

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

Б1.О.08.02  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Механика 2**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки  
13.03.03 Энергетическое машиностроение

направленность (профиль)  
Альтернативные источники энергии транспортных средств

Форма обучения: очная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 6 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	3	Итого
Форма контроля	РГР, зачет	
Вид занятий		
Лекции	34	<b>34</b>
Лабораторные	18	<b>18</b>
Практические	50	<b>50</b>
Руководство: РГР	1	<b>1</b>
Промежуточная аттестация	0,25	<b>0,25</b>
Контактная работа	103,25	<b>103,25</b>
Самостоятельная работа	112,75	<b>112,75</b>
Контроль		
<b>Итого</b>	<b>216</b>	<b>216</b>

Рабочую программу составил(и):

доцент, доцент, кандидат физ.-мат. наук, Гордиенко Е.П.

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

доцент, кандидат технических наук, Разуваев А.А.

*(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 2025 г.**

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

«Энергетические машины и системы управления»

«01» сентября 2020 г.

*(подпись)*

Д.А. Павлов

*(И.О. Фамилия)*

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Нанотехнологии, материаловедение и механика»

(протокол заседания № 1 от « 31 » августа 2020 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 1».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Механика 3», «Механика 4», «Конструирование и расчет комбинированных силовых установок», «Основы теории надежности».

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-2.5. Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, квантовой механики и атомной физики (элементы).	Знать: – основные закономерности деформирования твердых тел под нагрузкой, методы определения внутренних усилий, напряжений и перемещений в элементах конструкций при различных видах нагружения, механические свойства и характеристики материалов.
		Уметь: – определять рациональные размеры и оценивать техническое состояние типовых элементов конструкций при различных видах нагружения.
		Владеть: – навыками выполнения проектировочного и проверочного расчета.
ОПК-4. Способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и	ОПК-4.4. Демонстрирует знание основ механики деформируемого тела, теории прочности и усталостного разрушения и проводит расчеты элементов конструкций по заданной методике.	Знать: – основные методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость.
		Уметь: – производить анализ расчетных схем, идентифицировать виды деформации, применять методы

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
тепловых нагрузок		расчета в соответствии с поставленной задачей, анализировать полученный результат и делать выводы о работоспособности конструкции.
		Владеть: – методами расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов конструкций.

#### 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	Лек	Введение. Метод сечений. Построение эпюр ВСФ при растяжении-сжатии, кручении, изгибе	3	2	–	–	Вопросы к зачету 1-3
Модуль 1	Пр	Решение задач по теме «Построение эпюр ВСФ при растяжении-сжатии и кручении»	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 1
Модуль 1	См	Самостоятельное решение задач по теме: «Построение эпюр ВСФ при растяжении-сжатии и кручении»	3	6	2	–	Комплект задач для РГР 1.1-2
Модуль 1	Лаб	Отработка техники построения эпюр ВСФ на консольной балке экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	2	2	Комплект заданий для Лаб 1
Модуль 1	См	Самостоятельное решение задач по теме: "Построение эпюр ВСФ на балках при изгибе"	3	14	4	–	Комплект задач для РГР 1.3
Модуль 1	Лек	Построение эпюр ВСФ на плоских и пространственных рамах	3	2	–	–	Вопросы к зачету 38-40
Модуль 1	Пр	Отработка техники построения эпюр ВСФ на двухопорной балке экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 2
Модуль 1	Пр	Отработка техники построения эпюр ВСФ на двухопорной раме экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 3
Модуль 1	См	Самостоятельное решение задач по теме: "Построение эпюр ВСФ на рамах при изгибе"	3	12	4	–	Комплект задач для РГР 1.4

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 2	Лек	Напряжения и деформации при растяжении-сжатии. Механические испытания материалов на растяжение и сжатие	3	2	–	–	Вопросы к зачету 11-16
Модуль 1	Пр	Решение задач по теме: "Построение эпюр ВСФ на пространственно ломаном брус"е"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 4
Модуль 1	Лаб	Отработка техники построения эпюр ВСФ на консольной раме экспресс-методом по характерным сечениям	3	2	2	2	Комплект заданий для Лаб 2
Модуль 3	Лек	Расчет на прочность и жесткость при растяжении-сжатии	3	2	–	–	Вопросы к зачету 17-20
Модуль 3	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность при растяжении-сжатии"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 5
Модуль 3	См	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет на прочность и жесткость при растяжении-сжатии"	3	12	4	–	Комплект задач для РГР 2
Модуль 3	Пр	Решение задач по теме "Расчет на жесткость при растяжении-сжатии"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 6
Модуль 4	Лек	Геометрические характеристики плоских сечений. Прямой поперечный изгиб. Определение нормальных и касательных напряжений. Метод Мора для случая изгиба	3	2	–	–	Вопросы к зачету 21-27, 41-47
Модуль 4	Пр	Решение задач по теме "Определение ЦТ и главных центральных моментов инерции сложного сечения"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 7
Модуль 4	См	Самостоятельное решение задач по теме: "Определение ЦТ и главных центральных моментов инерции сложного сечения"	3	6	2	–	Комплект задач для РГР 3.1

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 2	Лаб	Определение механических характеристик материала по результатам испытания на растяжение	3	2	2	–	Комплект заданий для Лаб 3
Модуль 5	Лек	Численные методы решения интеграла Мора. Дифференциальное уравнение упругой линии балки. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие	3	2	–	–	Вопросы к зачету 45-50
Модуль 5	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность при прямом изгибе"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 8
Модуль 5	См	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет на прочность и жесткость при прямом изгибе"	3	12	4	–	Комплект задач для РГР 3.2
Модуль 5	Пр	Решение задач по теме "Расчет на жесткость при прямом изгибе"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 9
Модуль 5	Лек	Определение перемещений при косом изгибе. Примеры	3	2	–	–	Вопросы к зачету 45-50
Модуль 5	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность при совместном действии двух прямых изгибов"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 10
Модуль 5	Лаб	Определение перемещений при прямом изгибе	3	2	2	2	Комплект заданий для Лаб 4
Модуль 6	Лек	Сдвиг. Кручение стержней круглого сечения. Кручение стержней некруглого профиля	3	2	–	–	Вопросы к зачету 28-37
Модуль 5	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность при совместном действии изгиба и растяжения-сжатия"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 11

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 6	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность и жесткость при кручении вала круглого поперечного сечения"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 12
Модуль 7	Лек	Метод сил применительно к трем видам деформации	3	2	–	–	Вопросы к зачету 51-52
Модуль 7	Пр	Решение задач по теме "Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 13
Модуль 5	Лаб	Определение перемещений при косом изгибе	3	2	2	2	Комплект заданий для Лаб 5
Модуль 7	Лек	Учет симметрии при раскрытии статической неопределимости	3	2	–	–	Вопросы к зачету 51-52
Модуль 7	Пр	Решение задач по теме "Учет влияния температуры и неточности изготовления при раскрытии статической неопределимости"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 14
Модуль 7	Пр	Решение задач по теме "Расчет статически неопределимых балок при изгибе"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 15
Модуль 8	Лек	Напряженное и деформированное состояние в точке. Теории прочности. Общий случай нагружения	3	2	–	–	Вопросы к зачету 53-57
Модуль 7	Пр	Решение задач по теме: "Расчет на прочность и жесткость статически неопределимой рамы"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 16
Модуль 7	См	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет на прочность и жесткость статически неопределимой рамы"	3	16	5	–	Комплект задач для РГР 4



Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 7	Лаб	Определение момента защемления однопролетной статически неопределимой балки	3	2	2	2	Комплект заданий для Лаб 6
Модуль 8	Лек	Определение перемещений на пространственной раме. Устойчивость сжатых стержней. Формула Эйлера	3	2	–	–	Вопросы к зачету 58-60
Модуль 8	Пр	Решение задач на тему "Определение напряжений с помощью круга Мора"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 17
Модуль 8	Пр	Решение задач на тему "Расчет на прочность пространственно ломаного бруса"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 18
Модуль 8	См	Самостоятельное решение задач по теме "Расчет на прочность пространственно ломаного бруса"	3	16	5	–	Комплект задач для РГР 5
Модуль 9	Лек	Расчет на устойчивость за пределами пропорциональности и с помощью коэффициента продольного изгиба	3	2	–	–	Вопросы к зачету 61-63
Модуль 9	Пр	Решение задач по теме: "Определение грузоподъемности сжатого гибкого стержня"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 19
Модуль 7	Лаб	Определение перемещений в статически неопределимом замкнутом контуре	3	2	2	–	Комплект заданий для Лаб 7
Модуль 10	Лек	Расчет на выносливость при одноосном и двухосном напряженном состоянии	3	2	–	–	Вопросы к зачету 64-67
Модуль 9	Пр	Решение задач на тему "Расчет сжатой стойки на устойчивость"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 20
Модуль 9	См	Самостоятельное решение задач по теме: "Расчет сжатой стойки на устойчивость"	3	10	3	–	Комплект задач для РГР 6.1

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	Решение задач по теме: "Проектировочный расчет на устойчивость"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 21
Модуль 11	Лек	Колебания механических систем с одной степенью свободы.	3	2	–	–	Вопросы к зачету 68-69
Модуль 10	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность при повторно-переменных нагрузках"	3	2	2	2	Комплект заданий для Пр 22
Модуль 10	См	Самостоятельное решение задач по теме "Расчет на прочность вала при повторно-переменных нагрузках"	3	8,75	3	–	Комплект задач для РГР 6.2
Модуль 8	Лаб	Определение перемещений свободного конца ломаного бруса	3	2	2	2	Комплект заданий для Лаб 8
Модуль 11	Лек	Расчет на прочность и жесткость при ударе	3	2	–	–	Вопросы к зачету 70-73
Модуль 11	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность подмоторных балок"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 23
Модуль 11	Пр	Решение задач по теме "Расчет на прочность и жесткость балки при поперечном ударе"	3	2	2	–	Комплект заданий для Пр 24
Модуль 11	Лек	Обобщение материала по дисциплине	3	2	–	–	Вопросы к зачету 1-73
Модуль 11	Лаб	Обзор современных экспериментальных методов исследования по сопротивлению материалов	3	2	–	2	
Модули 1-11	Пр	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>
Модули 1-11	КРП	Руководство РГР	3	1	–	–	
Модули 1-11	ПА	Промежуточная аттестация: зачет	3	0,25	–	–	
<b>Итого:</b>				<b>216</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 2» 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-2.5	- Тестовые задания №№ 1-30 - РГР №№ 1-6
3	ОПК-4.4	- Вопросы к зачету №№ 1-73

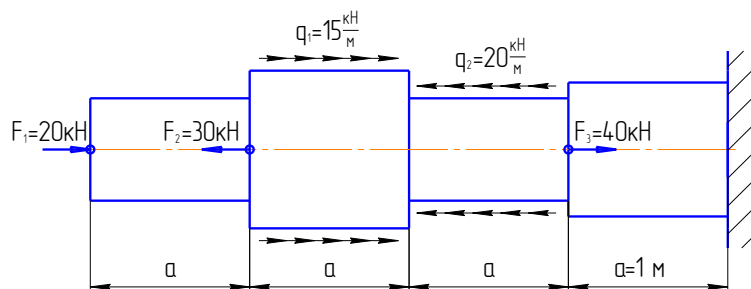
### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

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

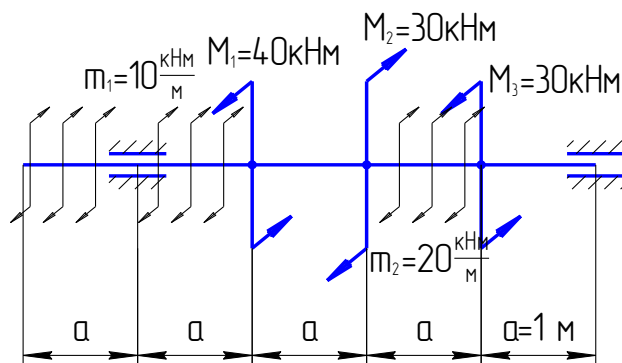
Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении-сжатии и кручении»

#### Типовые примеры заданий

Задача 1. Для данной расчетной схемы построить эпюру продольной силы  $N$ , используя метод построения по характерным сечениям.



Задача 2. Для данной расчетной схемы построить эпюру крутящего момента  $M_z$ , используя метод построения по характерным сечениям.



#### Критерии оценки:

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

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

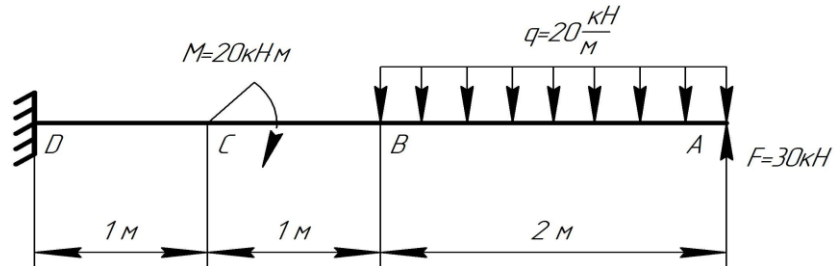
0 баллов - если задачи выполнены правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.2. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №1

**Тема:** «Построение эпюры 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%.

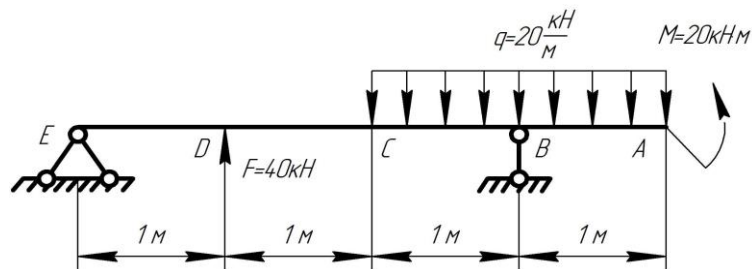
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

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

**Тема:** «Построение эпюры 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%.

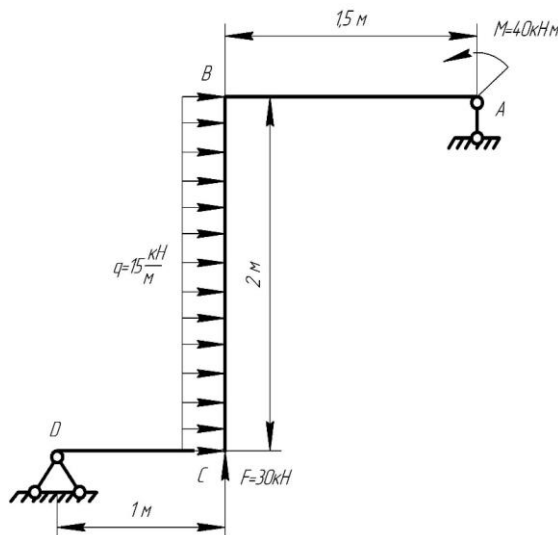
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

#### 7.2.4. Комплект заданий для практического занятия №3

##### Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов на двухпорной раме»

##### 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%.

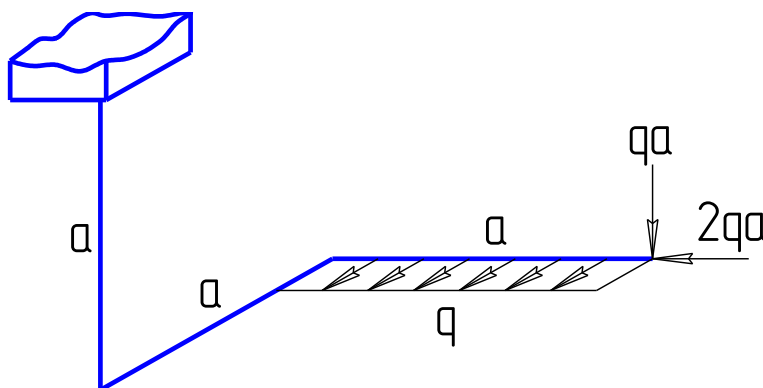
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

