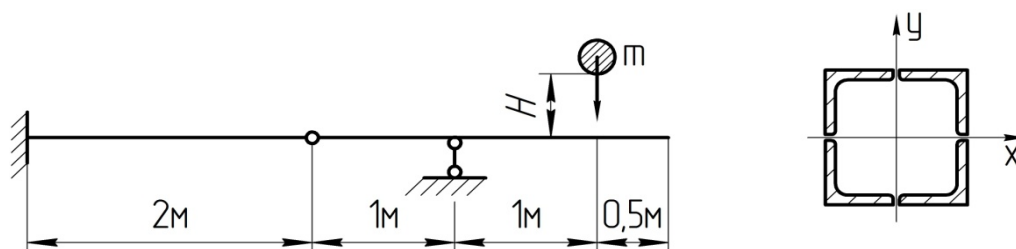
2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

**7.2.28. Комплект заданий для практического занятия №31****Тема: «Расчет на прочность и жесткость балки при поперечном ударе»****Типовой пример задания**

На заданную балку с высоты  $H = 0,5$  м свободно падает абсолютно жесткое тело массой  $m$ . Поперечное сечение балки составное – состоит из четырех стальных равнобоких уголков №10, сваренных между собой. Определить допустимую величину массы падающего тела  $[m]$ , при которой будет обеспечена прочность балки, если  $[\sigma] = 160$  МПа,  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Проверить выполнение условия жесткости, приняв  $[\delta] = 3$  мм. Массой балки пренебречь.

**Критерии оценки:**

2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### Темы письменных работ

№ п/п	Темы
<b>ИДЗ №1.</b> Построение эпюр внутренних силовых факторов	
1.1.	Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении-сжатии стержней
1.2.	Построение эпюр внутренних силовых факторов при кручении валов
1.3.	Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе балок
1.4.	Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе рам
<b>ИДЗ №2.</b> Расчет на прочность и жесткость при растяжении-сжатии	
2.1.	Расчет на прочность и жесткость ступенчатого бруса
<b>ИДЗ №3.</b> Расчет на прочность и жесткость при изгибе	
3.1.	Определение геометрических характеристик сложного сечения
3.2.	Расчет на прочность и жесткость балок при плоском поперечном изгибе
<b>ИДЗ №4.</b> Расчет статически неопределимых систем методом сил	
4.1.	Расчет на прочность и жесткость статически неопределимых рам
<b>ИДЗ №5.</b> Расчет на прочность конструкции, работающей в условиях сложного сопротивления	
5.1.	Расчет на прочность статически определимой пространственной стержневой конструкции в условиях сложного сопротивления
<b>ИДЗ №6.</b> Расчеты на устойчивость, выносливость и прочность в условиях динамического воздействия нагрузки	
6.1.	Расчет на устойчивость сжатых стоек
6.2.	Расчет фрагмента вала под действием повторно-переменного изгиба и кручения

### 7.2.29. Комплект задач для ИДЗ №1

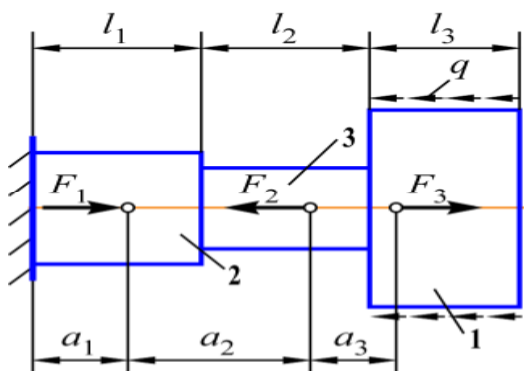
Номер варианта для всех ИДЗ представляет собой трехзначное число, которое назначается преподавателем. Каждая цифра имеет вариативность, равную 10, и определяет указанную группу данных.

