

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
 (ВлГУ)



и.ч  
А.А.Панфилов  
«03» 09 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки** 44.03.05 «Педагогическое образование»

**Профиль подготовки** Технология. Экономическое образование

**Уровень высшего образования** бакалавриат

**Форма обучения** очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экз./зачет/зачет с оценкой)
3	3/108	18	-	18	36	Экзамен (36)
Итого	3/108	18	-	18	36	Экзамен (36)

Владимир, 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Сопротивление материалов» являются:

- изучение и освоение студентами теоретических положений курса, положенных в основу инженерных методов расчёта типовых элементов конструкций на прочность и жесткость в условиях статических нагрузок и при циклически изменяющихся напряжениях;
- развитие навыков выбора расчётной схемы типовых элементов конструкций при различных видах деформаций;
- развитие умений и навыков практических расчётов на прочность, жесткость типовых элементов конструкций при статических видах нагружения, ознакомление с методами расчётов на устойчивость и на усталостную прочность;
- освоение студентами экспериментальных методов определения механических характеристик материалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Сопротивление материалов» является дисциплиной вариативной части учебного плана.

Пререквизиты дисциплин: «Математика», «Черчение и графика», «Физика», «Теоретическая механика», «Материаловедение».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП.

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
<b>ОК-3 – способность использовать естественно-научные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве</b>	Частичное	1) <b>знать</b> особенности использования естественно-научных и математических знаний для ориентирования в современном информационном пространстве; 2) <b>уметь</b> использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве; 3) <b>владеть</b> технологиями использования естественнонаучных и математических знаний для ориентирования в современном информационном пространстве.
<b>ПК – 6 – готовность к взаимодействию с участниками образовательного процесса</b>	Частичное	1) <b>знать</b> основы сопротивления материалов необходимые для взаимодействия участников образовательного процесса; 2) <b>уметь</b> применять знания сопротивления материалов необходимые для взаимодействия участников образовательного процесса; 3) <b>владеть</b> навыками применения современного технологического анализа для решения исследовательских задач в области образования.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (no семес-трам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	CPC	
1	Введение. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Напряжения и деформации.	3	1, 2	2		2	4	1/25
2	Растяжение и сжатие. Закон Гука. Коэффициент Пуассона. Определение перемещений. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям.	3	3, 4	2		2	4	2/50
3	Сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Кручение. Расчет на прочность и жесткость валов круглого поперечного сечения.	3	5, 6	2		2	4	1/25
4	Геометрические характеристики сечений бруса. Статические моменты и моменты инерции сечения. Главные оси и главные моменты инерции.	3	7, 8	2		2	4	1/25
5	Прямой изгиб. Расчет на прочность балок. Условие прочности.	3	9, 10	2		2	4	2/50
6	Сложное сопротивление. Изгиб с кручением круглых валов. Расчет на прочность.	3	11, 12	2		2	4	1/25
7	Устойчивость равновесия сжатых стержней. Задача Эйлера. Расчеты на устойчивость.	3	13, 14	2		2	4	2/50
8	Усталостная прочность. Усталостное разрушение.	3	15, 16	2		2	4	1/25

	Характеристики циклов. Кривая Вёлера. Предел выносливости при симметричном цикле нагружения.							
9	Усталостная прочность. Диаграмма предельных амплитуд. Запас усталостной прочности.	3	17, 18	2	2	4	2/50	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за 3 семестр</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>13/36</b>	<b>Экзамен (36)</b>
<b>Наличие в дисциплине КП/КР</b>								
<b>Итого по дисциплине</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>13/36</b>	<b>Экзамен (36)</b>

### *Содержание лекционных занятий по дисциплине*

Тема 1. Введение. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Напряжения и деформации. Простые виды деформаций. Допущения о свойствах материала элементов конструкций. Классификация нагрузок. Изучаемые объекты и расчетные схемы.

Тема 2. Раастяжение-сжатие. Закон Гука. Коэффициент Пуассона. Осевое раастяжение. Определение деформаций и перемещений. Расчет на прочность прямых стержней по допускаемым напряжениям. Условие прочности. Диаграмма раастяжения материала.

Тема 3. Сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Деформация при кручении. Внутренние усилия в поперечных сечениях валов. Напряжения в поперечных сечениях вала при кручении. Касательные напряжения. Построение эпюр крутящих моментов. Определение напряжений и углов закручивания при кручении валов круглого поперечного сечения. Расчеты на прочность и жесткость.

Тема 4. Геометрические характеристики поперечных сечений бруса. Статические моменты и моменты инерции сечения. Главные оси и главные моменты инерции. Полярные моменты инерции и полярные моменты сопротивления полых и сплошных валов круглого поперечного сечения.

Тема 5. Прямой изгиб. Опорные реакции. Внутренние усилия в поперечных сечениях балки при изгибе. Правило знаков для поперечных сил и изгибающих моментов. Эпюры внутренних усилий. Касательные напряжения в сечениях балки при изгибе. Экстремальные касательные напряжения при изгибе. Распределение напряжений по сечению. Расчет на прочность балок. Условие прочности.

Тема 6. Сложное сопротивление. Изгиб с кручением круглых валов. Внутренние усилия, действующие на вал при изгибе с кручением. Расчет на прочность. Продольный изгиб. Усилия и напряжения при продольном изгибе. Косой изгиб. Усилия и напряжения при косом изгибе.

Тема 7. Устойчивость равновесия сжатых стержней. Задача Эйлера. Расчеты на устойчивость.

Тема 8. Усталостная прочность. Усталостное разрушение. Характеристики циклов напряжений. Разновидности циклов напряжений. Предел выносливости. Кривые усталости. Кривая Вёлера. Предел выносливости при симметричном цикле нагружения.

Тема 9. Усталостная прочность. Диаграмма предельных амплитуд. Запас усталостной прочности. Факторы, влияющие на усталостную прочность материала.

## **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

**Лабораторная работа № 1. Раствжение-сжатие.** Построение эпюр нормальных сил. Расчет на прочность и жесткость стержней.

**Расчет на прочность и жесткость прямых стержней при растяжении и сжатии.** Построение эпюр нормальных сил, определение размеров поперечных сечений, построение эпюр нормальных напряжений и перемещений сечений стержня.

**Лабораторная работа № 2. Статические испытания образцов материала на растяжение.** Пределы текучести и прочности при растяжении.

**Механические характеристики низкоуглеродистых и качественных сталей при деформации растяжения.** Обработка диаграммы растяжения. Вычисление пределов: пропорциональности, упругости, текучести, прочности и истинного и условного напряжения разрушения образца. Вычисление относительного удлинения образца. Определение марки стали исследуемого образца.