#### 7.2.5. Комплект заданий для практического занятия №4

##### Тема: «Построение эпюр внутренних силовых факторов на пространственно ломаном брус»

##### 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%.

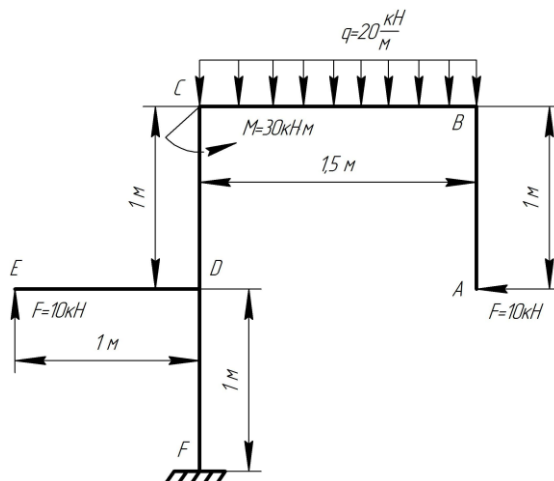
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.6. 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%.

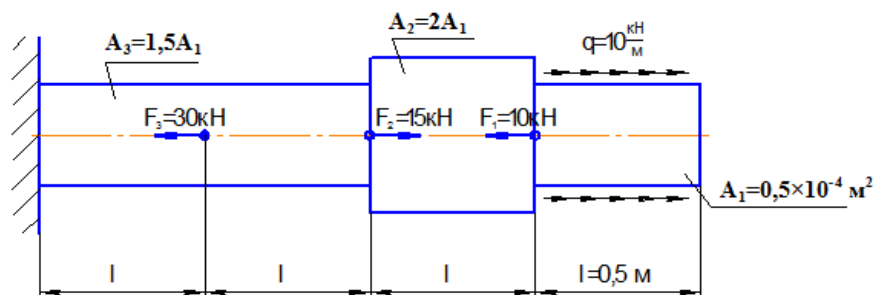
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.7. Комплект заданий для практического занятия №5

**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:

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%.



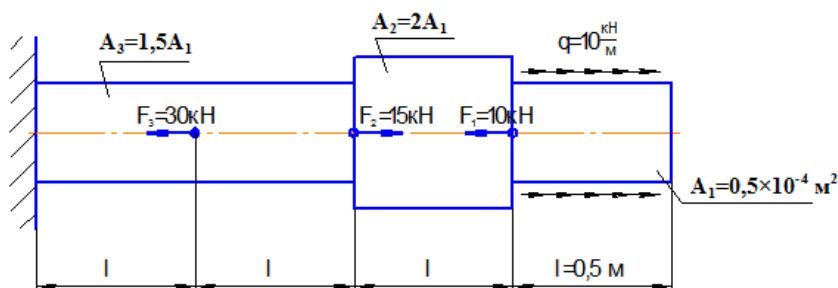
### 7.2.8. Комплект заданий для практического занятия №6

#### 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:

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

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

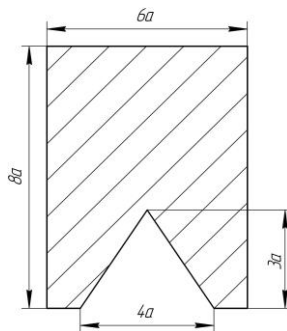
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.9. Комплект заданий для практического занятия №7

#### 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 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:**

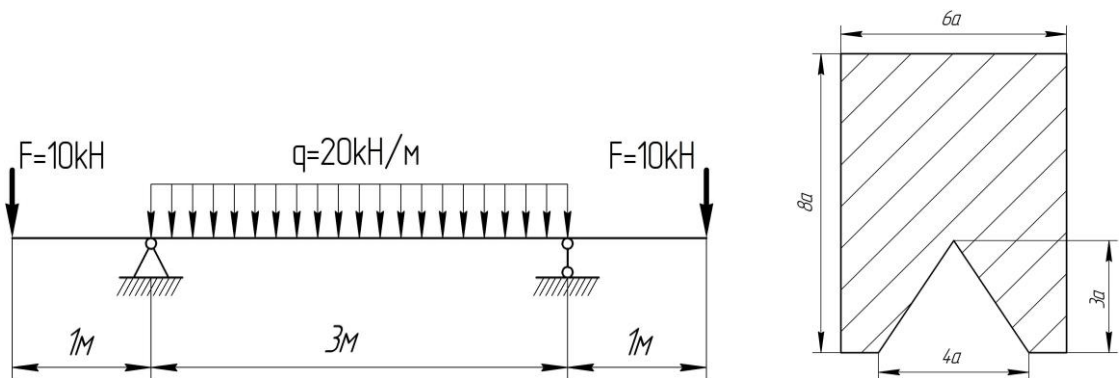
2 балла - если работа выполнена правильно в объеме 70-100%.

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

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

**7.2.11. Комплект заданий для практического занятия №8****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:**

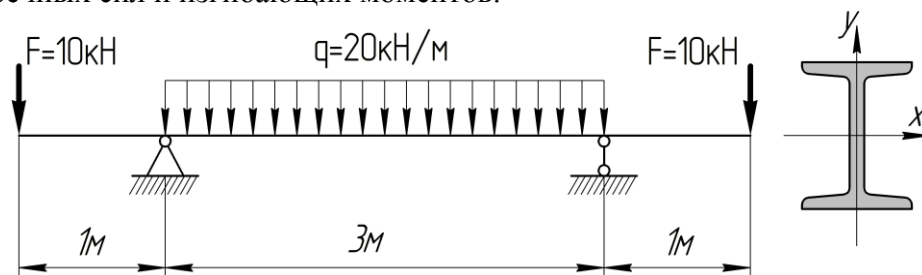
2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

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

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

**7.2.12. Комплект заданий для практического занятия №9****Тема: «Расчет на жесткость при прямом изгибе»****Типовой пример задания**

Двухопорная балка двутаврового сечения, изготовленная из стали Ст3, нагружена системой поперечных сил и изгибающих моментов:



Провести проверку жесткости балки, если её поперечное сечение – двутавр №16 с осевым моментом инерции  $I_x = 873 \text{ см}^4$ . Принять:  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ,  $[\delta] = 0,001 \cdot L$  (где  $L$  – расстояние между опорами).

**Критерии оценки:**

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

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

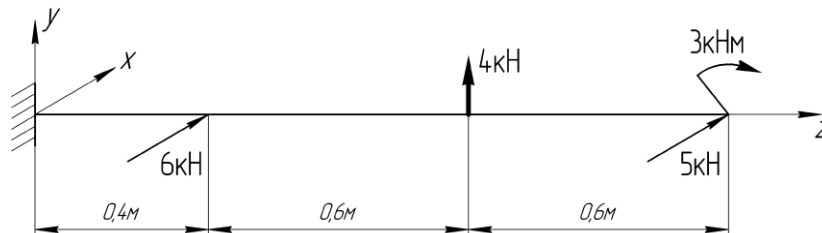
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

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

#### Тема: «Расчет на прочность при совместном действии двух прямых изгибов»

##### Типовой пример задания

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



Соотношение сторон прямоугольного сечения  $h/b = 1,5$ . Стержень изготовлен из стали Ст3 с допускаемым напряжением  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Определить из условия прочности характерный размер  $b$  прямоугольного сечения.