#### Задача 1.1.

**Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении-сжатии стержней»**

##### Типовой пример задачи

Для ступенчатого стержня, работающего в условиях растяжения-сжатия, построить эпюру внутренней продольной силы  $N$ .



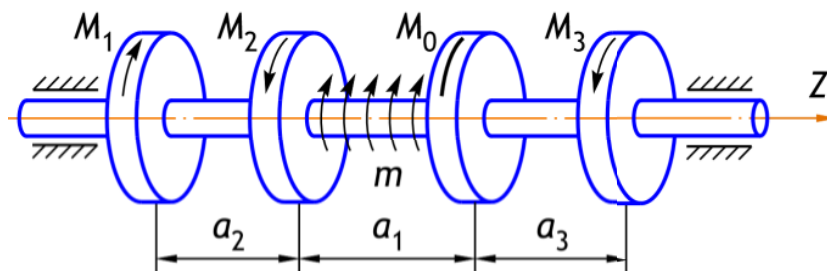
Где:  $F_1=20\text{кН}$ ,  $F_2=10\text{кН}$ ,  $F_3=30\text{кН}$ ,  $q=20\text{кН/м}$ ,  $l_1=0,8\text{м}$ ,  $l_2=1,5\text{м}$ ,  $l_3=1,2\text{м}$ ,  $a_1=0,5\text{м}$ ,  $a_2=1,4\text{м}$ ,  $a_3=0,7\text{м}$ .

#### Задача 1.2.

**Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при кручении валов»**

##### Типовой пример задачи

Для вала, заключенного в подшипники и работающего в условиях кручения, построить эпюру внутреннего крутящего момента  $M_z$ , предварительно вычислив значение момента  $M_0$  из условия равновесия.



Принять:  $M_1=1,6\text{кНм}$ ,  $M_2=2\text{кНм}$ ,  $M_3=2\text{кНм}$ ,  $m=8\text{кНм/м}$ ,  $a_1=0,5\text{м}$ ,  $a_2=0,3\text{м}$ ,  $a_3=0,2\text{м}$ .

#### Критерии оценки:

2 балла – если задачи выполнены правильно в объеме 70-100%.

1 балл – если задачи выполнены правильно в объеме 40-70%.

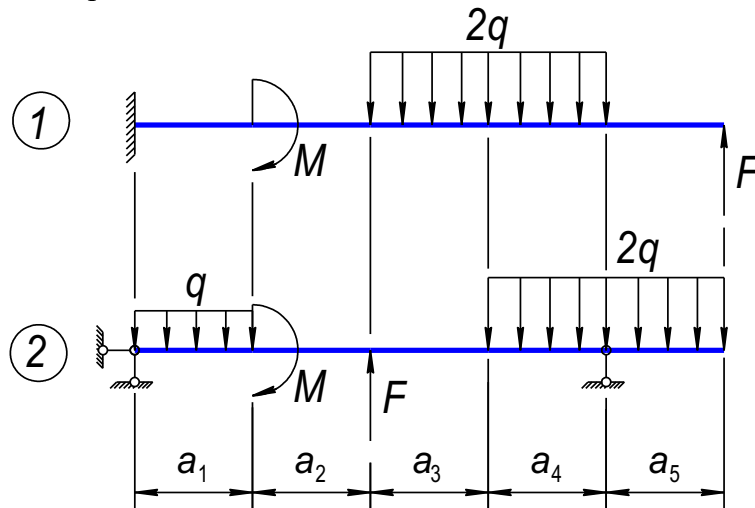
0 баллов – если задачи выполнены правильно менее чем на 40%.

### Задача 1.3.

#### Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе балок»

##### Типовой пример задачи

Для двух статически определимых балок, работающих в условиях плоского изгиба: схема №1 – балка с жестким защемлением, схема №2 – балка на двух опорах, построить эпюры внутренних силовых факторов. Для двухопорной балки предварительно вычислить реакции опор.