**Лабораторная работа № 3. Кручение.** Построение эпюр крутящих моментов. Расчет на прочность и жесткость валов.

**Расчет стержня круглого поперечного сечения на прочность при кручении.** Построение эпюр крутящих моментов валов. Определение размеров поперечного сечения и углов закручивания.

**Лабораторная работа № 4. Статические испытания образцов материала на сжатие.** Пределы текучести и прочности при сжатии.

**Механические характеристики чугуна, стали и древесины (вдоль и поперек волокон) при деформации сжатия.** Обработка диаграммы сжатия. Вычисление пределов: пропорциональности, упругости, текучести, прочности и истинного и условного напряжения разрушения образца. Вычисление относительного уменьшения длины образца.

**Лабораторная работа № 5. Прямой изгиб.** Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

**Чистый сдвиг.** Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости второго рода. Закон парности касательных напряжений. Момент инерции поперечного сечения бруса. Момент инерции, главные моменты инерции. Напряжения при изгибе. Прочность при изгибе.

**Лабораторная работа № 6. Испытание стержня круглого поперечного сечения на кручение.** Определение напряжений и углов закручивания.

**Деформация кручения.** Геометрические характеристики поперечных сечений бруса. Статические моменты сечения. Моменты инерции поперечного сечения бруса. Прочность и жесткость при кручении бруса с круглым поперечным сечением. Моменты инерции поперечного сечения бруса. Напряжения и перемещения при кручении бруса с круглым поперечным сечением. Эпюры крутящих моментов. Эпюры крутящих моментов для бруса с круглым поперечным сечением. Относительный и абсолютный угол закручивания.

**Лабораторная работа № 7. Прямой изгиб.** Условие прочности .Расчет на прочность шарнирных балок.

**Расчет на прочность балок при изгибе.** Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Определение размеров поперечных сечений.

**Лабораторная работа № 8. Испытание балки на прямой изгиб.** Определение напряжений и максимального прогиба.

Лабораторная работа № 9. Прямой изгиб. Расчет на прочность консольных и шарнирно-консольных балок.

Консольные шарнирно-консольные балки. Внутренние силовые факторы, возникающие в поперечных сечениях бруса при изгибе. Напряжения при чистом изгибе. Расчет на прочность при изгибе. Опорные реакции балок. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

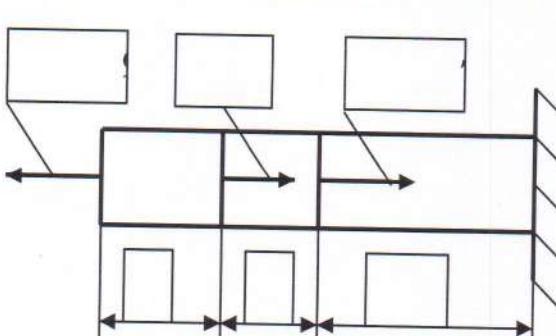
Изучение дисциплины «Сопротивление материалов» предполагает сочетание лекционного курса, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов. В преподавании дисциплины «Сопротивление материалов» используются разнообразные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- ролевые игры (тема 2)
- групповые дискуссии (темы 3,5,9)
- мозговой штурм (темы 4, 7)
- анализ ситуации (темы 6, 8)
- тренинг (темы 2,3,5).

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Рейтинг-контроль 1 (Деформация растяжения и сжатия)

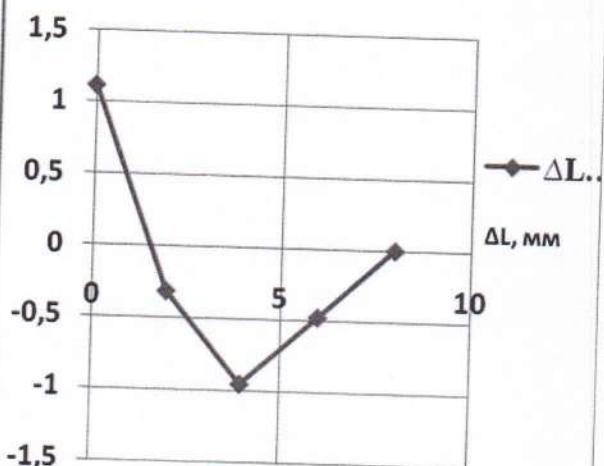
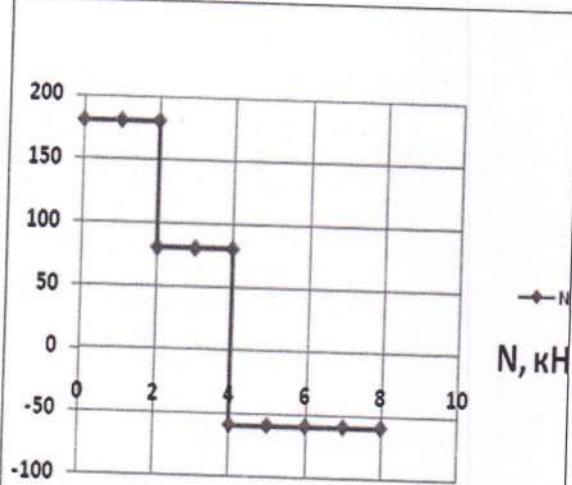
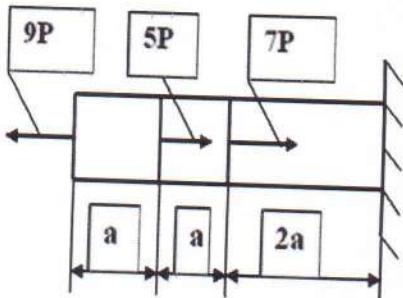
	<p>Стальной стержень круглого поперечного сечения нагружен продольными силами. Построить эпюры нормальных сил и перемещений. Определить диаметр стержня, если допускаемое напряжение <math>[\sigma] = 160</math> МПа, модуль упругости <math>E = 2 \cdot 10^5</math> МПа. <math>P = 20</math> кН, <math>a = 2</math> м.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Решение

1. Для построения эпюры, т.е. графика нормальных сил, применим метод сечений. Если строить график слева, то не нужно определять опорные реакции, т.к. опора (заделка) находится справа. Правило знаков для нормальной силы: если внешняя сила направлена от сечения, т.е. она растягивает стержень в месте этого сечения, то нормальная сила положительна  $N > 0$ . Если внешняя сила направлена к сечению, т.е. она сжимает стержень, то нормальная сила отрицательна  $N < 0$ . Обозначим продольную ось стержня  $x$ . Тогда на первом участке слева  $0 \leq x \leq a$ . В соответствии с методом сечений мысленно рассечём стержень на первом участке на расстоянии  $x$  от левого конца. Нормальная сила в этом сечении равна по правилу сумме проекций на ось  $x$  всех внешних сил, действующих слева (или справа) от рассматриваемого сечения. То есть  $N_1 = \sum_{\text{слева}} X_i = 9P = 180 \text{ кН}$ . (Если внешняя сила совпадает с осью, на которую она проектируется, или параллельна этой оси, то проекция равна самой силе, т.е. совпадает с ней. Если внешняя сила  $P$  отклоняется от оси  $x$  на угол  $\alpha$ , то проекция  $X_i = P * \cos \alpha$ ). На первом участке нормальная сила не зависит от  $x$ , т.е.  $N = \text{const}$ .