##### Критерии оценки:

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

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

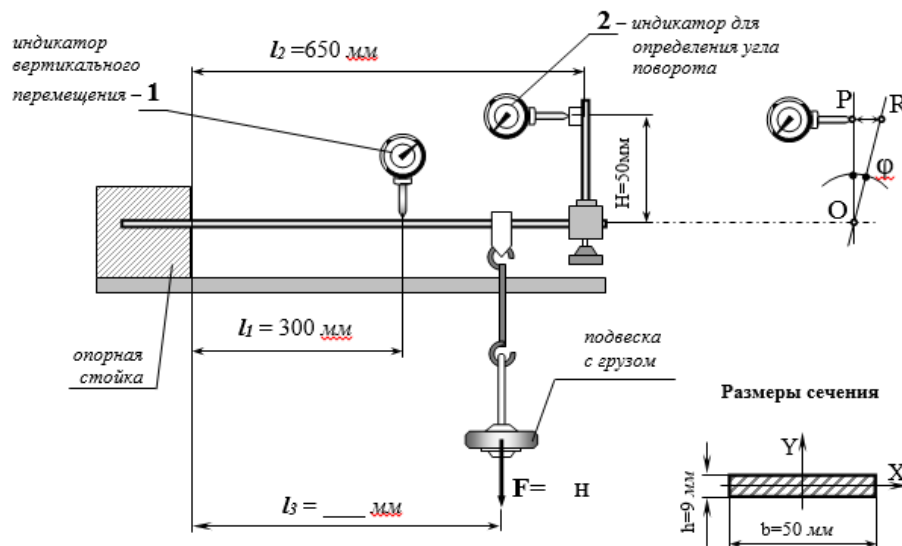
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.14. 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.



$$F = 10H, l_3 = 400 \text{ мм}$$

##### Критерии оценки:

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

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

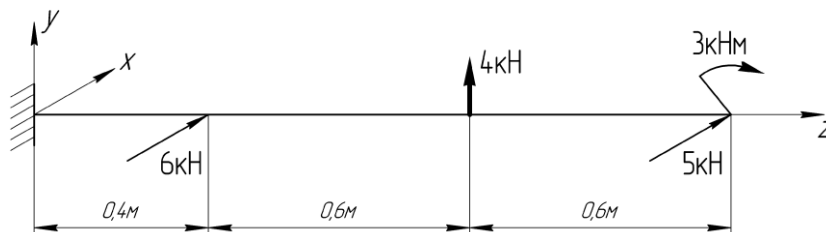
0 баллов - если работа выполнена правильно в пределах 0-40%.

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

**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%.

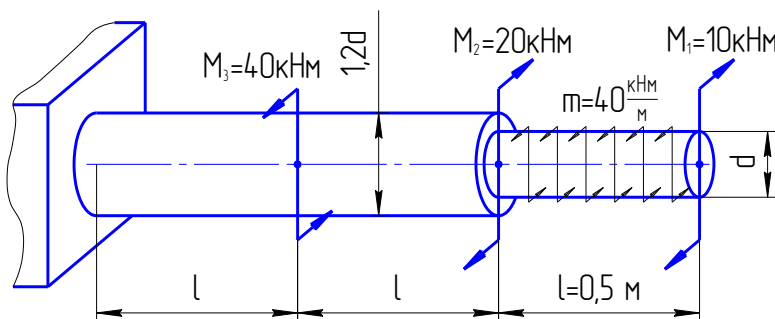
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.16. Комплект заданий для практического занятия №12

**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%.

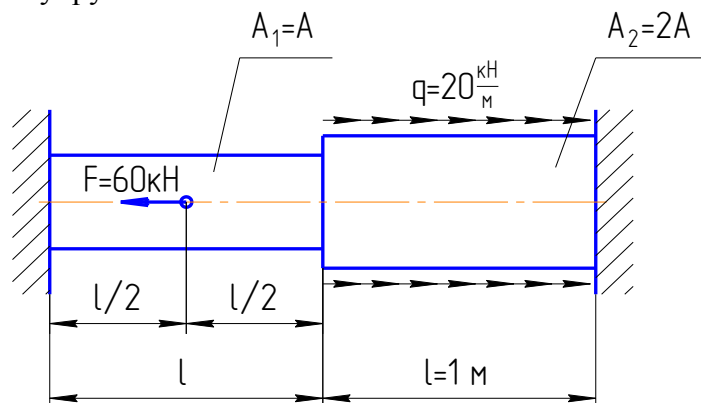
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.17. Комплект заданий для практического занятия №13

#### 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%.

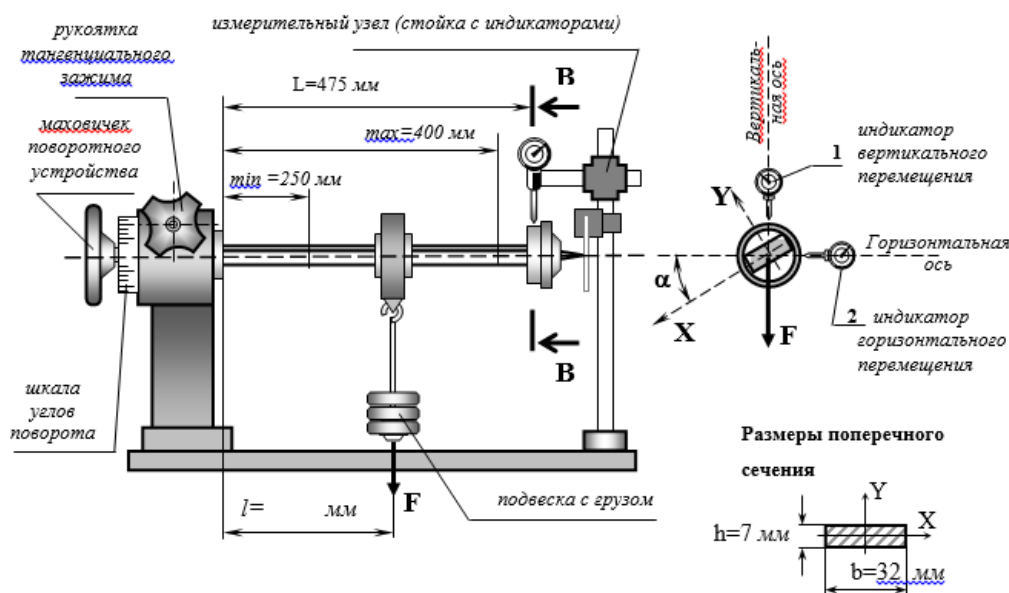
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.18. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №5

#### Тема: «Определение перемещений при косом изгибе»

##### Типовой пример задания

Экспериментально и теоретически определить значение и направление полного перемещения свободного конца консольной балки при косом изгибе, если  $F = 10 \text{ Н}$ ,  $\alpha = 75^\circ$ ,  $l = 300 \text{ мм}$ .



##### Критерии оценки:

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

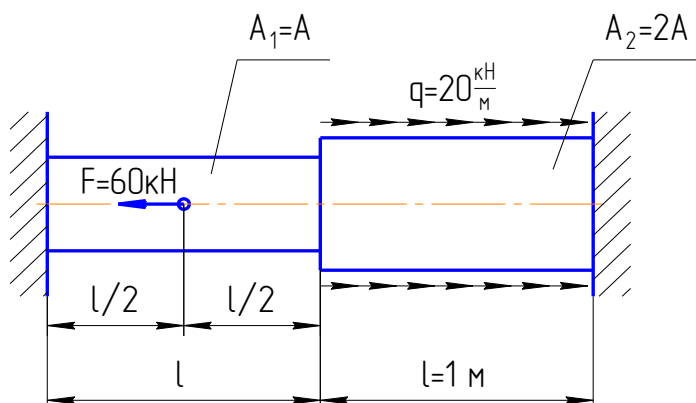
1 балл - если работа выполнена правильно в объеме 40-70%.

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

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

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%.