Принять:  $F=30\text{кН}$ ,  $M=40\text{кНм}$ ,  $q=20\text{кН/м}$ ,  $a_1=0,5\text{м}$ ,  $a_2=0,4\text{м}$ ,  $a_3=0,6\text{м}$ ,  $a_4=0,5\text{м}$ ,  $a_5=0,6\text{м}$ .

##### Критерии оценки:

- 4 балла – если задание выполнено правильно в объеме 80-100%.
- 3 балла – если задание выполнено правильно в объеме 60-80%.
- 2 балла – если задание выполнено правильно в объеме 40-60%.
- 0 баллов – если задание выполнено правильно менее чем на 40%.

### Задача 1.4.

#### Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе рам»

##### Типовой пример задачи

Для двух статически определимых рам, работающих в условиях плоского изгиба: схема №1 – рама с жестким защемлением, схема №2 – рама на двух шарнирных опорах, построить эпюры внутренних силовых факторов. Для двухопорной рамы предварительно вычислить реакции опор.

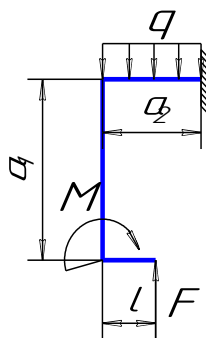


Схема 1

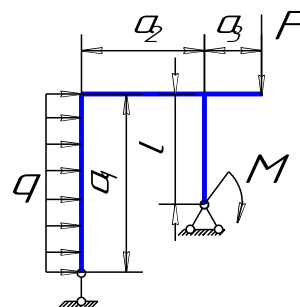


Схема 2

Принять:  $F=30\text{кН}$ ,  $M=40\text{кНм}$ ,  $q=20\text{кН/м}$ ,  $a_1=1,5\text{м}$ ,  $a_2=2\text{м}$ ,  $a_3=0,6\text{м}$ ,  $l=0,5\text{м}$ .

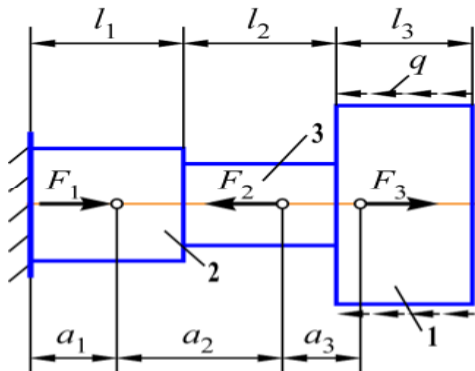
**Критерии оценки:**

- 4 балла – если задание выполнено правильно в объеме 80-100%.
- 3 балла – если задание выполнено правильно в объеме 60-80%.
- 2 балла – если задание выполнено правильно в объеме 40-60%.
- 0 баллов – если задание выполнено правильно менее чем на 40%.

**7.2.30. Комплект задач для ИДЗ №2****Тема: «Расчет на прочность и жесткость ступенчатого бруса»****Типовой пример задачи**

Ступенчатый стальной брус круглого поперечного сечения нагружен силами, направленными вдоль его оси (схема – ИДЗ №1, задача 1.1).

Приняв на исходной схеме соотношение площадей круглых поперечных сечений по пронумерованным участкам бруса:  $A_1=A$ ,  $A_2=A/2$ ,  $A_3=A/3$ , подобрать из условия прочности  $[A]$  – допускаемую площадь поперечного сечения. Проверить выполнение условия жесткости. Спроектировать брус равного сопротивления и провести обоснование его экономичности.