На втором участке  $a \leq x \leq 2a$  и нормальная сила  $N_2 = \sum_{\text{слева}} X_i = 9P - 5P = 80 \text{ кН}$ . На третьем участке  $2a \leq x \leq 4a$  и нормальная сила  $N_3 = \sum_{\text{слева}} X_i = 9P - 5P - 7P = -60 \text{ кН}$ .

Результаты расчёта показаны на эпюре нормальных сил.



2. Определять размер поперечного сечения стержня необходимо по тому участку (или сечению), в котором действует наибольшая по абсолютной величине нормальная сила. Это первый участок, на котором  $N_{\max} = 180 \text{ кН}$ .

Условие прочности при растяжении:  

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{F} \leq [\sigma],$$

где  $\sigma_{\max}$  – максимальное нормальное напряжение в поперечном сечении стержня;  $F$  – площадь поперечного сечения стержня;  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение.

3. Построение эпюры перемещений следует начинать с третьего участка, т.к. сечение в заделке закреплено и его перемещение равно 0. Это сечение принимается за точку отсчёта. Третий участок находится в сжатом состоянии, поэтому сечение, разделяющее третий и второй участки, приближается к заделке, этот участок становится короче. Это перемещение определяется по формуле (P06):  

$$\Delta L_3 = \frac{N_3}{E} * \frac{2a}{F} = \frac{-60 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5} * \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^5}{1256.6} = -0.955 \text{ мм.}$$

Из условия прочности  $F \geq \frac{N_{max}}{[\sigma]}$ .

Т.к. стержень круглого поперечного сечения, то диаметр стержня  $d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \geq \sqrt{\frac{4N_{max}}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4*180*10^3}{\pi*160}} = 37,85 \text{ мм.}$

Принимаем ближайшее большее число из ряда предпочтительных чисел  $d = 40 \text{ мм}$ . Площадь поперечного сечения стержня  $F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 1256,6 \text{ мм}^2$ .

Второй участок растянут, поэтому его сечение на границе с первым участком будет удаляться от заделки по сравнению с его правой границей:

$$\Delta L_2 = \Delta L_3 + \frac{N_2}{E} * \frac{a}{F} = -0,955 + \frac{80*10^3}{2*10^5} * \frac{2*10^5}{1256,6} = -0,955 + 0,637 = -0,318 \text{ мм.}$$

Первый участок также растянут, поэтому его торцевое сечение будет удаляться от заделки по сравнению с его границей со вторым участком:

$$\Delta L_1 = \Delta L_3 + \Delta L_2 + \frac{N_1}{E} * \frac{a}{F} = -0,955 + 0,637 + \frac{180*10^3}{2*10^5} * \frac{2*10^5}{1256,6} = -0,955 + 0,637 + 1,432 = 1,114 \text{ мм. Это ответ.}$$

Эпюра перемещений сечений стержня  $\Delta L$  приведена на рисунке.

## Рейтинг-контроль 2

### (Деформация кручения, задача на кручение валов)

Определить диаметр первичного вала редуктора и угол закручивания правого торцевого сечения вала по отношению к левому, если редуктор передает мощность  $N = 150 \text{ л.с.}$  при частоте вращения  $n = 1600 \text{ об/мин}$  и длине вала  $L = 0,8 \text{ м}$ .

Допускаемое напряжение  $[\tau] = 80 \text{ МПа}$ , а модуль сдвига  $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ .

Следует сделать округление диаметра до ближайшего чётного числа или до числа, оканчивающегося на 0 или на 5.

### Решение

В данной задаче задан не крутящий момент, передаваемый редуктором, а мощность и частота вращения. Эти параметры заданы несистемными единицами (л.с. и об/мин), которые по старой традиции до сих пор ещё применяются. Если мощность задана в лошадиных силах, её нужно перевести в системную единицу – в кВт, используя соотношение между этими единицами:  $1 \text{ кВт} = 1,36 \text{ л.с.}$

Тогда  $N = 150 \text{ л.с.} = 150/1,36 = 110,3 \text{ кВт} = 110,3 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ .

Частота вращения задана в оборотах в минуту. Для перевода её в системные единицы, т.е. в угловую скорость, следует применить формулу:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (k 14)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вала, радиан в секунду (рад/с или 1/с);

$n$  – частота вращения в оборотах в минуту (об/мин).

$$\text{Для нашей задачи } \omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi \cdot 1600}{30} = 167,6 \left(\frac{1}{\text{с}}\right).$$

Связь крутящего момента  $Mk$  в Нм·с<sup>2</sup> мощностью  $N$  в ваттах (Вт) и угловой скоростью  $\omega$  в 1/с при вращении тела (вала) выражается формулой:

$$Mk = \frac{N}{\omega}. \quad (k 15)$$

$$\text{В нашем примере } Mk = \frac{N}{\omega} = \frac{110,3 \cdot 10^3}{167,6} = 658,1 \text{ Нм} = 658,1 \cdot 10^3 \text{ Нмм.}$$

Для определения диаметра вала редуктора следует использовать формулу для определения максимального касательного напряжения и условия прочности при кручении вала с круглым поперечным сечением:

$$\tau_{\max} = Mk / W_p \leq [\tau], \quad (k8)$$

где  $[\tau] = [\sigma]/2$  – допускаемое касательное напряжение в МПа,

$$W_p - \text{полярный момент сопротивления поперечного сечения круглого сплошного вала } W_p = \pi D^3 / 16. \quad (k13)$$

На основе формул (k8) и (k13) определим диаметр вала:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{16Mk}{\pi[\tau]}}, \quad (k16)$$

$$\text{Результат вычисления } D \geq \sqrt[3]{\frac{16Mk}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 658,1 \cdot 10^3}{\pi \cdot 80}} = 3,47 \cdot 10 = 34,7 \text{ мм.}$$

Для согласования размерностей числителя и знаменателя подкоренного выражения крутящий момент  $Mk$  подставлен не в ньютонах, а в ньютономиллиметрах (для этого  $Mk = 658,1 \cdot 10^3$ ), т.к. допускаемое напряжение  $[\tau]$  выражается в Мегапаскалях (1 МПа = 1  $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \frac{10^6 \text{ Н}}{10^6 \text{ мм}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ ). Полученное значение диаметра вала следует округлить до ближайшего увеличенного числа из ряда предпочтительных чисел:  $D = 35 \text{ мм}$ .