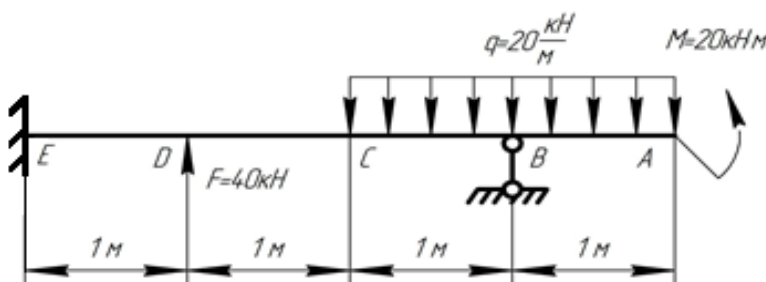
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

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

Тема: «Расчет статически неопределимых балок при изгибе»

Типовой пример задания

Для данной балки раскрыть статическую неопределенность, подобрать из условия прочности в качестве поперечного двутавровый профиль, если  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .



**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%.

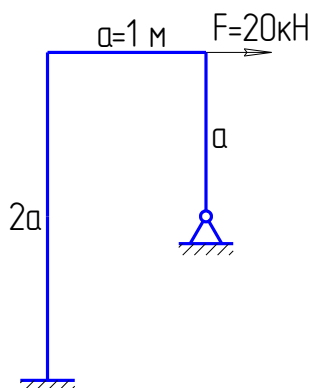
### 7.2.21. Комплект заданий для практического занятия №16

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:

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

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

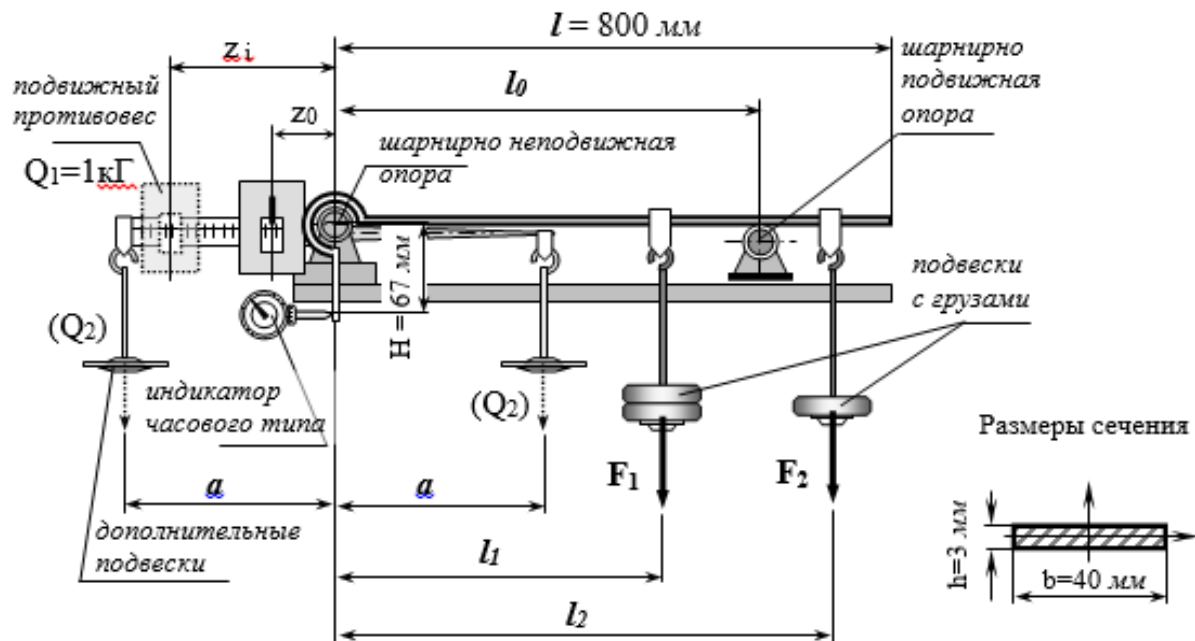
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.22. Комплект заданий для 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%.

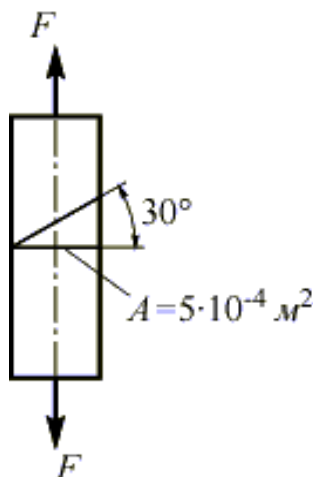
0 баллов - если работа выполнена правильно в пределах 0-40%.

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

#### Тема: «Определение напряжений с помощью круга Мора»

##### Типовой пример задания

В стержне с площадью поперечного сечения  $A = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , растягиваемом силой  $F = 50 \text{ кН}$ , определить с помощью круга Мора нормальное и касательное напряжения, возникающие на площадке, наклоненной под углом  $30^\circ$  к поперечному сечению стержня:



##### Критерии оценки:

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

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

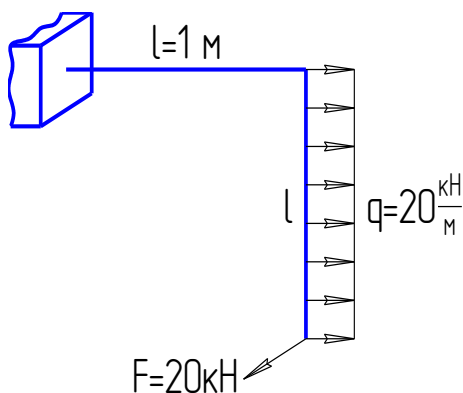
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.24. Комплект заданий для практического занятия №18