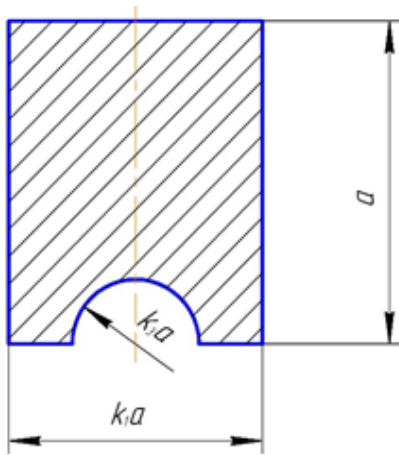
Принять:  $F_1=20\text{кН}$ ,  $F_2=10\text{кН}$ ,  $F_3=30\text{кН}$ ,  $q=20\text{кН/м}$ ,  $l_1=0,8\text{м}$ ,  $l_2=1,5\text{м}$ ,  $l_3=1,2\text{м}$ ,  $a_1=0,5\text{м}$ ,  $a_2=1,4\text{м}$ ,  $a_3=0,7\text{м}$ . Материал Сталь 40,  $\sigma_t=340\text{МПа}$ ,  $n_t=1,8$ .

**Критерии оценки:**

- 4 балла – если работа выполнена правильно в объеме 80-100%.
- 3 балла – если работа выполнена правильно в объеме 60-80%.
- 2 балла – если работа выполнена правильно в объеме 40-60%.
- 0 баллов – если работа выполнена правильно менее чем на 40%.

**7.2.31. Комплект задач для ИДЗ №3****Задача 3.1.****Тема: «Определение геометрических характеристик сложного сечения»****Типовой пример задачи**

Сечение сложной формы является поперечным сечением некоторой нагруженной конструкции. Для расчета в дальнейшем этой конструкции на прочность и жесткость необходимо определить положение главных центральных осей и значения главных центральных моментов инерции сложного сечения.



Принять:  $k_1=0,9$ ,  $k_3=0,3$ .

#### Критерии оценки:

2 балла – если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

1 балл – если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

0 баллов – если задача выполнена правильно менее чем на 40%.

#### Задача 3.2.

**Тема: «Расчет на прочность и жесткость балок при плоском поперечном изгибе»**

##### Типовой пример задачи

##### План решения

1. Вычертить в масштабе балку на двух опорах с построенными эпюрами  $Q_y$  и  $M_x$  (взять из ИДЗ №1, задача 1.3, схема №2).

2. Для балки, изготовленной из пластичного материала, подобрать из условия прочности двутавровое, прямоугольное ( $h/b = 2$ ) и круглое сечения, приняв  $[\sigma] = 160$  МПа. Дать заключение о рациональности формы сечения по расходу материала.

3. Для балки, изготовленной из хрупкого материала, определить из условия прочности характерный размер  $[a]$  сложного поперечного сечения (из задачи 3.1), предварительно решив вопрос о его рациональном положении. Принять  $\sigma_{вр}=150$  МПа,  $\sigma_{вр}=640$  МПа,  $n_b=2$ .

4. Определив перемещения незакрепленных граничных сечений, изобразить приближенный вид оси изогнутой балки и провести проверку жесткости балки двутаврового сечения, приняв  $[\delta] = (0,0005...0,001) \cdot l$  (где  $l$  – расстояние между опорами). Принять  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

#### Критерии оценки:

4 балла – если задача выполнена правильно в объеме 80-100%.

3 балла – если задача выполнена правильно в объеме 60-80%.

2 балла – если задача выполнена правильно в объеме 40-60%.

0 баллов – если задача выполнена правильно менее чем на 40%.

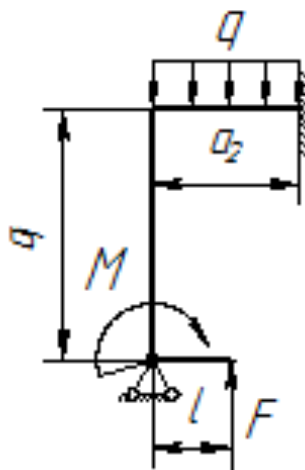
#### 7.2.32. Комплект задач для ИДЗ №4

**Тема: «Расчет на прочность и жесткость статически неопределимых рам»**

##### Типовой пример задачи

На статически определимой раме (ИДЗ №1, задача 1.3, схема №1) установили дополнительные опоры (все остальные исходные данные – прежние). Материал стержня – Ст. 3:  $[\sigma]=160$  МПа,  $E=2 \cdot 10^5$  МПа. Жесткость сечений всех участков рамы постоянна:  $EI_x=const$ .