Для определения угла закручивания  $\phi$  правого торцевого сечения вала по отношению к левому применяется формула:

$$\phi = Mk * L / GI_p, \quad (k9a)$$

где  $L$  – длина вала, мм;

$G$  – модуль сдвига, МПа;

$I_p$  – полярный момент инерции, который для круглого поперечного сечения сплошного вала равен  $I_p = \pi D^4 / 32 (\text{мм}^4)$ .  $(k11)$

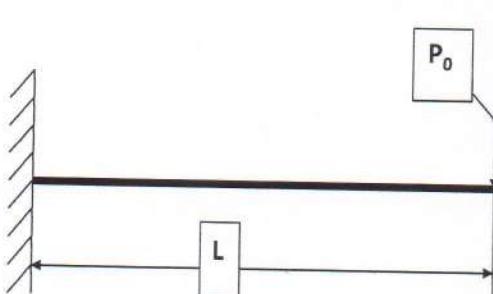
$$\text{Для нашего примера } I_p = \pi D^4 / 32 = \frac{\pi \cdot 35^4}{32} = 147323,5 \text{ мм}^4.$$

$$\text{Результат вычисления } \phi = Mk * L / GI_p = \frac{658,1 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^4 \cdot 147323,5} = 0,04467 \text{ рад} = 0,455 \cdot \frac{180}{\pi} = 2,559^\circ = 2^\circ 33'34''.$$

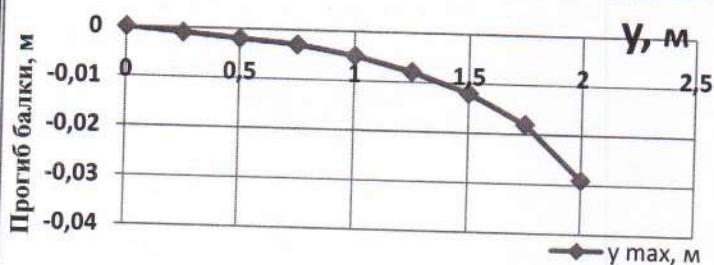
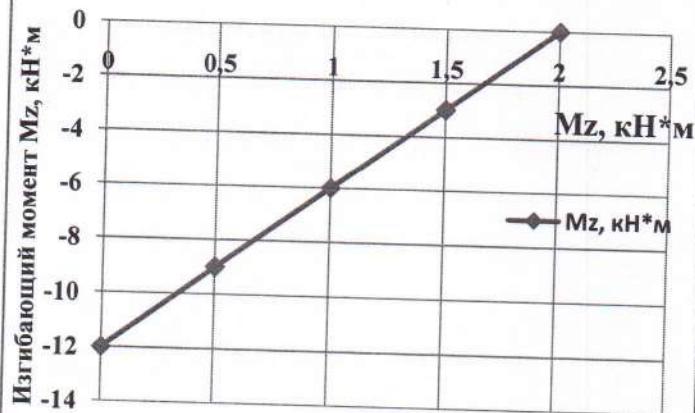
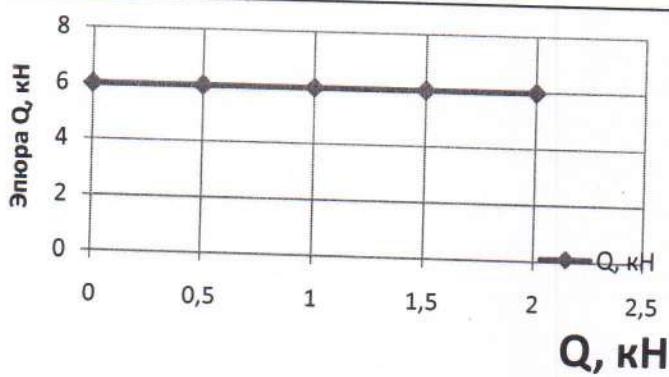
Ответ: диаметр вала  $D = 35 \text{ мм}$ , угол закручивания правого торцевого сечения вала по отношению к левому  $\phi = 2^\circ 33'34''$ .

### Рейтинг-контроль 3

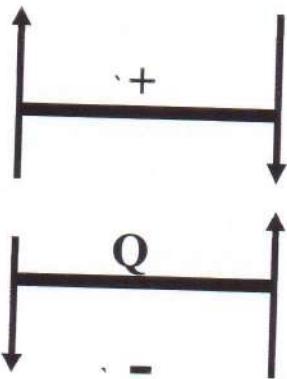
#### (Деформация изгиба, задача на изгиб 2)



Построить эпюры  $Q$  и  $M_z$ .  
Подобрать сечение прямоугольной деревянной балки с отношением размеров поперечного сечения  $H/B = 2$ , если допускаемое напряжение  $[\sigma] = 20 \text{ МПа}$ . Схема приведена на рисунке.  $P_0 = 6 \text{ кН}$ ,  $L = 2 \text{ м}$ .  
Определить максимальный прогиб балки, если модуль упругости  $E = 1 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ .



### Правило знаков для поперечной силы

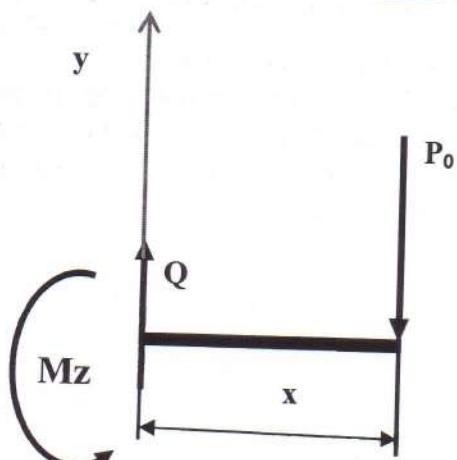


### Правило знаков для изгибающего момента

### Решение

1. Для построения эпюр Q и Mz применяется метод сечений. Если для этого идти слева, то предварительно нужно определить в заделке (в месте крепления балки) опорную реакцию и реактивный момент. Если строить эпюры справа, то этого можно не делать, т.к. справа все внешние силы известны.