#### Тема: «Расчет на прочность пространственно ломаного бруса»

##### 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%.

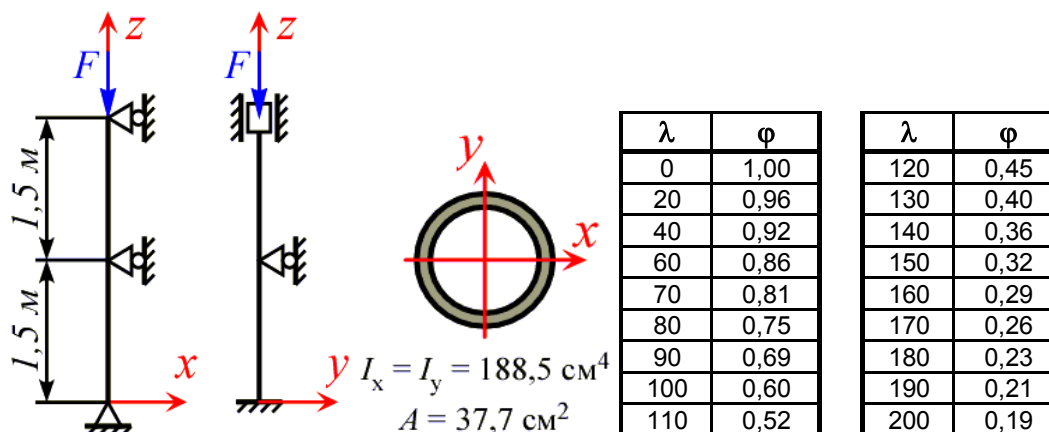


### 7.2.25. Комплект заданий для практического занятия №19

#### Тема: «Определение грузоподъемности сжатого гибкого стержня»

##### 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%.

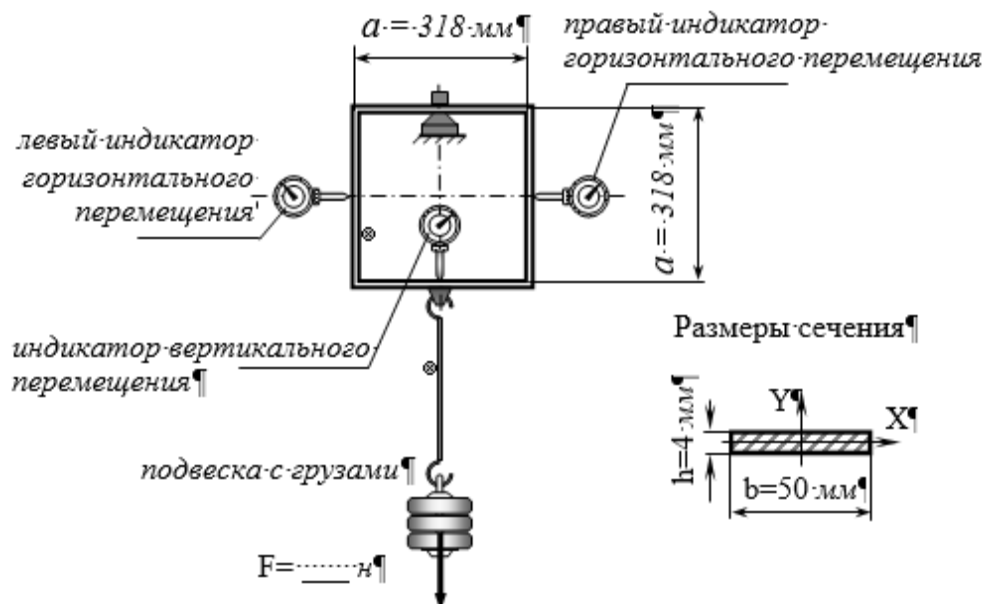
1 балл - если задача выполнена правильно в объеме 40-70%.

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

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

#### Тема: «Определение перемещений в статически неопределимом замкнутом контуре»

##### Типовой пример задания



Экспериментально и теоретически определить значения горизонтального и вертикального перемещений в статически неопределимом замкнутом контуре. Сравнить результаты и сделать выводы.

**Критерии оценки:**

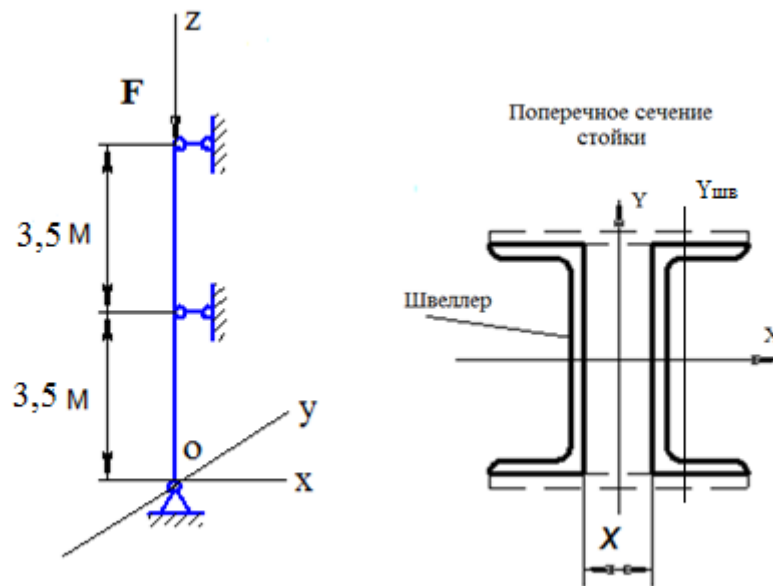
2 балла - если работа выполнена правильно в объеме 70-100%.

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

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

**7.2.27. Комплект заданий для практического занятия №20****Тема: «Расчет сжатой стойки на устойчивость»****Типовой пример задания**

Стойка, имеющая поперечное сечение в виде двух швеллеров № 12, нагружена осевой сжимающей нагрузкой  $F$ . Материал стойки Ст2 с  $[\sigma] = 140 \text{ МПа}$ . Условия закрепления одинаковы в плоскостях  $xoz$  и  $yoz$ .



Требуется определить:

- Расстояние «X» между ветвями стойки, обеспечивающее равноустойчивость конструкции.
- Величину допускаемой нагрузки, используя коэффициент продольного изгиба.
- Величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости.

**Критерии оценки:**

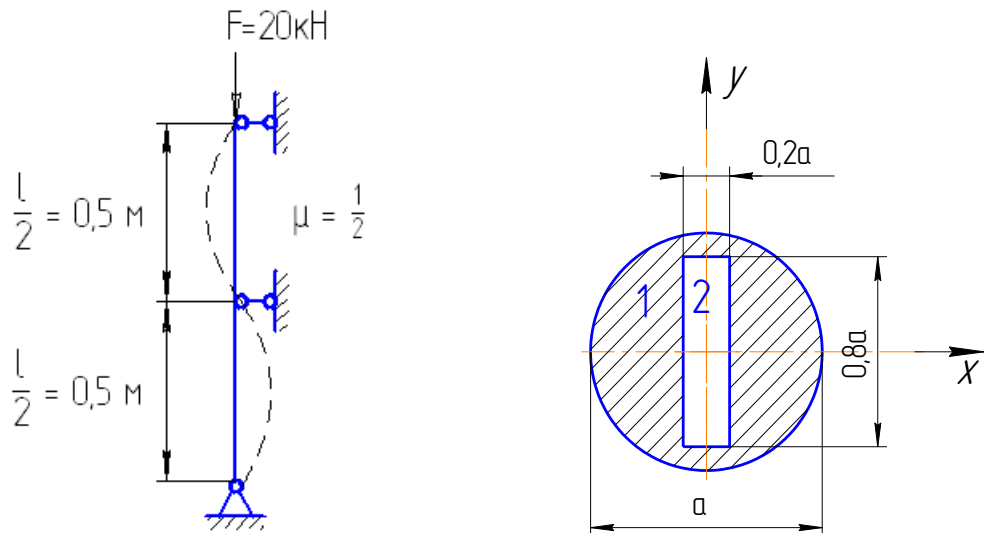
2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

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

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

**7.2.28. Комплект заданий для практического занятия №21****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%.

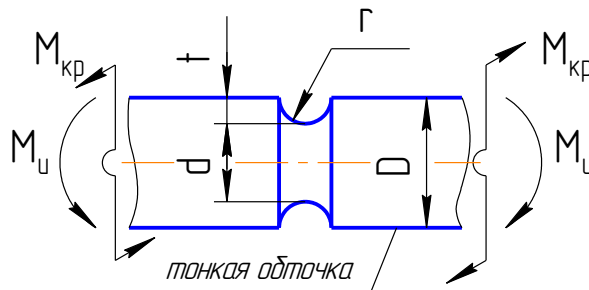
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

## 7.2.29. Комплект заданий для практического занятия №22

### 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:  $M_{и}^{max} = 0,8 \text{ кНм}$ ,  $M_{и}^{min} = -0,8 \text{ кНм}$ , крутящего момента –  $M_{кр}^{max} = 2 \text{ кНм}$ ,  $M_{кр}^{min} = 0$ . 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:  $\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_T = 800 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{-1} = 400 \text{ МПа}$ ,  $\tau_T = 390 \text{ МПа}$ ,  $\tau_{-1} = 240 \text{ МПа}$ . 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%.