Для полученной таким образом статически неопределимой рамы подобрать рациональное поперечное сечение из условия прочности и проверить конструкцию на жесткость.



Принять:  $F = 30 \text{ кН}$ ,  $M = 40 \text{ кНм}$ ,  $q = 20 \text{ кН/м}$ ,  $a_1 = 1,5 \text{ м}$ ,  $a_2 = 2 \text{ м}$ ,  $a_3 = 0,6 \text{ м}$ ,  $l = 0,5 \text{ м}$ .

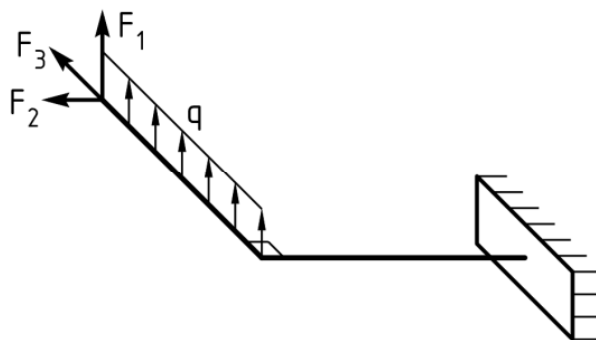
#### Критерии оценки:

- 5 баллов – если работа выполнена правильно в объеме 80-100%.
- 3-4 балла – если работа выполнена правильно в объеме 50-80%.
- 2 балла – если работа выполнена правильно в объеме 40-50%.
- 0 баллов – если работа выполнена правильно менее чем на 40%.

#### 7.2.33. Комплект задач для ИДЗ №5

Тема: «Расчет на прочность при сложном сопротивлении»

Типовой пример задачи



Консольная рама нагружена пространственной системой внешних сил:  $F_1=4,5\text{кН}$ ,  $F_2=3,5\text{кН}$ ,  $F_3=1,5\text{кН}$ ,  $q=2\text{кН/м}$ . Длина элементов рамы одинакова и равна  $l=0,5\text{м}$ . Материал рамы – сталь Ст3 с допускаемым напряжением  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Требуется подобрать для рамы из условия прочности диаметр круглого поперечного сечения  $d$ , а также размеры прямоугольного сечения  $b$  и  $h$ , если  $h/b=1,5$ . Сравнить подобранные сечения с точки зрения металлоемкости.

При наличии в опасной точке нормальных и касательных напряжений использовать III теорию предельного состояния.

#### Критерии оценки:

- 5 баллов – если работа выполнена правильно в объеме 80-100%.
- 3-4 балла – если работа выполнена правильно в объеме 50-80%.
- 2 балла – если работа выполнена правильно в объеме 40-50%.
- 0 баллов – если работа выполнена правильно менее чем на 40%.



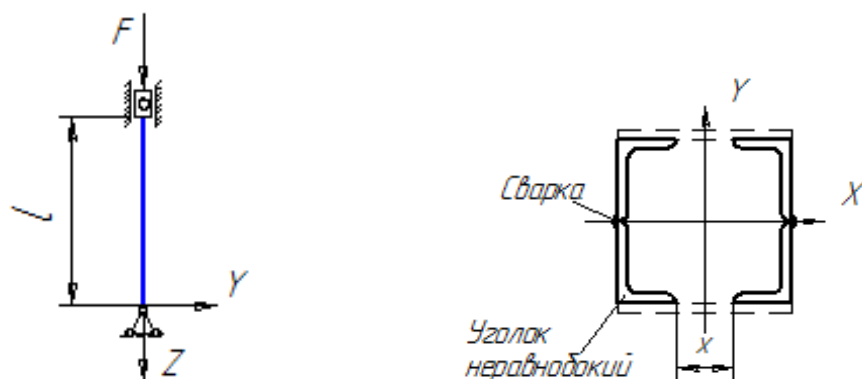
### 7.2.34. Комплект задач для ИДЗ №6

#### Задача 6.1.

Тема: «Расчет сжатых стержней на устойчивость»