На расстоянии  $x$  от правого конца

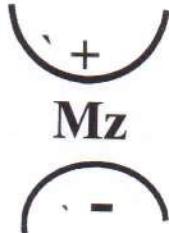


балки, причём  $0 \leq x \leq L$ , мысленно рассечём её на две части и отбросим левую часть, как показано на рисунке. К этому сечению приложим поперечную силу Q и изгибающий момент Mz.

Правило: поперечная сила в рассматриваемом сечении равна сумме проекций на вертикальную ось у всех

внешних сил, действующих на балку справа (для данного случая) от сечения, т.е.  $Q = \sum_{\text{справа}} Y_i$ . Справа действует только одна вертикальная внешняя сила  $P_0$ , которая проектируется в натуральную величину. Знак поперечной силы определяется с помощью схемы на рисунке следующим образом: если эпюра Q строится слева, то куда направлена внешняя сила, туда откладывается и поперечная сила.

Например, если внешняя сила (включая и опорные реакции) направлена вверх, то она создает положительную



поперечную силу. Если она направлена вниз, то отрицательную поперечную силу.

Если же эпюра строится справа, то всё наоборот: внешняя сила, направленная вверх, создает отрицательную поперечную силу, а направленная вниз – положительную поперечную силу.

В нашем примере внешняя сила  $P_0$  направлена вниз, следовательно, она создает положительную поперечную силу, равную этой внешней силе, т.е.  $Q = \sum_{\text{справа}} Y_i = +P_0 = 6 \text{ кН}$ . В этом уравнении нет « $x$ », значит, поперечная сила не зависит от  $x$  и оказывается постоянной по всей длине балки. Это показано на рисунке, на котором приведена эпюра  $Q$ . На левом конце балки в заделке возникает опорная реакция, равная  $P_0$  и направленная вверх, поэтому в этом месте эпюра замыкается.

Правило для определения изгибающего момента: изгибающий момент в рассматриваемом сечении равен сумме моментов всех внешних сил, действующих справа (для нашего примера) от рассматриваемого сечения, т.е.  $M_z = \sum_{\text{справа}} M_z(P_i)$ .

Правило знаков для изгибающего момента (см. схему): эпюра изгибающих моментов строится на сжатом волокне балки, т.е. если балка от внешних сил изгибается вогнутостью вверх, то изгибающий момент положителен, если вниз – отрицательный. Это правило знаков условное, применяется для машиностроительных специальностей. Строители применяют противоположное правило знаков – они строят эпюры на растянутом волокне.

В рассматриваемом сечении изгибающий момент  $M_z = \sum_{\text{справа}} M_z(P_i) = -P_0 * x$ . Таким образом, изгибающий момент является линейной функцией от  $x$ , т.к.  $x$  в первой степени. Для построения прямой, достаточно двух точек. При  $x = 0 M_z = 0$ . При  $x = L M_z = -P_0 * L = -6 * 2 = -12 \text{ кНм}$ . По этим точкам строится эпюра изгибающих моментов. В заделке действует максимальный изгибающий момент (по абсолютной величине)  $M_{zmax} = 12 \text{ кНм}$ . Такое же значение имеет и реактивный момент в заделке, поэтому эпюра  $M_z$  замыкается. По сечению в заделке и ведется расчёт балки на прочность. Вообще, цель построение эпюр заключается в выявлении максимального значения внутреннего силового фактора по абсолютной величине, в данном случае, максимального изгибающего момента.

## 2. Расчёт на прочность.

Условие прочности при изгибе имеет вид:

$$\sigma_{\max} = M_{zmax} / W_z \leq [\sigma]. \quad (\text{И6а})$$

В этом неравенстве нам известны максимальный изгибающий момент  $M_{zmax}$  и допускаемое напряжение  $[\sigma]$ . Решим его относительно осевого момента сопротивления:

$$W_z \geq M_{zmax}/[\sigma] = 12 * 10^6 / 20 = 0,6 * 10^6 \text{ мм}^3 = 600 * 10^3 \text{ мм}^3 = 600 \text{ см}^3.$$

При решении согласованы размерности изгибающего момента и допускаемого напряжения:  $M_{zmax} = 12 \text{ кНм} = 12 * 10^6 \text{ Нм}$ , т.к.  $[\sigma] = 20 \text{ МПа} = 20 \text{ Н/мм}^2$ .

Оевой момент сопротивления для прямоугольного поперечного сечения балки определяется по формуле:

$$W_z = B * H^2 / 6, \quad (\text{И9})$$

т.к. по условию  $H/B = 2$ , т.е.  $H = 2B$ , то

$$W_z = 2B^3 / 3 \text{ и } B = \sqrt[3]{\frac{3W_z}{2}} = \sqrt[3]{\frac{3 * 600 * 1000}{2}} = 96.5 \text{ мм.}$$

Примем  $B = 100 \text{ мм}$  и  $H = 2B = 200 \text{ мм}$ .

## 3. Определение максимального прогиба балки

Максимальный прогиб балки, защемленной одним концом и нагруженной сосредоточенной силой на другом конце, определяется по формуле (без вывода):

$$y_{\max} = \frac{P * L^3}{3EI_z},$$

где  $P$  – сосредоточенная сила на конце. В нашем примере  $P = P_0$ ;  $L$  – длина балки, мм;  $E$  – модуль упругости первого рода, МПа;  $I_z$  – осевой момент инерции,  $\text{мм}^4$ . Этот прогиб возникает на свободном конце балки, где приложена сосредоточенная сила. На другом конце балки, где заделка, прогиб равен нулю.

Осевой момент инерции для прямоугольного поперечного сечения балки определяется по формуле:

$$I_z = B * H^3 / 12, \quad (I8)$$

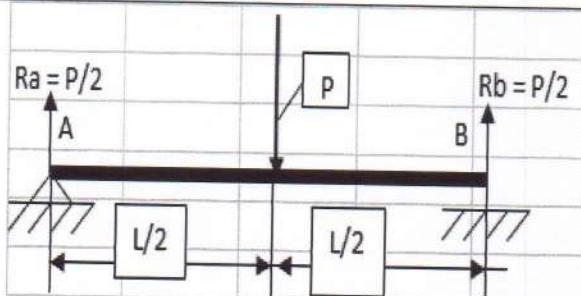
Для  $B = 100 \text{ мм}$  и  $H = 2B = 200 \text{ мм}$   $I_z = 6,667 * 10^7 \text{ мм}^4$ .