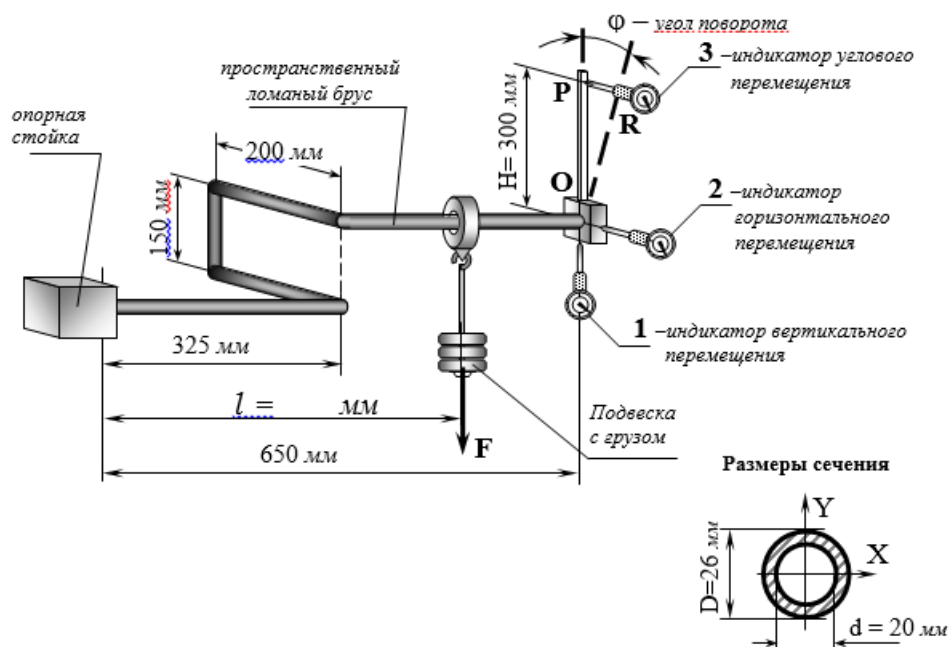
0 баллов - если задача выполнена правильно в пределах 0-40%.

### 7.2.30. Комплект заданий для лабораторно-практического занятия №8

#### 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%.

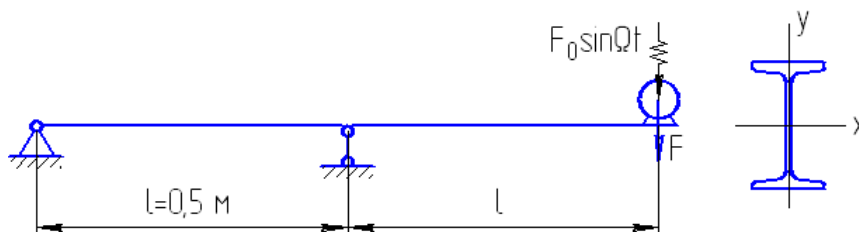
0 баллов - если работа выполнена правильно в пределах 0-40%.

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

#### 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:**

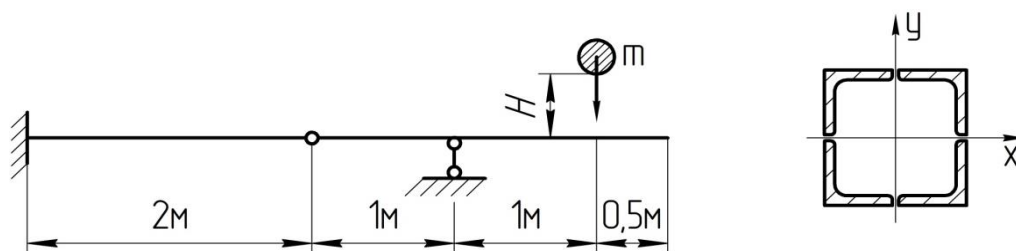
2 балла - если задача выполнена правильно в объеме 70-100%.

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

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

**7.2.32. Комплект заданий для практического занятия №24****Тема: «Расчет на прочность и жесткость балки при поперечном ударе»****Типовой пример задания**

На заданную балку с высоты  $H = 0,5 \text{ м}$  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  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ . Проверить выполнение условия жесткости, приняв  $[\delta] = 3 \text{ мм}$ . 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>РГР №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>РГР №2.</b> Расчет на прочность и жесткость при растяжении-сжатии	
2.1.	Расчет на прочность и жесткость ступенчатого бруса
<b>РГР №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>РГР №4.</b> Расчет статически неопределимых систем методом сил	
4.1.	Расчет на прочность и жесткость статически неопределимых рам
<b>РГР №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>РГР №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

### 7.2.33. Комплект задач для РГР №1

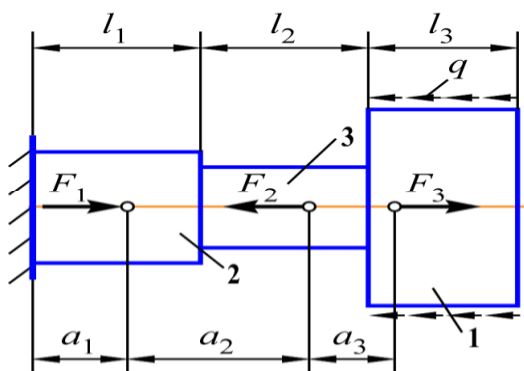
Номер варианта для всех РГР представляет собой трехзначное число, которое назначается преподавателем. Каждая цифра имеет вариативность, равную 10, и определяет указанную группу данных.

#### 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  $N$ .



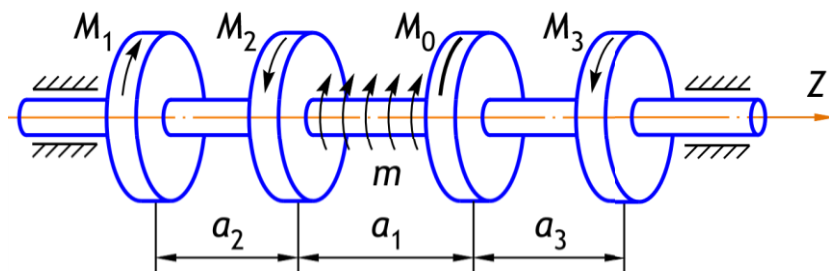
Где:  $F_1=20\text{кН}$ ,  $F_2=10\text{кН}$ ,  $F_3=30\text{кН}$ ,  $q=20\text{кН/м}$ ,  $l_1=0,8\text{м}$ ,  $l_2=1,5\text{м}$ ,  $l_3=1,2\text{м}$ ,  $a_1=0,5\text{м}$ ,  $a_2=1,4\text{м}$ ,  $a_3=0,7\text{м}$ .

#### 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%.

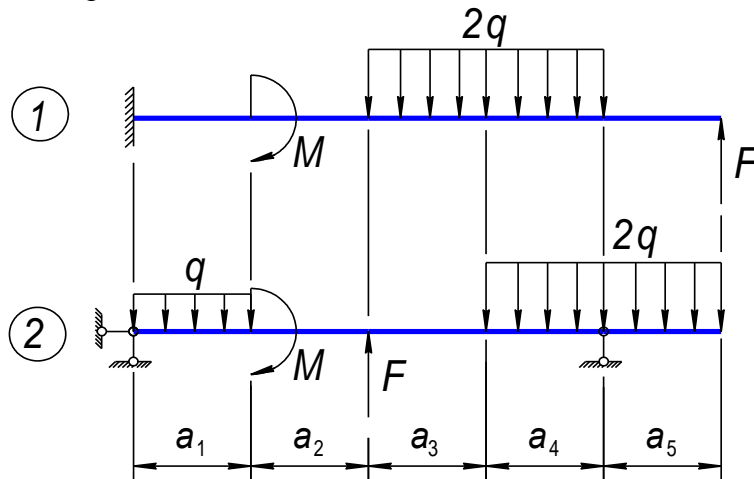
0 баллов – если задачи выполнены правильно менее чем на 40%.