##### Типовой пример задачи

Поперечное сечение центрально сжатой колонны составлено из стальных прокатных профилей, соединенных в сплошное сечение при помощи диагональной решетки из стальных планок. Определить: допускаемую нагрузку из условия устойчивости, критическую нагрузку и коэффициент запаса устойчивости – для колонны заданной формы поперечного сечения, а также для колонны кольцевого сечения. Оба сечения имеют одинаковую площадь, для кольца известно соотношение диаметров:  $\alpha = d/D = 0,9$ .



Принять:  $l = 8,5$  м, уголок неравнобокий №11/7, материал Ст2,  $[\sigma] = 140$  МПа,  $\lambda_0 = 60$ ,  $\lambda_{пред} = 105$ ,  $a = 245$  МПа,  $b = 0,67$  МПа.

##### Критерии оценки:

- 3 балла – если задача выполнена правильно в объеме 80-100%.
- 2 балла – если задача выполнена правильно в объеме 60-80%.
- 1 балла – если задача выполнена правильно в объеме 40-60%.
- 0 баллов – если задача выполнена правильно менее чем на 40%.

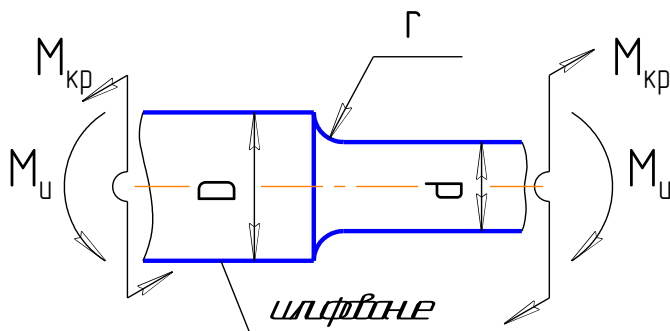
#### Задача 6.2.

Тема: «Расчет на прочность при повторно-переменных нагрузках»

##### Типовой пример задачи

Вал редуктора, представляющий собой стержень круглого сечения с концентратором напряжений, подвергается действию изгибающего и крутящего моментов, изменяющихся по синусоидальному закону.

Определить коэффициент запаса прочности вала по выносливости и текучести.



Принять: участок вала имеет концентратор напряжения в виде галтели радиусом  $r = 5$  мм, диаметр одной части  $D = 75$  мм, а другой  $d = 60$  мм. Изменение изгибающего момента находится в диапазоне:  $M_{\text{и}}^{\text{max}} = 0,6 \text{ кНм}$ ,  $M_{\text{и}}^{\text{min}} = -0,6 \text{ кНм}$ , крутящего момента –  $M_{\text{кр}}^{\text{max}} = 3 \text{ кНм}$ ,  $M_{\text{кр}}^{\text{min}} = 1,5 \text{ кНм}$ . Вал изготовлен из стали 45 с механическими характеристиками:  $\sigma_{\text{в}} = 600 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{\text{т}} = 360 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{-1} = 300 \text{ МПа}$ ,  $\tau_{\text{т}} = 230 \text{ МПа}$ ,  $\tau_{-1} = 180 \text{ МПа}$ , – и имеет шлифованную поверхность.

**Критерии оценки:**

- 3 балла – если задача выполнена правильно в объеме 80-100%.
- 2 балла – если задача выполнена правильно в объеме 60-80%.
- 1 балла – если задача выполнена правильно в объеме 40-60%.
- 0 баллов – если задача выполнена правильно менее чем на 40%.