Максимальный прогиб балки (см. эпюру перемещений) равен:

$$y_{\max} = \frac{P * L^3}{3EI_z} = (6000 * 8 * 10^9) / (3 * 10^4 * 6,667 * 10^7) = 28,7 \text{ мм.}$$

Ответ: Размеры прямоугольного поперечного сечения деревянной балки  $B = 100 \text{ мм}$  и  $H = 2B = 200 \text{ мм}$ . Максимальный прогиб балки  $y_{\max} = 28,7 \text{ мм}$ .

### Задача на изгиб 2



Построить эпюры  $Q$  и  $M_z$ .

Подобрать сечение стальной балки двутаврового сечения. Схема приведена на рисунке.

$P = 60 \text{ кН}$ ,  $L = 6 \text{ м}$ . Допускаемое напряжение  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

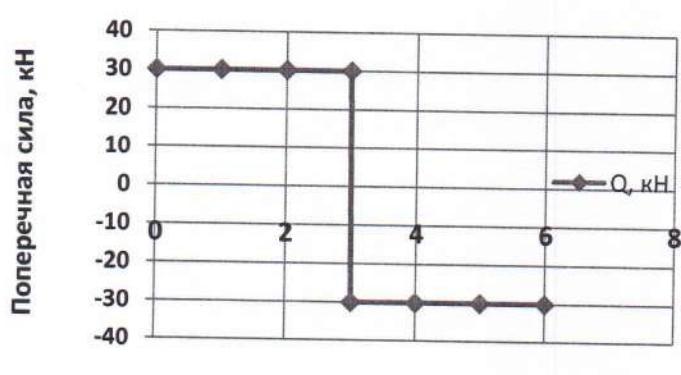
Определить максимальный прогиб балки, если модуль упругости  $E = 2 * 10^5 \text{ МПа}$ .

Решение.

1. Для построения эпюр  $Q$  и  $M_z$  применяется метод сечений. Так как сосредоточенная сила приложена посередине балки, то опорные реакции равны половине приложенной нагрузки, т.е.  $R_a = R_b = 30 \text{ кН}$ .

Если эпюру поперечных сил строить слева на расстоянии  $x$  от опоры А (при  $0 \leq x \leq L/2$ ), то с учётом правила знаков (см. задачу 3)  $Q = \sum_{\text{слева}} Y_i = R_a = 30 \text{ кН}$ .

#### Эпюра поперечных сил $Q$ , кН



## Эпюра изгибающих моментов

$$Mz = f(x), \text{ кНм}$$



На левой половине пролета поперечная сила не зависит от x: Q = const. Это видно на рисунке. При  $L/2 \leq x \leq L$  слева от сечения на расстоянии x от левого конца находятся уже две силы Ra и P. В этом случае  $Q = \sum \text{слева} Y_i = Ra - P = -30 \text{ кН}$ . Поперечная сила также не зависит от x и постоянна на правой половине пролета. На эпюре Q в середине балки виден скачок на величину силы P = 60 кН.

2. Изгибающий момент на расстоянии x от опоры A (при  $0 \leq x \leq L/2$ ) определяется по формуле  $Mz = \sum \text{слева} Mz(P_i) = Ra * x$ . Знак момента положителен, т.к. балка прогибается вогнутостью вверх. В формуле значение «x» в первой степени, следовательно, график момента – прямая линия. При  $x = 0$  момент  $Mz = 0$ . При  $x = L/2$  момент  $Mz = Mz_{max} = PL/4 = 90 \text{ кН·м}$ . Такое же значение момента будет, если строить эпюру справа.

3. Для определения поперечного сечения балки запишем условие прочности при изгибе:

$$\sigma_{max} = Mz_{max} / Wz \leq [\sigma].$$

Определим момент сопротивления поперечного сечения балки и подставим числовые значения максимального изгибающего момента и допускаемого напряжения:

$$Wz \geq Mz_{max}/[\sigma] = 90 * 10^6 / 160 = 562,5 * 10^3 \text{ мм}^3 = 562,5 \text{ см}^3.$$

Подбираем двутавр по полученному значению момента сопротивления в таблицах сортамента прокатной стали по ГОСТ 8239-72. Эти данные содержатся в учебниках и задачниках по сопротивлению материалов.

Результат: двутавр № 33, высота профиля 330 мм, масса 1 погонного метра – 42,2 кг, момент сопротивления  $Wz = 597 \text{ см}^3$ , осевой момент инерции  $I_z = 9840 \text{ см}^4$ .

4. Максимальный прогиб балки, опертой на две опоры по концам и нагруженной в середине пролета, находится в этой середине пролета и определяется по приведенной формуле (без вывода). Он равен:

$$y_{max} = \frac{P * L^3}{48EI_z} = (90000 * 216 * 10^9) / (48 * 2 * 10^5 * 9840 * 10^4) = 13,7 \text{ мм.}$$

Шестиметровая стальная балка из двутавра № 33 прогнулась в середине пролета от сосредоточенной силы 60 кН (6 тс) на 13,7 мм.

Текущий контроль проводится с целью проверки качества усвоения и закрепления материалов курса, результатов индивидуальной и самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль проводится в форме:

- выполнения типовых заданий для прохождения первого, второго и третьего рейтинг-контроля;

- обсуждения методов решения задач;
- защиты лабораторных работ.

Промежуточный контроль проводится в форме экзамена.

Итоговая оценка по дисциплине «Сопротивление материалов» складывается из следующих элементов:

- результатов работы на лабораторных занятиях (отчёты выполнения лабораторных работ);

- результатов самостоятельной работы студента при выполнении типовых заданий для прохождения первого, второго и третьего рейтинг-контроля;

- результатов устного экзамена.

## **Самостоятельная работа студентов**

Целью самостоятельной работы студентов заключается в глубоком полном усвоении учебного материала и развития навыков самообразования. Это позволяет реализовать:

- познавательный компонент высшего образования (усваивать необходимую сумму знаний по данной дисциплине, способствовать самостояльному пополнению этих знаний);
- развивающий компонент высшего образования (выработка навыков аналитического и логического мышления, способность профессионально оценивать ситуацию и находить правильное решение);
- воспитательный компонент высшего образования (формирование профессионального сознания, развитие общего уровня личности).