### 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.

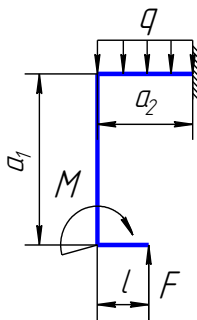


Схема 1

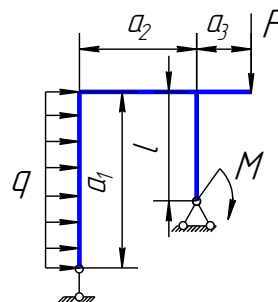


Схема 2

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



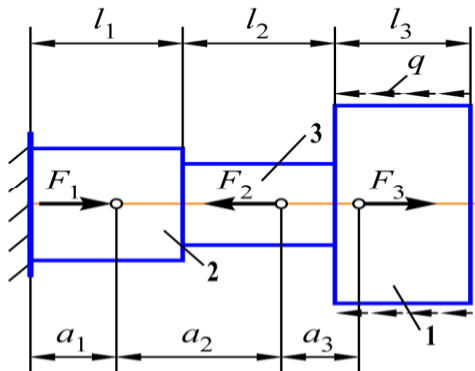
**Критерии оценки:**

- 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%.

**7.2.34. Комплект задач для РГР №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 – РГР №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.



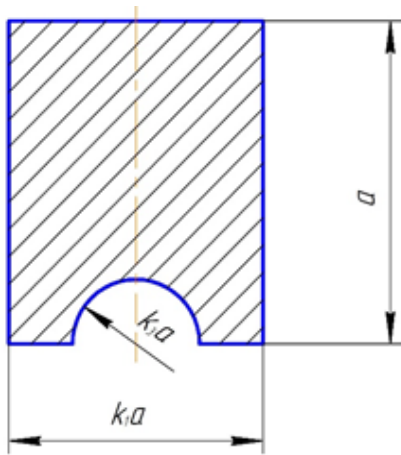
Принять:  $F_1=20\text{кН}$ ,  $F_2=10\text{кН}$ ,  $F_3=30\text{кН}$ ,  $q=20\text{кН/м}$ ,  $l_1=0,8\text{м}$ ,  $l_2=1,5\text{м}$ ,  $l_3=1,2\text{м}$ ,  $a_1=0,5\text{м}$ ,  $a_2=1,4\text{м}$ ,  $a_3=0,7\text{м}$ . Материал Сталь 40,  $\sigma_T=340\text{МПа}$ ,  $n_T=1,8$ .

**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%.

**7.2.35. Комплект задач для РГР №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 РГР №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%.

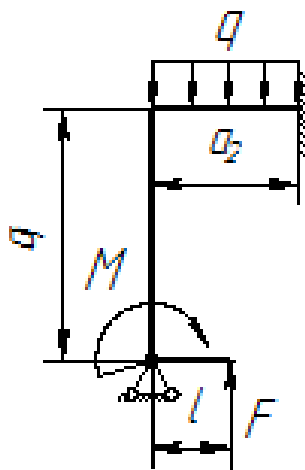
#### 7.2.36. Комплект задач для РГР №4

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

##### Типовой пример задачи

На статически определимой раме (РГР №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:  $EI_x = \text{const}$ .

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%.

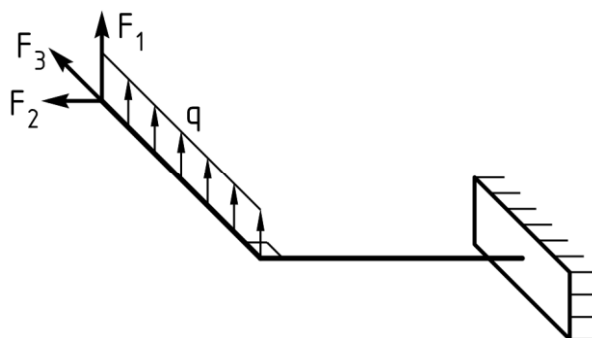
2 балла – если работа выполнена правильно в объеме 40-50%.

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

#### 7.2.37. Комплект задач для РГР №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%.

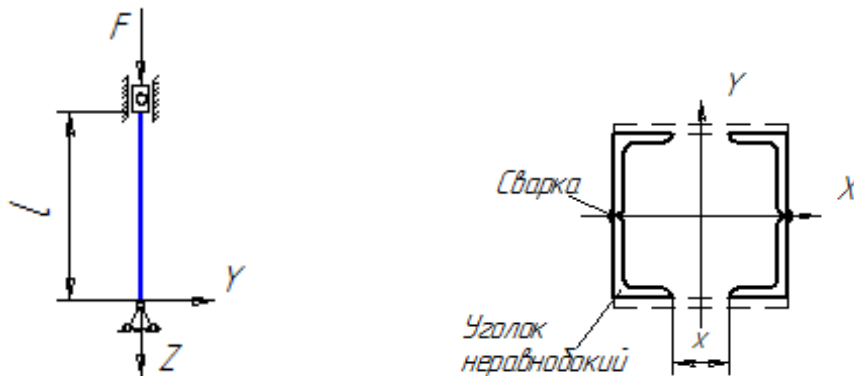
### 7.2.38. Комплект задач для РГР №6

#### 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%.

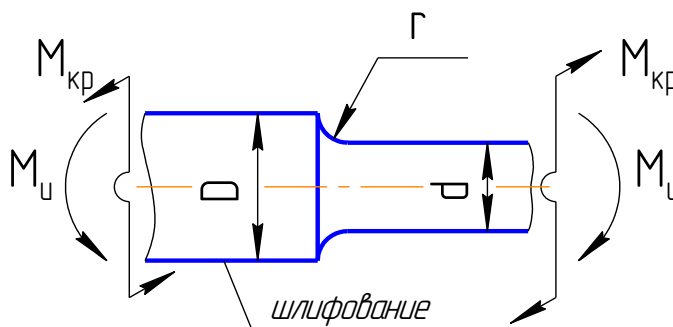
#### Задача 6.2.

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 зачету
1	Цели и задачи сопротивления материалов
2	Основные допущения и принципы сопротивления материалов
3	Внешние и внутренние силы
4	Расчетные схемы
5	Модели прочностной надежности
6	Основные виды расчетов в сопротивлении материалов
7	Метод сечений
8	Классификация простейших видов нагружения
9	Растяжение-сжатие. Построение эпюр ВСФ
10	Примеры построения эпюры продольной силы $N$
11	Определение напряжений при растяжении-сжатии
12	Деформации при растяжении-сжатии. Коэффициент Пуассона
13	Закон Гука при растяжении-сжатии
14	Испытание на растяжение. Характеристики прочности и пластичности. Явление наклепа
15	Испытание на сжатие. Особенности испытания на сжатие
16	Пластичные и хрупкие материалы. Особенности их поведения при растяжении и сжатии
17	Расчет на прочность при растяжении-сжатии
18	Виды расчетов на прочность
19	Понятие равнопрочного стержня
20	Расчет на жесткость при растяжении-сжатии. Построение эпюры перемещений.
21	Геометрические характеристики плоских сечений, их определения.
22	Главные оси и главные моменты инерции
23	Формулы для определения главных центральных моментов инерции простейших сечений: прямоугольника, треугольника, круга, кольца
24	Теорема о суммировании моментов инерции
25	Теорема о преобразовании моментов инерции при параллельном переносе осей
26	Теорема о преобразовании моментов инерции при повороте осей
27	Определение положения центра тяжести сложной фигуры
28	Чистый сдвиг и его особенности
29	Закон Гука при чистом сдвиге
30	Кручение стержней круглого поперечного сечения. Построение эпюр ВСФ.
31	Примеры построения эпюры крутящих моментов $M_z$
32	Определение касательных напряжений при кручении
33	Полярный момент сопротивления
34	Условие прочности при кручении
35	Перемещения при кручении. Построение эпюры углов закручивания
36	Условие жесткости при кручении: в абсолютных и в относительных углах закручивания
37	Расчет на срез и смятие
38	Плоский изгиб. Построение эпюр ВСФ
39	Примеры построения эпюры поперечной силы $Q_y$
40	Примеры построения эпюры изгибающих моментов $M_x$

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

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
3	зачет (по накопительному рейтингу)	«зачтено»	Если итоговый рейтинг составляет 40 и более баллов
		«не зачтено»	Если итоговый рейтинг составляет менее 40 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	2019	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	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standard	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., 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 "Соппротивление 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