### 7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Цели и задачи сопротивления материалов
2	Основные допущения и принципы сопротивления материалов
3	Модели прочностной надежности
4	Метод сечений
5	Классификация простейших видов нагружения
6	Построение эпюр ВСФ при растяжении-сжатии
7	Построение эпюр ВСФ при кручении
8	Дифференциальные зависимости между внешними и внутренними силовыми факторами при изгибе
9	Построение эпюры поперечной силы $Q_y$
10	Построение эпюры изгибающих моментов $M_x$
11	Основные виды расчетов в сопротивлении материалов
12	Определение напряжений при растяжении-сжатии
13	Деформации при растяжении-сжатии. Коэффициент Пуассона
14	Закон Гука при растяжении-сжатии
15	Испытание на растяжение. Характеристики прочности и пластичности. Явление наклепа
16	Испытание на сжатие. Особенности испытания на сжатие
17	Пластичные и хрупкие материалы. Особенности их поведения при растяжении и сжатии
18	Расчет на прочность при растяжении-сжатии
19	Виды расчетов на прочность
20	Понятие равнопрочного стержня
21	Расчет на жесткость при растяжении-сжатии. Построение эпюры перемещений.
22	Геометрические характеристики плоских сечений, их определения.
23	Главные оси и главные моменты инерции
24	Формулы для определения главных центральных моментов инерции простейших сечений: прямоугольника, треугольника, круга, кольца
25	Теорема о суммировании моментов инерции
26	Теорема о преобразовании моментов инерции при параллельном переносе осей
27	Теорема о преобразовании моментов инерции при повороте осей
28	Нормальные напряжения при чистом изгибе
29	Осевой момент сопротивления
30	Касательные напряжения при прямом поперечном изгибе. Формула Журавского
31	Расчет на прочность при плоском изгибе
32	Дифференциальное уравнение упругой линии балки
33	Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии
34	Определение перемещений при изгибе методом Мора
35	Численные приложения интеграла Мора. Формула Симпсона
36	Способ Верещагина при определении перемещений
37	Условие жесткости при изгибе
38	Косой изгиб
39	Внецентренное растяжение-сжатие
40	Чистый сдвиг и его особенности

№ п/п	Вопросы к экзамену
41	Закон Гука при чистом сдвиге
42	Определение касательных напряжений при кручении
43	Полярный момент сопротивления
44	Условие прочности при кручении
45	Перемещения при кручении. Построение эпюры углов закручивания
46	Условие жесткости при кручении: в абсолютных и в относительных углах закручивания
47	Расчет на срез и смятие
48	Статически определимые и статически неопределимые системы. Метод сил. Деформационная проверка.
49	Расчет на прочность и жесткость статически неопределимых систем.
50	Понятие напряженного состояния в точке и его виды. Главные площадки и главные напряжения.
51	Плоское напряженное состояние. Прямая и обратная задачи плоского напряженного состояния. Круг Мора.
52	Объемное напряженное состояние. Обобщенный закон Гука. Объемная деформация.
53	Теории предельного состояния: названия, критерии равнопрочности, рекомендации к применению.
54	Общий случай нагружения. Расчет на прочность при общем случае нагружения.
55	Устойчивость сжатых стержней. Задача Эйлера. Формула Эйлера определения критической силы.
56	Влияние способа закрепления стержня на величину критической силы. Коэффициент приведения длины.
57	Пределы применимости формулы Эйлера. Гибкость стержня.
58	Эмпирическая формула Ясинского определения критического напряжения. Пределы её применимости.
59	Диаграмма зависимости критического напряжения от гибкости стержня.
60	Практический расчет сжатых стержней на устойчивость. Коэффициент продольного изгиба. Виды расчета на устойчивость.
61	Усталость и выносливость материала. Характеристики циклов напряжений. Виды циклов напряжений.
62	Кривые усталости. Предел выносливости материала.
63	Диаграмма предельных амплитуд. Схематизированные диаграммы предельных амплитуд.
64	Конструктивно-технологические факторы, влияющие на усталостную прочность материала. Коэффициент запаса при циклическом нагружении.
65	Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Учет сил сопротивления среды.
66	Расчет на прочность и жесткость при вынужденных колебаниях систем. Податливость системы. Коэффициент динамичности.
67	Особенности ударного действия нагрузки. Виды удара.
68	Общий случай ударного воздействия нагрузки. Коэффициент динамичности в общем случае ударного воздействия.
69	Частные случаи удара. Коэффициенты динамичности для частных случаев удара.
70	Расчет на прочность и жесткость при ударе.