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- работу с текстами, нормативными материалами, первоисточниками, дополнительной литературой, сведениями интернета, проработкой конспектов лекций;
- составление презентаций и проектирование занятий с использованием различных инновационных образовательных технологий;
- участие на научно-практических конференциях;
- подготовку к экзамену.

### **Рекомендации по выполнению самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов по курсу призвана не только закреплять и углублять знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовывать свое время.

При выполнении самостоятельной работы студенту необходимо прочитать теоретических материалов в учебниках и учебных пособиях, указанных в библиографических списках, познакомиться с публикациями в периодических изданиях.

Для подготовки к лабораторным занятиям нужно рассмотреть контрольные вопросы, при необходимости обратиться к рекомендуемой учебной литературе, записать непонятные моменты в вопросах для уяснения их на предстоящем занятии.

Подготовка к зачету должна осуществляться на основе лекционного материала, материала лабораторных занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу.

### **Форма контроля самостоятельной работы**

1. На каждой лекции студенты имеют возможность выступить с дополнениями по изучаемым темам (до 5 мин).
2. Три рейтинг-контроля знаний студентов.
3. Проверка письменных контрольных работ с последующим обсуждением результатов.
4. Совместная творческая деятельность по выполнению практических задач.
5. Общение на практических занятиях и индивидуальных консультациях.
6. Вопросы для коллоквиумов по сопротивлению материалов

<b>Тема коллоквиума</b>	<b>Вопросы к коллоквиуму</b>
Растяжение-сжатие	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Что такое брус, оболочка, массив? Привести примеры использования этих понятий.</li><li>2. Что такое упругость и твердость материала?</li><li>3. Что такое пластичность и хрупкость материала?</li><li>4. Что такое реальный объект и расчетная схема?</li><li>5. Какие силы называются внешними и внутренними?</li><li>6. Что такое нормальное сечение объекта?</li><li>7. В чем заключается суть метода сечений?</li><li>8. Назовите основные виды нагружения бруса.</li><li>9. Что такое деформация растяжения?</li><li>10. Что такое деформация сжатия?</li></ol>

		<p>11. Что такое эпюра нормальных сил?</p> <p>12. Что такое эпюра перемещений?</p> <p>13. Построение эпюр.</p> <p>14. Сформулируйте закон Гука.</p> <p>15. Что такое напряжения? Назовите единицы измерения напряжения.</p> <p>16. Что такое модуль упругости первого рода?</p> <p>17. Природа продольных и поперечных деформаций. Коэффициент Пуассона</p> <p>18. Характеристики материалов на растяжение.</p> <p>19. Что такое предел пропорциональности?</p> <p>20. Что такое предел текучести?</p> <p>21. Что такое предел прочности?</p> <p>22. Что такое диаграмма растяжения?</p>
	Кручение и изгиб	<p>1. Что такое чистый сдвиг?</p> <p>2. Сформулируйте закон Гука при сдвиге.</p> <p>3. Что такое модуль упругости второго рода?</p> <p>4. Сформулируйте условие прочности при сдвиге.</p> <p>5. Сформулируйте закон парности касательных напряжений.</p> <p>6. Что такое деформация кручения?</p> <p>7. Что такое эпюры крутящих моментов?</p> <p>8. Постройте эпюры крутящих моментов для бруса с круглым поперечным сечением.</p> <p>9. Рассчитайте напряжения и перемещения при кручении бруса с круглым поперечным сечением.</p> <p>10. Произведите расчеты на прочность и жесткость при кручении бруса с круглым поперечным сечением.</p> <p>11. Назовите геометрические характеристики поперечных сечений бруса.</p> <p>12. Что такое статические моменты сечения?</p> <p>13. Что такое центр тяжести?</p> <p>14. Что такие моменты инерции поперечного сечения бруса?</p> <p>15. Преобразование моментов инерции при параллельном переносе осей.</p> <p>16. Преобразование моментов инерции при повороте осей. Главные оси и главные моменты инерции.</p> <p>17. Назовите внутренние силовые факторы, возникающие в поперечных сечениях бруса при изгибе.</p> <p>18. Что представляют собой опорные реакции балок?</p> <p>19. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.</p> <p>20. Что представляют собой напряжения при чистом изгибе?</p> <p>21. Произведите расчет на прочность при изгибе.</p>
	Сложное сопротивление	<p>1. Что представляет собой напряженное состояние при растяжении и сжатии?</p> <p>2. Что такое главные оси и главные напряжения?</p> <p>3. Что такое предельное напряженное состояние?</p> <p>4. Что такое эквивалентные напряжения?</p> <p>5. Назовите условия прочности для случая сложного на-</p>

	<p>пряжёного состояния.</p> <p>6. Что такое косой изгиб?</p> <p>7. Произведите расчёт на прочность при косом изгибе.</p> <p>8. Опишите изгиб с кручением круглых валов?</p> <p>9. Назовите внутренние силовые факторы при изгибе с кручением круглых валов.</p> <p>10. Произведите расчет на прочность при изгибе с кручением круглых валов.</p> <p>11. Что такое устойчивость равновесия сжатых стержней?</p> <p>12. В чем заключается задача Эйлера?</p> <p>13. Что такая критическая сила?</p> <p>14. Коэффициенты приведения длины в расчетах на устойчивость.</p> <p>15. Критическое напряжение при наличии пластических деформаций.</p> <p>16. Что такое предельная гибкость?</p> <p>17. Прочность при циклически изменяющихся напряжениях. Понятие об усталостной прочности.</p> <p>18. Перечислите основные характеристики цикла при циклических напряжениях.</p> <p>19. Что такое предел усталости при симметричном цикле.</p> <p>20. Что представляет собой диаграмма усталостной прочности?</p> <p>21. Произведите вычисление коэффициента запаса усталостной прочности</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Вопросы к экзамену

1. Центральное растяжение и сжатие. Метод сечений. Внутренние усилия в поперечных сечениях. Правило знаков. Построение эпюр нормальных сил.
2. Центральное растяжение и сжатие. Удлинение стержня. Абсолютная и относительная продольная и поперечная деформации. Коэффициент Пуассона.
3. Напряжения и деформации при центральном растяжении. Закон Гука. Модуль упругости первого рода.
4. Образцы материалов и испытательное оборудование. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.
5. Упругость материала. Механизм упругой деформации.
6. Основные механические характеристики материала. Предел текучести и предел прочности.
7. Диаграмма сжатия пластичных и хрупких материалов. Механизм пластической деформации.
8. Расчеты на прочность по допускаемым напряжениям при растяжении и сжатии. Условие прочности при растяжении (сжатии). Коэффициент запаса прочности.
9. Чистый сдвиг. Связь линейной и угловой деформаций при сдвиге.
10. Закон парности касательных напряжений. Исследование напряженного состояния при сдвиге.
11. Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости второго рода.
12. Кручение бруса с круглым поперечным сечением. Построение эпюр крутящих моментов. Правило знаков при построении эпюр крутящих моментов.
13. Определение перемещений и напряжений при кручении.
14. Полярные моменты инерции и полярные моменты сопротивления полых и сплошных валов круглого поперечного сечения.

15. Условие прочности при кручении. Расчеты на прочность и жесткость при кручении валов с круглым поперечным сечением.
16. Геометрические характеристики поперечных сечений бруса. Статические моменты сечения. Центральные оси. Центр тяжести.
17. Осевые и центробежные моменты инерции поперечного сечения бруса.
18. Главные оси и главные моменты инерции поперечного сечения бруса.
19. Осевые моменты инерции и осевые моменты сопротивления для прямоугольного поперечного сечения балок.
20. Осевые моменты инерции и осевые моменты сопротивления для круглого поперечного сечения валов.
21. Определение опорных реакций балок. Построение эпюр поперечных сил. Правило знаков при построении эпюр поперечных сил.
22. Построение эпюр изгибающих моментов. Правило знаков при построении эпюр изгибающих моментов.
23. Гипотеза плоских сечений при изгибе. Главные и центральные оси поперечных сечений при изгибе.
24. Напряжения при чистом изгибе. Распределение напряжений по поперечному сечению бруса.
25. Условие прочности при изгибе. Расчет на прочность при изгибе.
26. Совместный изгиб с кручением. Расчеты на прочность валов с круглым поперечным сечением.
27. Понятие об устойчивом и неустойчивом равновесии.
28. Устойчивость равновесия сжатых стержней. Задача Эйлера. Критическая сила. Коэффициенты приведения длины в расчетах на устойчивость.
29. Критическое напряжение в расчётах на устойчивость. Радиус инерции. Предельная гибкость.
30. Диаграмма Ясинского зависимости критического напряжения от гибкости сжатого стержня.
31. Коэффициент снижения допускаемого напряжения в расчётах на устойчивость.
32. Прочность при циклически изменяющихся напряжениях. Вид усталостного разрушения. Понятие об усталостной прочности.
33. Характеристики циклов. Кривая Вёлера. Предел выносливости при симметричном цикле нагружения.
34. Усталостная прочность. Диаграмма предельных амплитуд.
35. Коэффициент запаса усталостной прочности при несимметричном цикле нагружения.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Книгообеспеченность

Название литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год изда-ния	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество Экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	1	3	4
Основная литература			

1. Маврина, Светлана Александровна. Сопротивление материалов: учебное пособие для подготовки бакалавров / С. А. Маврина, И. А. Черноусова. – Владимир: ВлГУ, 2012. – 143 с.: ил. – ISBN 978-5-9984-0272-2.	2012	154	
2. Агаханов М.К. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Агаханов М.К., Богопольский В.Г., Кузнецов В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014.— 171 с	2014	-	<a href="http://www.iprbookshop.ru/26149.html">http://www.iprbookshop.ru/26149.html</a>
3.Щербакова Ю.В. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Щербакова Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— 159 с.	2012	-	<a href="http://www.iprbookshop.ru/34757">http://www.iprbookshop.ru/34757</a>
4.Ганджунцев М.И. Техническая механика. Часть 1. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ганджунцев М.И., Петраков А.А., Портаев Л.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 200 с.	2014	-	<a href="http://www.iprbookshop.ru/30364">http://www.iprbookshop.ru/30364</a> .
4.Сопротивление материалов. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.М. Атаров [и др].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2009.— 64 с.	2013	-	<a href="http://www.iprbookshop.ru/16998">http://www.iprbookshop.ru/16998</a>
5.Сопротивление материалов. Часть 2 (2-е издание) [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.М. Атаров [и др].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 98 с.	2013	-	<a href="http://www.iprbookshop.ru/20031">http://www.iprbookshop.ru/20031</a> .
<b>Дополнительная литература</b>			
1.Атапин В.Г. Сопротивление материалов. Базовый курс. Дополнительные главы [Электронный ресурс]: учебник/ Атапин В.Г., Пель А.Н., Темников А.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 507 с.	2011		<a href="http://www.iprbookshop.ru/45435">http://www.iprbookshop.ru/45435</a> .
2.Орлова А.Н. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: журнал лабораторных работ/ Орлова А.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Прометей,	2011		<a href="http://www.iprbookshop.ru/8316.html">http://www.iprbookshop.ru/8316.html</a>

2011.— 52 с.			
3.Кирсанова Э.Г. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кирсанова Э.Г.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 110 с.	2012	-	<a href="http://www.iprbookshop.ru/733">http://www.iprbookshop.ru/733.</a>

### **7.2. Периодические издания**

1. Научно-технический журнал «Вестник машиностроения».
2. Школа и производство

### **7.3. Интернет-ресурсы**

1. <http://www.kbzhd.ru/library>.
2. <http://www.rbc.ru>.
3. <http://www.romir.ru>.
4. <http://www.isopromat.ru/sopromat>
5. <http://www.toehelp.ru/theory/sopromat/>

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

Для реализации данной дисциплины используется специальное помещение – лаборатория «Сопротивление материалов», оснащенной лабораторными стендами, компьютером для демонстрации учебных файлов, мультимедийным проектором и экраном. Лабораторные занятия проводятся с использованием инженерных микрокалькуляторов.

Программное обеспечение:

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы MS Word, MS Excel, MS PowerPoint.

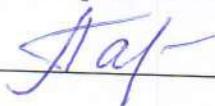
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование»

Рабочую программу составил к.г.-м.н., доцент

Кошкин Виктор Леонидович

Рецензент (представитель работодателя)  
директор МБОУ «Лицей–интернат № 1» г. Владимир

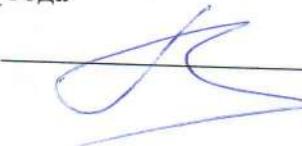
И.А.Пасынков



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологического  
и экономического образования

Протокол № 2 от 02.09.2019 года

Заведующий кафедрой, к.п.н., профессор

 Г.А.Молева

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 44.03.05 «Педагогическое образование»

Протокол № 9 от 03.09 года

Председатель комиссии,

директор института



М.В.Артамонова

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_