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
3	экзамен (по накопительному рейтингу)	«отлично»	Если итоговый рейтинг составляет 85 и более баллов
		«хорошо»	Если итоговый рейтинг составляет от 70 до 84 баллов
		«удовлетворительно»	Если итоговый рейтинг составляет от 55 до 69 баллов
		«неудовлетворительно»	Если итоговый рейтинг составляет менее 55 баллов

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	П. А. Павлов [и др.] ; под ред. Б. Е. Мельникова	Сопротивление материалов [Электронный ресурс]	Учебник	2022	ЭБС «Лань»

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
2	Т. Ф. Гаврилова, Е. П. Гордиенко, А. А. Разуваев	Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : практикум для студентов заоч. формы обучения. В 2 ч. Ч. 1	Практикум	2016	Репозиторий ТГУ
3	Т. Ф. Гаврилова, Е. П. Гордиенко, А. А. Разуваев	Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : практикум для студентов заоч. формы обучения. В 2 ч. Ч. 2	Практикум	2016	Репозиторий ТГУ
4	Т. Ф. Гаврилова, Е. П. Гордиенко, А. А. Разуваев	Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : практикум для студентов очной формы обучения. В 2 ч. Ч. 1	Практикум	2017	Репозиторий ТГУ
5	В. Г. Жуков	Механика [Электронный ресурс] : сопротивление материалов : учеб. пособие	Учебное пособие	2012	ЭБС «Лань»

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

<http://www.toehelp.ru/theory/sopromat/> Лекции по дисциплине «Сопротивление материалов», иллюстрированные примерами решения задач.

<http://technofile.ru/files/sopromat.html> Материалы для скачивания: шпаргалки, методические пособия по решению задач, учебник Феодосьева по сопротивлению материалов, сортамент прокатных профилей, формулы.

<http://mysopromat.ru/> На этом сайте находится:

- полный конспект лекций по курсу «Сопротивление материалов»;
- история создания и становления сопротивления материалов как учебного предмета;
- описание современных методов конструирования и расчета изделий на прочность и долговечность;
- статистические методы обработки результатов механических испытаний;
- описание современных программных комплексов CAD/FEA;
- различные справочные материалы.

<http://www.soprotmat.ru/> На сайте находится курс лекций, лабораторный практикум, музей разрушений, учебные фильмы, справочные данные и многое другое.

<http://botaniks.ru/sopromat.php> На этом сайте есть возможность бесплатно скачать примеры решения задач по сопротивлению материалов.

[http://www.1001soft.com/soft/sopromat\\_raschet\\_ploskih\\_balok\\_i\\_ram-945.html](http://www.1001soft.com/soft/sopromat_raschet_ploskih_balok_i_ram-945.html) Здесь можно бесплатно скачать программу для расчета балок, работающих на изгиб.

- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- SpringerLink[Электронный ресурс] : [база данных]. – Switzerland: SpringerNature, 1842– . – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно

**8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (А-419)	Столы ученические трехместные (моноблок), моноблоки двухместные, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), кафедра
2	Лаборатория "Сопротивление материалов". Лаборатория "Механические испытания материалов". Учебная аудитория для проведения лабораторных работ (А-115)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), установки: СМ-20, СМ-24Б, СМ-11А, СМ-8, СМ-7Б
3	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (А-127)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая)
4	Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401)	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет