МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО РГАЗУ)

Факультет Электроэнергетики и технического сервиса
Кафедра Эксплуатации и технического сервиса машин

Решения задач размещены на сайте zadachi24.ru

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

студентам 2* и 2 курсов направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Балашиха 2020

Составители: профессора П.И.Гаджиев, М.М.Махмутов.

УДК 621.01 (075.5)

Сопротивление материалов: Методические указания по изучению дисциплины и задания для контрольной работы / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т; Сост. П.И. Гаджиев, М.М.Махмутов. Балашиха, 2020.

Предназначены для студентов 2* и 2 курсов направления подготовки бакалавров 35.03.06 Агроинженерия.

Утверждены методической комиссией факультета «Электроэнергетики и технического сервиса».

Рецензенты: доцент А.В. Ферябков
доцент К.В. Кулаков

Раздел 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Сопротивление материалов» относится к базовой (обязательной) основной образовательной программы. Методические указания по данной дисциплине составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1172 от «20» октября 2015 года, и рабочими учебными планами, утвержденными Ученым советом РГАЗУ.

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - научить будущих бакалавров простым и надежным приемам расчетов на прочность, жесткость и устойчивость типичных, элементов инженерных конструкций, а также оценке работоспособности и пригодности к эффективному использованию создаваемых машин и оборудования.

Задачи:

- изучение общих методов инженерных расчетов на прочность, жесткость и устойчивость с целью их нормальной работы под действием внешних нагрузок устойчиво работать в механизмах и машинах определенный нормативный срок.
- научиться понимать общие принципы инженерных расчетов проектирования конструкций и ее элементов в механизмах и машинах с учетом свойств материалов, из которых они изготовлены, и правильной оценкой их площади поперечного сечения.
- научить студентов системному подходу к проектированию конструкций и ее элементов, находить оптимальные параметры деталей машин и механизмов по заданным условиям работы, используя главный метод сопротивления материалов – метод сечений.
- привить навык инженерных расчетов на растяжение и сжатие конструкций и ее элементов, и работу на сдвиг кручение, плоский поперечный и косой изгиб, продольный изгиб. Рассчитать и оценить работу конструкций в режиме сложных сопротивлений.

1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Сопротивление материалов» направлен на формирование общекультурных и профессиональных компетенций.

Выпускник должен обладать следующими ***общекультурными компетенциями (ОК):***

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7).

Выпускник должен обладать следующими ***общепрофессиональными компетенциями (ОПК):***

- способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и тепломассообмена (ОПК-4);
- способностью обоснованно выбирать материал и способы его обработки для получения свойств, обеспечивающих высокую надежность детали (ОПК-5);

Выпускник должен обладать следующими ***профессиональными компетенциями (ПК),*** соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата:

проектная деятельность:

- способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования (ПК-4);
- готовностью к участию в проектировании новой техники и технологии (ПК-7).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основы теории напряженного и деформированного состояний, гипотезы прочности, формулы расчетов напряжений и деформаций для различных случаев нагружения деталей конструкции, условия прочности и жесткости, геометрические характеристики плоских сечений, механические свойства и характеристики конструкционных материалов, методы выбора допускаемых напряжений и коэффициентов запаса прочности, и устойчивости, элементы рационального проектирования простейших систем.

Уметь:

- производить расчеты на прочность и жесткость стержней и стержневых систем при растяжении (сжатии), кручении, изгибе и сложном нагружении при статическом и ударном приложении нагрузок;
- выполнять расчеты тонкостенных оболочек вращения по безмоментной теории и расчеты стержней на устойчивость;
- определять деформации и напряжения в стержневых системах при температурных воздействиях; используя современную вычислительную технику, определять оптимальные параметры системы при изменении одного или нескольких параметров.

Владеть:

- методами расчета машин и конструкций на прочность.

1.3 Библиографический список

Основной

1. Сопротивление материалов : учеб.пособие для вузов / под ред.Н.А.Костенко. - 3-е изд.,перераб.и доп. - М. : Высш.шк., 2007. - 488с.

2. Кривошапко, С.Н. Сопротивление материалов : лекции, семинары, расчетно-графические работы : учеб.для бакалавров / С.Н.Кривошапко. - М. : Юрайт, 2012. - 413с.

3. Сиренко, Р.Н. Сопротивление материалов : учеб.пособие / Р.Н.Сиренко. - М. : РИОР, 2011. - 156с.

4. Степин, П.А. Сопротивление материалов : учебник / П.А.Степин. - 12-е изд.,стер. - СПб. : Лань, 2012. - 320с.

Дополнительный

1. Александров, А.В. Сопротивление материалов : учеб.для вузов / А.В.Александров,В.Д.Потапов,Б.П.Державин;под ред.А.В.Александрова. - 5-е изд.,стер. - М. : Высш.шк., 2007. - 560с.

2. Сопротивление материалов : Учеб.пособие для втузов / Н.А.Костенко,С.В.Балясникова,Ю.Э.Волошановская и др.; Под ред. Н.А.Костенко. - М. : Высш.шк., 2000. - 431с.

3. Копнов, В.А. Сопротивление материалов : учеб.пособие для вузов / В.А.Копнов,С.Н.Кривошапко. - 2-е изд.,стер. - М. : Высш.шк., 2005. - 351с.

4. Логвинов, В.Б. Сопротивление материалов. Практические занятия : учеб.пособиедля вузов / В.Б.Логвинов,С.И.Евтушенко,И.А.Петров;под ред.В.Б.Логвинова. - Ростов н/Д : Феникс, 2012. - 283с.

5. Сопротивление материалов : Основы теории. Примеры. Задачи: учеб.пособие / под общ.ред.С.В.Елизарова. - СПб., 2006. - 399с.

1.4.Распределение учебного времени по модулям (разделам) и темам дисциплины

Распределение учебного времени в часах по срокам обучения и видам учебной работы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение учебного времени в часах по срокам обучения и видам учебной работы

№ п.п.	Наименование модуля (раздела) дисциплины	Всего	В том числе		
			лекции	Практические занятия	Самосто-ятельная работа
1	2	3	4	5	6
Модуль 1. Основные понятия. Теория напряженного состояния. Геометрические характеристики сечений.		48	3(1,5)	3(2)	42(44,5)
1.1	Тема 1.Основные понятия. Растяжение, сжатие.	16	1(0,5)	1(0,5)	14(15)
1.2	Тема 2. Теория напряженного состояния. Сдвиг.	16	1(0,5)	1(1)	14(14,5)
1.3	Тема 3. Геометрические характеристики сечений.	16	1(0,5)	1(0,5)	14(15)

					Продолжение табл. 1
1	2	3	4	5	6
Модуль 2. Кручение бруса круглого сечения. Прямой изгиб.		48	3(1,5)	3(2)	42(44,5)
2.1	Тема 1. Кручение бруса круглого сечения.	24	1,5(0,5)	1,5(1)	21(22,5)
2.2	Тема 2. Прямой изгиб бруса постоянного сечения.	24	1,5(1)	1,5(1)	21(22)
Модуль 3. Сложное сопротивление. Расчет статически неопределимых стержневых систем. Продольный изгиб прямого стержня.		48	2(1)	2(2)	44(45)
3.1	Тема 1. Сложное сопротивление. Косой изгиб бруса. Расчет статически неопределимых стержневых систем.	24	1(0,5)	1(1)	22(22,5)
3.2	Тема 2. Продольный изгиб прямого стержня.	24	1(0,5)	1(1)	22(22,5)
Итого		144	8(4)	8(6)	128(134)

Примечание: В скобках указаны часы для студентов с сокращенным сроком обучения.

Раздел 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ИЗУЧЕНИЮ

2.1. Модуль 1. Основные понятия. Растяжение, сжатие. Теория напряженного состояния. Сдвиг. Геометрические характеристики сечений

2.1.1. Содержание модуля 1

Тема 1. Основные понятия. Растяжение, сжатие.

Основные понятия. Расчетная схема, нагрузки. Внутренние усилия. Метод сечений. Напряжения, деформации, перемещения. Центральное растяжение – сжатие. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях бруса. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Перемещения поперечных сечений бруса. Допускаемые напряжения. Расчет на прочность. Статически неопределимые системы.

Тема 2. Теория напряженного состояния. Сдвиг.

Плоское напряженное состояния. Главные напряжения. Главные площадки. Исследование плоского напряженного состояния с помощью круга Мора. Чистый сдвиг. Деформации при сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Расчет заклепочных и сварных соединений.

Тема 3. Геометрические характеристики сечений.

Статические моменты и моменты инерции плоских фигур. Вычисление моментов инерции фигур в виде круга, кольца, треугольника и прямоугольника. Изменение осевых и центробежных моментов инерции при

параллельном переносе и повороте осей. Главные моменты инерции и главные оси инерции. Вычисление осевых моментов инерции и определение центра тяжести сложных фигур.

2.1.2. Вопросы для самоконтроля. 1. Какой вид деформации называется центральным растяжением? 2. Как определяется и строится эпюра продольных сил в сечениях бруса? 3. Как формулируется гипотеза Бернулли? 4. Как вычисляются нормальные и касательные напряжения в поперечных и наклонных сечениях бруса? 5. Как определяются абсолютная и относительная деформации? 6. Как формулируется закон Гука, и какие величины в него входят? 7. Какое напряженное состояние называется плоским? 8. Какое напряженное состояние называется пространственным? 9. Что представляют собой главные площадки и главные напряжения? 10. Для чего служит круг Мора? 11. Как строится круг Мора? 12. Как определяются напряжения на любых площадках с помощью круга Мора? 13. Какой случай плоского напряженного состояния называется чистым сдвигом? 14. Как записывается закон Гука при сдвиге? 15. Как определяется статический момент инерции плоской фигуры относительно оси? 16. Как определяется момент инерции плоской фигуры относительно оси? 17. Как определяется полярный момент инерции плоской фигуры относительно оси? 18. Каковы размерности статического момента инерции и момент инерции плоской фигуры относительно оси? 19. Как определяются координаты центра тяжести плоской фигуры? 20.Какие оси называются главными осями инерции? 21. Какие оси называются центральными главными осями инерции? 22. Чему равен центробежный момент инерции относительно главных осей инерции?

2.1.3. Задания для самостоятельной работы.

Для самостоятельной работы в межсессионный период студенту предлагается выполнить решения тестовых заданий, составленных в соответствии с содержанием тем модуля. Результаты выполнения заданий для самостоятельной работы должны быть представлены преподавателю с использованием платформы дистанционного обучения до начала экзаменационной сессии и будут учитываться в рейтинговой оценке знаний студентов по данной дисциплине.

Таблица 2. Тестовые задания к модулю 1.

№	Задание	Варианты ответов
1	Как называется свойство оказывать сопротивление изменению формы, размеров и положения в пространстве под действием внешних нагрузок?	1. плотность; 2. прочность; 3. жесткость; 5. твердость.
2	Свойство, при котором малым изменениям нагрузок соответствуют малые изменения деформаций – это…	1. прочность; 2. жесткость; 3. устойчивость; 4. деформируемость.

3	Удельная прочность материала, это…	1. критерий прочности, называемый иногда критерием Ньютона; 2. отношение предела текучести материала к его плотности; 3. отношение предела текучести материала к скоростному напору; 4. отношение предела прочности материала к его твердости.
4	С какой целью составляются уравнения изгибающих моментов?	1. для определения реакций опор; 2. для определения запаса прочности по касательным напряжениям; 3. для определения запаса прочности по нормальным напряжениям; 4. для определения величин осевых нагрузок.
5	Колонна здания относится к классу …	1. стержней; 2. оболочек; 3. массивов; 4. пластин.
6	Сталь – материал …	1. анизотропный; 2. аморфный; 3. волокнистый; 4. изотропный.
7	Цилиндрический образец при испытании на сжатие принимает бочкообразную форму вследствие …	1. наличия пустот и микротрещин в материале образца; 2. резкого увеличения поперечной деформации образца в средней части образца; 3. несовершенства начальной геометрической формы образца; 4. сил трения между торцевыми поверхностями образца и поверхностями плит испытательной машины.
8	Какая геометрическая характеристика плоских сечений определяется выражением $I_y = \int x^2 \cdot dF$?	1. статический момент сечения; 2. осевой момент инерции сечения; 3. полярный момент инерции сечения; 4. осевой момент сопротивления сечения; 5. центробежный момент инерции сечения.
9	Какая геометрическая характеристика плоских сечений определяется выражением $W_x = \frac{I_x}{y_{\max}}$?	1. центробежный момент инерции сечения; 2. полярный момент инерции сечения; 3. осевой момент сопротивления сечения; 4. статический момент сечения; 5. осевой момент инерции сечения.
10	Коэффициент Пуассона μ для изотропного материала изменяется в пределах …	1. $0 < \mu \le 0,5.$; 2. $0,2 < \mu \le 0,35$; 3. $0 < \mu \le 0,3$; 4. $0,2 < \mu \le 0,5$.
11	Наибольшее напряжение, до которого материал подчиняется закону Гука, называется пределом …	1. упругости; 2. пропорциональности; 3. прочности; 4. текучести.

12	Числовой мерой распределения внутренних сил по сечению является …	1. продольная сила; 2. напряжение; 3. потенциальная энергия; 4. изгибающий момент.

2.2. Модуль 2. Кручение бруса круглого сечения. Прямой изгиб.

2.2.1. Содержание модуля 2

Тема 1. Кручение бруса круглого сечения.

Основные понятия. Крутящий момент. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Главные напряжения при кручении бруса. Расчет бруса на прочность и жесткость. Расчет цилиндрических винтовых пружин.

Тема 2. Прямой изгиб бруса постоянного сечения.

Внутренние усилия при прямом изгибе. Эпюры внутренних усилий. Формулы Журавского. Прямой чистый изгиб. Прямой поперечный изгиб. Расчеты на прочность при изгибе. Определение перемещений в балках методом начальных параметров и графоаналитическим методом.

2.2.2. Вопросы для самоконтроля. 1. При каком нагружении прямой брус испытывает деформацию кручения? 2. Как вычисляется момент пары по заданной мощности и угловой скорости в оборотах в минуту? 3. Как определяются эпюры крутящих моментов и как они строятся? 4. Как определяется полный и относительный углы закручивания бруса? 5. Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса круглого сечения при кручении? 6. На каких площадках, проходящих через точку, возникают наибольшие нормальные напряжения? 7. На каких площадках, проходящих через точку, возникают наибольшие касательные напряжения? 8. Как производится расчет на прочность бруса при кручении? 9. Как определяется прямой изгиб? 10. Как различаются чистый и поперечный изгибы? 11. Какие внутренние усилия возникают в поперечном сечении бруса при поперечном изгибе? 12. Какие типы опор применяются для закрепления балок к основанию? 13. Как формулируется теорема Журавского? 14. Позволяет ли теорема Журавского проверять правильность построения эпюр поперечной силы и изгибающего момента в поперечных сечениях бруса? Если да, то как именно? 15. Что представляет собой нейтральный слой и нейтральная ось?
16. Как определяется момент сопротивления при изгибе? 17. Какие перемещения получают точки балки при прямом изгибе? 18. В чем суть определения перемещений балки методом начальных параметров?

2.2.3. Задания для самостоятельной работы.

Выполнить мероприятия предусмотренные пунктом 2.1.3., применительно к темам модуля 2.

Таблица 3. Тестовые задания к модулю 2.

№	Задание	Варианты ответов
1	При кручении стержня круглого поперечного сечения напряженное состояние материала во всех точках, за исключением точек на оси стержня…	1. линейное (одноосное растяжение); 2. чистый сдвиг; 3. линейное (одноосное сжатие); 4. объемное.
2	Стержень круглого поперечного сечения из пластичного материала работает на кручение. В расчетах по допускаемым напряжениям условие прочности имеет вид …	1. $\tau_{max} \le \frac{\tau_в}{n_в}$; 2. $\tau_{max} \le \frac{\tau_T}{n_T}$; 3. $\tau_{max} \le \tau_T$; 4. $\sigma_{max} \ge \frac{\sigma_T}{n_T}$.
3	При определении наибольшего нормального напряжения в поперечном сечении балки, при плоском изгибе, используют формулу …	1. $\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x}$; 2. $\sigma_{max} = \frac{N}{A}$; 3. $\sigma_{max} = \frac{M_x}{J_x} \cdot y$; 4. $\sigma_{max} = \frac{M_x}{J_x}$.
4	При расчете балки на прочность по нормальным напряжениям, когда форма и размеры поперечного сечения по длине балки не меняются, опасным считается сечение …	1. в котором действует наибольший изгибающий момент; 2. к которому приложена наибольшая внешняя нагрузка; 3. с наибольшей поперечной силой; 4. расположенное на стыке силовых участков.
5	При кручении круглого стержня дополнительные внутренние силы, действующие в поперечном сечении, образуют …	1. плоскую систему сходящихся сил; 2. пространственную систему сходящихся сил; 3. пространственную систему сил; 4. плоскую систему сил.
6	Стержень круглого поперечного сечения из хрупкого материала работает на кручение. При расчете по допускаемым напряжениям за предельное напряжение принимается …	1. предел прочности при чистом сдвиге; 2. предел текучести при чистом сдвиге; 3. предел прочности при растяжении; 4. предел упругости при чистом сдвиге.
7	Оценку прочности материала при заданном напряженном состоянии в опасной точке стержня с круглым сечением проводят с использованием теорий прочности при…	1. внецентренном растяжении; 2. кручении и изгибе; 3. растяжении и плоском изгибе; 4. плоском поперечном изгибе.

8	Дополнительные внутренние силы, действующие в сечении тела, в общем случае образуют …	1. произвольную пространственную систему сил; 2. произвольную плоскую систему сил; 3. пространственную систему сходящихся сил; 4. пространственную систему сил.
9	Стержень круглого сечения работает на кручение и изгиб. В опасных точках напряженное состояние …	1. линейное; 2. объемное; 3. плоское; 4. чистый сдвиг.
10	Если известны углы поворота малого прямолинейного отрезка в трех координатных плоскостях $(\varphi_{xy}, \varphi_{yz}, \varphi_{zx})$, то полный угол поворота определяется по формуле $\varphi = \ldots$	1. $\sqrt{\varphi_{xy} + \varphi_{yz} + \varphi_{zx}}$ 2. $\sqrt{\varphi_{xy}^2 + \varphi_{yz}^2 + \varphi_{zx}^2}$ 3. $\varphi_{xy}^2 + \varphi_{yz}^2 + \varphi_{zx}^2$ 4. $\varphi_{xy} + \sqrt{\varphi_{yz}^2 + \varphi_{zx}^2}$
11	Оценку прочности материала при заданном напряженном состоянии в опасной точке стержня с круглым сечением проводят с использованием теорий прочности при…	1. внецентренном растяжении; 2. кручении и изгибе; 3. растяжении и плоском изгибе; 4. плоском поперечном изгибе.
12	Максимальные касательные напряжения в балке прямоугольного сечения, когда форма и размеры поперечного сечения по длине не меняются, возникают в точках поперечного сечения, в котором …	1. приложена наибольшая внешняя сосредоточенная сила; 2. приложен максимальный внешний момент; 3. действует максимальная поперечная сила; 4. действует максимальный изгибающий момент.

2.3. Модуль 3. Сложное сопротивление. Расчет статически неопределимых стержневых систем. Продольный изгиб прямого стержня.

2.3.1. Содержание модуля 3

Тема 1. Сложное сопротивление. Косой изгиб бруса. Расчет статически неопределимых стержневых систем.

Косой изгиб. Внецентренное растяжение и сжатие брусьев большой жесткости. Ядро сечения. Изгиб с кручением брусьев круглого сечения. Статическая неопределимость. Канонические уравнения метода сил. Расчет статически неопределимых стержневых систем.

Тема 2. Продольный изгиб прямого стержня. Устойчивость стержня при изгибе.

Понятие об устойчивости равновесия упругих систем. Продольный изгиб бруса.

Потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Расчеты стержней на устойчивость.

2.3.2. Вопросы для самоконтроля. 1. Какой изгиб называется косым? 2. Может ли балка круглого сечения испытывать косой изгиб? 3. Сочетанием каких видов изгиба является косой изгиб? 4. Как находится положение нейтральной оси при косом изгибе? 5. Что представляют собой опасные точки сечения и как они определяются при косом изгибе? 6. Как определяется положение нейтральной оси при внецентренном растяжении и сжатии? 7. По каким формулам определяются нормальные напряжения при внецентренном растяжении и сжатии? 8. Как определяется и строится ядро сечения? 9. Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса при изгибе с кручением? 10. Какие точки круглого поперечного сечения бруса являются опасными при изгибе с кручением? 11. Как рассчитывается на прочность брус круглого сечения при изгибе с кручением? 12. Какие системы называются статически неопределимыми? 13. Как определяется степень статической неопределимости системы? 14. Какая система называется геометрически неизменяемой? 15. Как определяется степень статической неопределимости замкнутого контура? 16. Что выражает каждое из канонических уравнений? 17. Перемножением каких эпюр определяются коэффициенты и грузовые члены системы канонических уравнений? 18. Как производится определение перемещений в статически неопределимых системах? 19. В чем заключается явление потери устойчивости сжатого стержня? 20. Дайте определения критической силы и критического напряжения. 21. Дайте определение гибкости стержня. 22. Что представляет собой коэффициент приведения длины и чему он равен при различных видах закрепления стержня? 23. Какой вид имеет условие устойчивости сжатого стержня? 24. Как подбирается сечение стержня при расчете на устойчивость? 25. Как определяется продольно-поперечный изгиб стержня? 26. Можно ли применять принцип независимости действия сил при продольно-поперечном изгибе?

2.3.3. Задания для самостоятельной работы.

Выполнить мероприятия предусмотренные пунктом 2.1.3. применительно к темам модуля 3.

Таблица 4. Тестовые задания к модулю 3.

№	Задание	Варианты ответов
1	Коэффициенты *a* и *b* в формуле Тетмайера-Ясинского $\sigma_{кр} = a - b\lambda$ имеют размерность …	1. силы; 2. длины; 3. напряжения; 4. площади.
2	При потере устойчивости сжатого стержня изгиб стержня происходит в плоскости …	1. наибольшей жесткости; 2. наименьшей жесткости; 3. равнонаклоненной к осям симметрии; 4. расположенной в любом направлении.

3	При проверке сжатого стержня к условию прочности $\sigma \le [\sigma]$ необходимо добавить условие устойчивости $\sigma \le [\sigma]_y$. Допускаемое напряжение на устойчивость $[\sigma]_y$ определяют по формуле …	1. $\frac{\sigma_{пред}}{n}$ 2. $\frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ 3. $\frac{\sigma_{кр}}{n_y}$ 4. $\frac{\sigma_T}{n_T}$
4	При расчетах сжатых стержней на устойчивость коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения φ определяют в зависимости от марки материала и ….	1. гибкости стержня; 2. жесткости стержня; 3. площади сечения стержня; 4. длины стержня.
5	Критическим называется напряжение, возникающее в поперечном сечении сжатого стержня при значении нагрузки, вызывающей …	1. появление пластических деформаций; 2. рост деформаций, превышающих допустимые; 3. потерю устойчивости стержня; 4. возникновение продольных колебаний в стержне.
6	Какие из перечисленных факторов не оказывают существенного влияния на предел выносливости при повторно-переменных нагрузках?	1. абсолютные размеры детали конструкции; 2. масса детали конструкции; 3. состояние поверхности детали конструкции; 4. наличие в детали концентраторов напряжений.
7	Какая из перечисленных нагрузок не относится к динамическим нагрузкам?	1. ударная; 2. внезапно приложенная; 3. сила тяжести; 4. повторно переменная.
8	Стержень изготовлен из малоуглеродистой стали (предел пропорциональности $\sigma_{пц}$= *200 Мпа*, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ *МПа*. Гибкость стержня $\lambda=175$. Для определения критической силы сжатого стержня необходимо использовать …	1. формулу Ясинского; 2. закон Гука при сжатии; 3. формулу Эйлера; 4. формулу Энгессера.
9	График зависимости критического напряжения от гибкости сжатого стержня, в пределах применимости формулы Эйлера, представляет …	1. прямую линию; 2. параболу; 3. гиперболу; 4. синусоиду.
10	Критическое напряжение в сжатом стержне, пока напряжение не превышает предел пропорциональности, определяется по	1. гибкость стержня; 2. жесткость поперечного сечения; 3. податливостью; 4. коэффициентом приведения длины.

	формуле $\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$. Величина λ называется …	
11	Стержень квадратного сечения со стороной b сжимается силой F. При увеличении площади поперечного сечения стержня в два раза, при прочих равных условиях, гибкость стержня …	1. не изменится; 2. уменьшается в $\sqrt{2}$ раз; 3. уменьшится в 2 раза; 4. увеличится в $\sqrt{2}$ раза.
12	Возможность применения формулы Эйлера для определения критической силы сжатого стержня, изготовленного из заданного материала, устанавливается по величине …	1. площади сечения; 2. гибкости; 3. длины; 4. радиуса инерции сечения.

Раздел 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

3.1. Методические указания по выполнению контрольной работы

Студенты изучают весь материал дисциплины и выполняют одну контрольную работу. Контрольная работа по дисциплине включает семь заданий. Номера задач выбираются по таблице вариантов. Номер варианта для первой заданной величины в таблице соответствует третьей цифре учебного шифра студента, для второй заданной величины номер варианта принимается по предпоследней цифре шифра и для третьей величины – по первой цифре с конца. Таким образом, по каждому из семи заданий контрольной работы студенты выполняют свои индивидуальные варианты расчетов.

Задачи контрольной работы должны иметь те номера, под которыми они стоят в методических указаниях. В конце работы необходимо перечислить использованную литературу. Получив проверенную работу, студент обязан тщательно изучить все замечания рецензента, уяснить свои ошибки и внести исправления. Если работа не допущена к собеседованию, ее необходимо выполнить снова с учетом указаний и замечаний рецензента и сдать вторично на рецензирование. Работу нужно сохранять до получения зачета по ней.

Контрольную работу рекомендуется выполнять в школьной тетради в клетку или на листах формата А4 с пронумерованными страницами, у которых с внешнего края оставляются поля шириной не менее 3 см для замечаний проверяющего преподавателя. Каждое из семи заданий целесообразно начинать с новой страницы, все расчеты и пояснения к ним выполнять чернилами, а схемы, графики и эпюры – карандашом, причем все схемы и эпюры к одному заданию размещают на одной странице, последовательно друг под другом с поясняющими надписями и обозначениями.

Перед решением задачи надо выписать полностью ее условие с числовыми данными, составить эскиз (рисунок) в масштабе и указать на нем в числах все величины, необходимые для расчета.

При выполнении задач сначала надо наметить ход решения и те допущения, которые могут быть положены в его основу, а затем провести расчет; причем все необходимые вычисления сначала проделать в общем виде, обозначая все данные и искомые величины буквами, после чего вместо буквенных обозначений проставить их числовые значения и найти результат. Везде необходимо придерживаться стандартных обозначений. Расчеты должны быть выполнены в определенной последовательности, теоретически обоснованы и сопровождены пояснительным текстом. Все расчеты в контрольных работах должны производиться в единицах СИ.

Вычисленные значения должны быть округлены и взяты по ГОСТам или нормалям заводов, если таковые имеются для рассчитываемых деталей и величин. Принятые для изготовления деталей размеры рекомендуется выписывать в соответствующих местах решения на полях.

Решение сопровождать краткими, последовательными и грамотными (без сокращения слов) объяснениями и чертежами, на которых для всех входящих в расчет величин даны числовые значения. Указывать единицы всех величин.

На титульном листе контрольной работы должны быть четко написаны, название дисциплины, фамилия, имя и отчество студента (полностью), название факультета, направления и профиля, учебный шифр.

3.2. Задания для контрольной работы

Задание 1. Расчёт составного бруса на прочность при растяжении-сжатии

Стальной составной брус заделан на одном конце и нагружен внешними силами F. Заданы длины участков и площади их поперечных сечений A.

Требуется при известном модуле E упругости E, равном $2 \cdot 10^5$ Па, пределе текучести $\sigma_\tau = 240$ МПа и запасе прочности по отношению к пределу текучести $n_T = 1{,}5$:

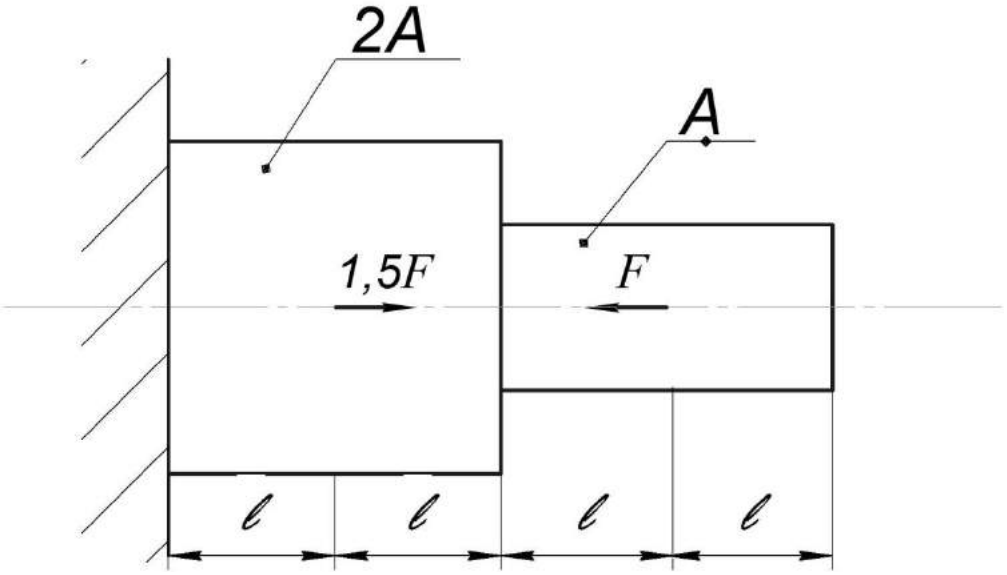
1) построить эпюру внутренних продольных сил N;

2) построить эпюру нормальных напряжений σ;

3) построить эпюру продольных перемещений Δl;

4) проверить условие прочности бруса при допускаемом растягивающем напряжении $[\sigma_p]$, равном 240 МПа;

5) найти полное удлинение (укорочение) бруса при выполнении условия прочности.



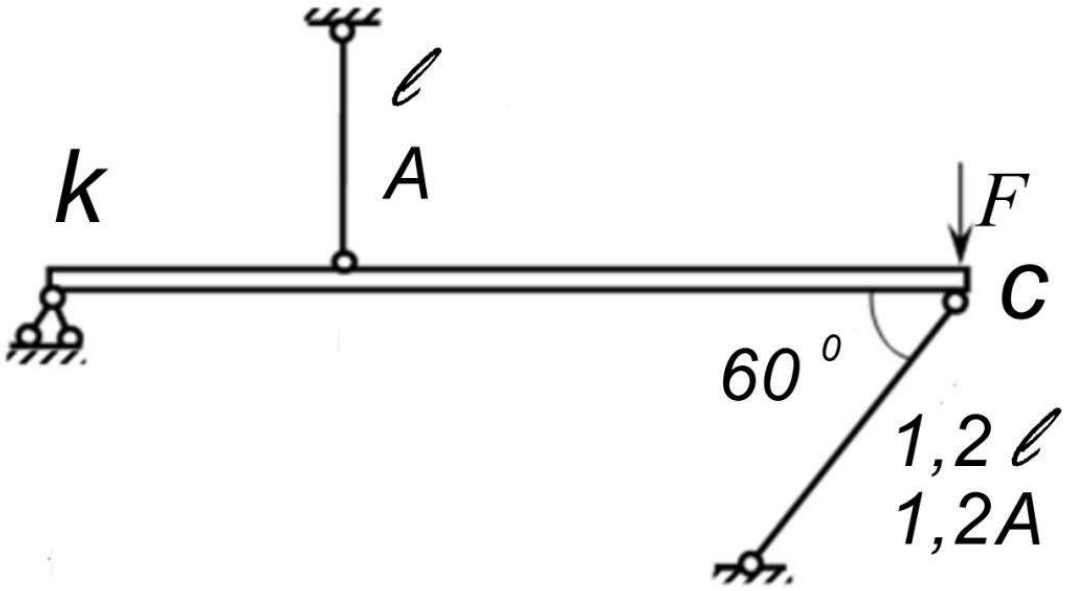
Значения исходных данных берутся из табл. 5. Например, для учебного шифра 4195 нужно принять $\boldsymbol{A}$ = 11 ***см²***; $\boldsymbol{\ell}$ ***=0,9 м***; ***F=50 кН***

Таблица 5 – Исходные данные к заданию 1

Номер столбца (варианта)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A, см²	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9
ℓ, м	1,0	1,1	1,2	1,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
F, кН	100	110	120	130	40	50	60	70	80	90

Задание 2. Расчет статически неопределимой стержневой системы

Определить напряжение в стальных стержнях, поддерживающих абсолютно жёсткую балку. Материал — сталь Ст3, [σ]=160МПа.



Значения исходных данных берутся из табл. 6. Например, для учебного шифра 4195 нужно принять ***A*** = 11 ***см²***; ***ℓ =0,9 м***; ***F=50 кН***

Таблица 5 – Исходные данные к заданию 2

Номер столбца (варианта)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A, см²	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9
ℓ, м	1,0	1,1	1,2	1,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
F, кН	100	110	120	130	40	50	60	70	80	90

Задание 3. Расчёт геометрических характеристик плоских поперечных сечений

Сечение составлено из стандартных прокатных профилей b

Требуется:

– Определить положение центра тяжести С.

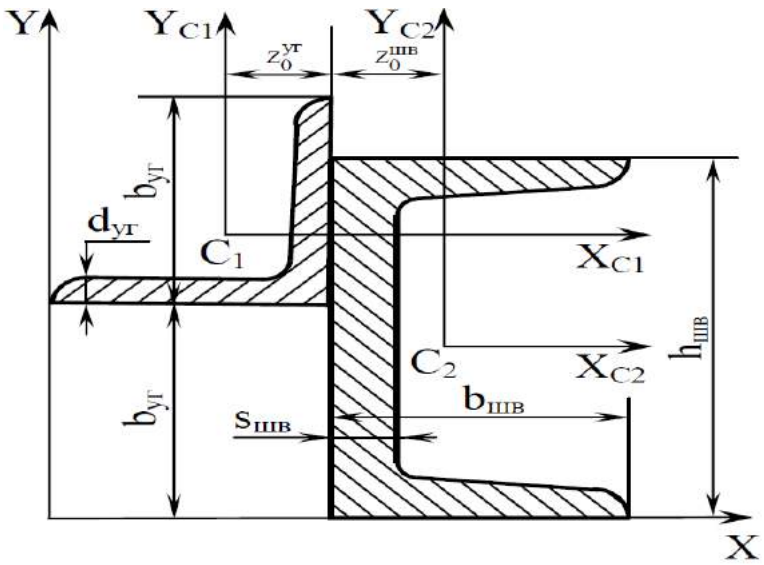
– Найти значения осевых Ix_C, Iy_C и центробежного Ix_Cy_C моментов инерции относительно центральных осей X_C и Y_C.

– Определить положение главных центральных осей инерции U и V (угол α поворота осей X_C и Y_C).

– Найти значения осевых Iu, Iv и центробежного Iuv моментов инерции относительно главных центральных осей U и V.

– Найти значения главных радиусов инерции i_{max}, i_{min};

– Вычертить сечение в масштабе и указать на нём все оси и размеры.

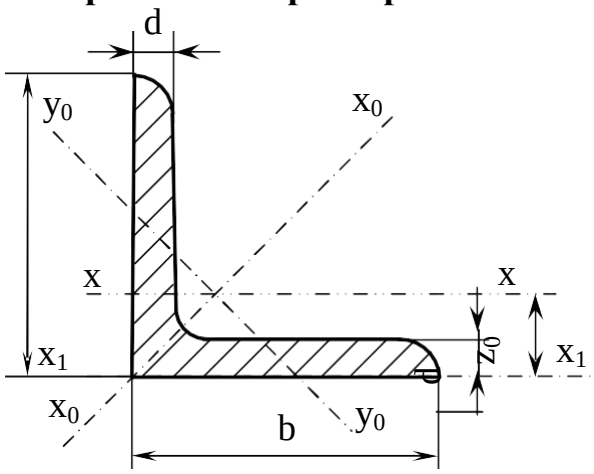


Значения исходных данных берутся из табл. 6. Например, для учебного шифра 4195 нужно принять уголок равнобокий - № профиля 9, швеллер - № профиля 5, а геометрические характеристики для уголка равнобокий выписываем из таблицы 7, для швеллера – из таблицы 8.

Талица 6 – Исходные данные к заданию 3

Номер столбца (варианта)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Уголок равнобокий, № профиля	20	11	2	14	4	5	16	7	8	9
Швеллер, № профиля	10	20	22	24	14	5	16	18	8	12

Геометрические характеристики



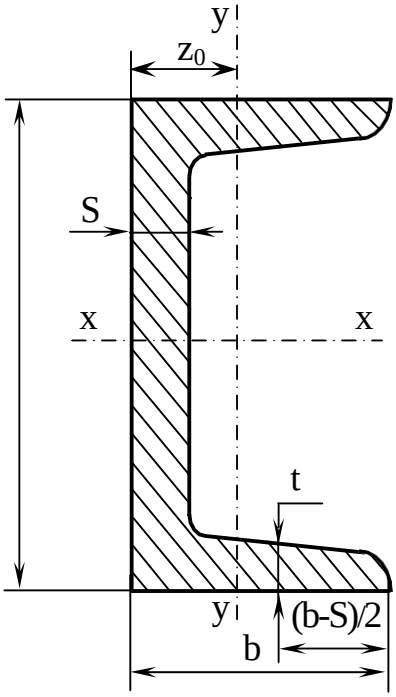
Уголок равнобокий

Таблица 7

№ профилей	Размеры, мм		Площадь профиля, см^2	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z_0, см
					x–x		x_0–x_0		y_0–y_0		x_1–x_1	
	b	d			I_x, см^4	i_x, см	I_{x0max}, см^4	i_{x0max}, см	I_{y0min}, см^4	i_{y0min}, см	i_{x1} см	
2	20	3	1,13	0,89	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60
		4	1,46	1,15	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	1,09	0,64
2,5	25	3	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	1,57	0,73
		4	1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	2,11	0,76
4	40	3	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,53	1,13
		5	3,79	2,97	5,53	1,20	8,75	1,54	2,30	0,79	10,73	1,17
4,5	45	3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	12,1	1,26
		5	4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30
5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5	4,80	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42
5,6	56	4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5	5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	4	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6	7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50,0	1,78
7	70	4,5	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		5	6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6	8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7	9,42	7,39	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
		8	10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,0	2,02

Продолжение таблицы 7

№ профилей	Размеры, мм		Площадь профиля, см^2	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							z_0, см
					x–x		x_0–x_0		y_0–y_0		x_1–x_1	
	b	d			I_x, см^4	i_x, см	I_{x0max}, см^4	i_{x0max}, см	I_{y0min}, см^4	i_{y0min}, см	i_{x1} см	
8	80	5,5	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6	9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19
		7	10,8	8,51	65,3	2,47	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23
		8	12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27
9	90	6	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43
		7	12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47
		8	13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51
		9	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55
10	100	6,5	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68
		7	13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71
		8	15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75
		10	19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83
		12	22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91
		14	26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99
		16	29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06
11	110	7	15,2	11,9	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96
		8	17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00
12,5	125	8	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36
		9	22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40
		10	24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45
		12	28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53
		14	33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61
		16	37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68
14	140	6	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78
		10	27,3	21,5	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82
		12	32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,90
16	160	10	31,4	24,7	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30
		11	34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35
		12	37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39
		14	43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47
		16	49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55
		18	54,8	43,0	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63
		20	60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,70
18	180	11	38,8	30,5	1216	5,60	1 933	7,06	500	3,59	2128	4,85
		12	42,2	33,1	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	4,89
20	200	12	47,1	37,0	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37
		13	50,9	39,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42
		14	54,6	42,8	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46
		16	62,0	48,7	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54
		20	76,5	60,1	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,70
		25	94,3	74,0	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89
		30	111,5	87,6	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07
22	220	14	60,4	47,4	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	4941	5,93
		16	68,6	53,8	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02
25	250	16	78,4	61,5	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75
		18	87,7	68,9	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83
		20	97,0	76,1	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91
		22	106,1	83,3	6270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	11464	7,00
		25	119,7	94,0	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11
		28	133,1	104,5	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23
		30	142,0	111,4	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15753	7,31



Швеллер

Таблица 8

№ профилей	Масса 1 м, кг	Размеры, мм				Площадь сечения, см²	Справочные величины для осей							z_0, см
							x–x				y–y			
		h	b	s	t		I_x см⁴	W_x см³	i_x см	S_x см³	I_y см⁴	W_y см³	i_y см	
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,0	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14а	13,3	140	62	4,9	8,7	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5,0	8,4	18,1	747	93,4	5,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16а	15,3	160	68	5,0	9,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18	16,3	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18а	17,4	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9,0	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20а	19,8	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21,0	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22а	22,6	220	87	5,4	10,2	28,8	2330	212	8,90	121	187	30,0	2,55	2,46
24	24,0	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24а	25,8	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11,0	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7,0	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Задание 4. Расчёт сплошного круглого бруса на прочность при кручении

К стальному брусу круглого поперечного сечения приложены четыре крутящих момента M_1, M_2, M_3, X, три из которых известны.

При заданном расстоянии между действующими моментами и модуле сдвига (упругости) стали G, равном $8 \cdot 10^5$ МПа, требуется:

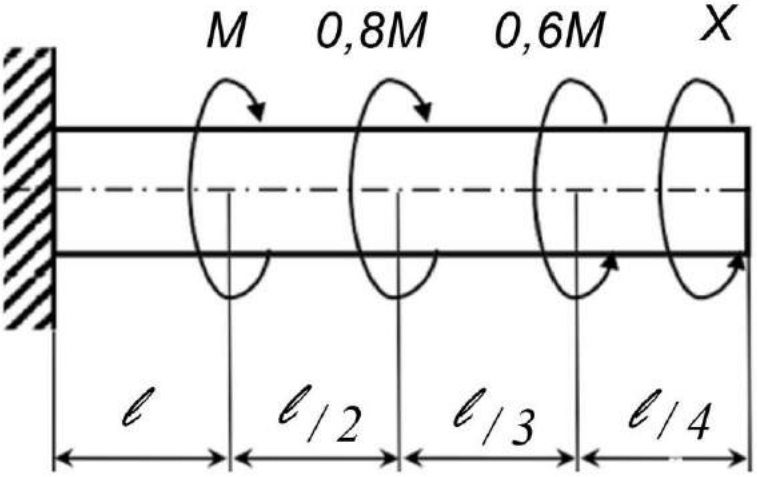
1) установить, при каком значении момента X угол поворота правого концевого сечения равен нулю;

2) при найденном значении момента X построить эпюру крутящих моментов;

3) при заданном значении допускаемого напряжения $[\tau]$ определить диаметр вала из условия его прочности и округлить величину диаметра до ближайшей большей стандартной величины, равной 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 90, 100 мм;

4) проверить, выполняется ли условие жесткости бруса при выбранном диаметре, если допускаемый угол закручивания $[\varphi]$ = 1 град/м;

5) построить эпюру углов закручивания.



Значения исходных данных берутся из табл. 9. Например, для учебного шифра 4195 нужно принять ***[τ] = 110 МПа***; ***ℓ =0,9 м***; ***M = 1,5 кН*м***

Таблица 9 – Исходные данные к заданию 4

Номер столбца (варианта)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
[τ], МПа	100	110	120	30	40	50	60	70	80	90
ℓ, м	1,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
M, кН*м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9

Задание 5. Расчёт балки на прочность при поперечном изгибе

Горизонтальная балка опирается на неподвижный и подвижные шарниры. Балка нагружена парой сил с моментом *M* пары, распределенной нагрузкой интенсивности *q* в вертикальной плоскости и сосредоточенной силой *F*.

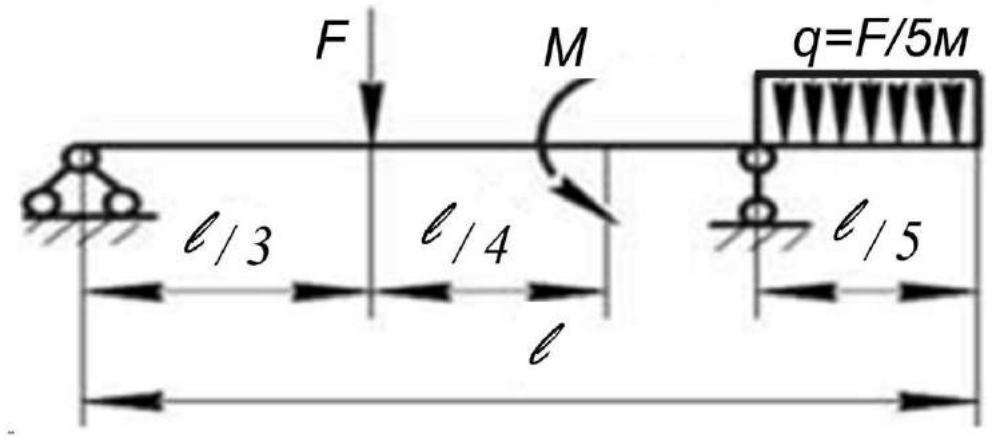
Для заданной схемы балки требуется:

1) построить эпюру поперечных сил;

2) построить эпюру изгибающих моментов;

3) найти опасное сечение;

4) определить предельный размер *a* сечения балки, исходя из условия прочности по допускаемому нормальному напряжению $[\sigma_p]$, равному 160 МПа.



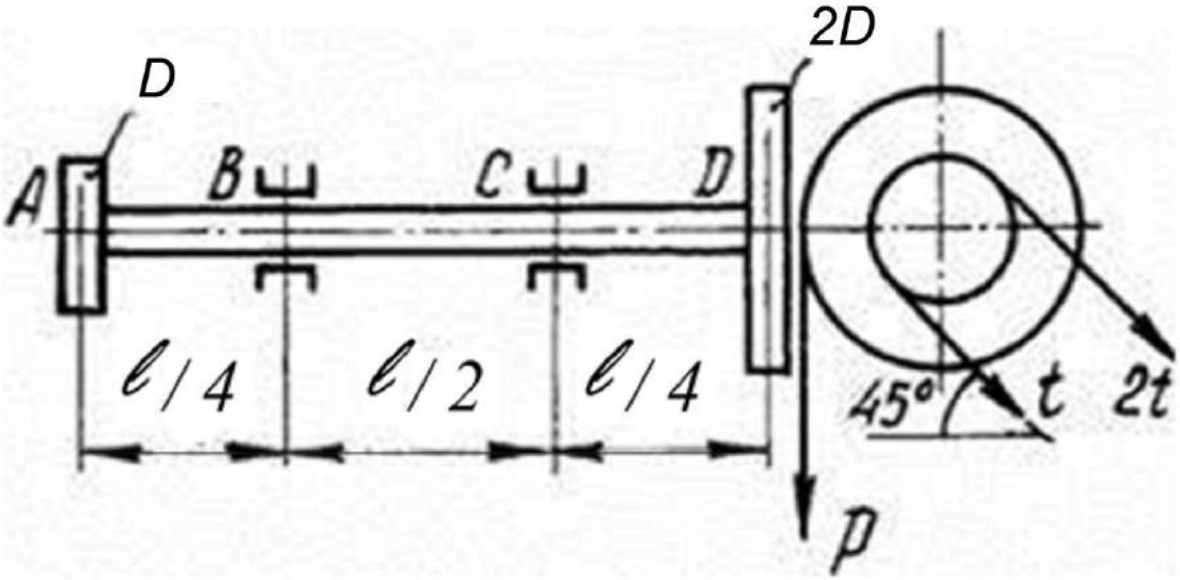
Значения исходных данных берутся из табл. 10. Например, для учебного шифра 4195 нужно принять ***M = 11 кН*м; ℓ =5,5 м***; ***F=15 кН***, следовательно, q=15/5=3,0 кН/м

Таблица 10 – Исходные данные к заданию 2

Номер столбца (варианта)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M, кН*м	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ℓ, м	1,5	1	2	3	4	5	2,5	3,5	4,5	5,5
F, кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Задание 6. Расчёт бруса круглого сечения на прочность при кручении с изгибом

Стальной вал постоянного сечения вращается с частотой *n=380 об/мин* и передает мощность *N =20 кВт*. Требуется подобрать диаметр вала из условия его прочности при совместном действии изгиба и кручения, если известны предел текучести материала $\sigma_т$ и коэффициент запаса прочности $n_т = 3$.



Значения исходных данных берутся из табл. 11. Например, для учебного шифра 4195 нужно принять ***ℓ =1,1 м***; ***D*** = 0,9 ***м, марка стали 25.***

Таблица 11 – Исходные данные к заданию 6

Номер столбца (варианта)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ, м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
D, м	1,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Марка стали	3	10	20	30	4	25	35	10	20	30

Таблица 12 – Механические характеристики сталей

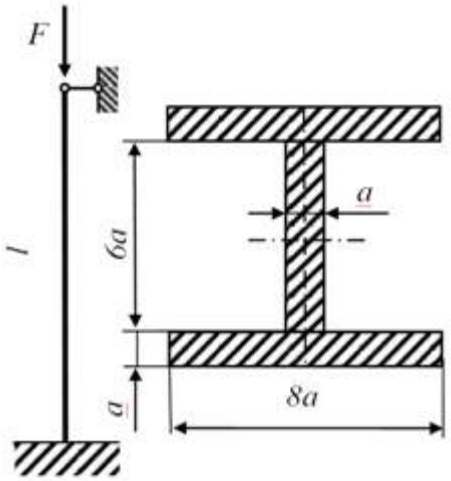
Марка стали	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Предел прочности $\sigma_в$, МПа	Предел выносливости	
			при изгибе σ_{-1}, МПа	при кручении τ_{-1}, МПа
3	250	420	170 - 220	100 -130
4	280	460	190 - 250	100 -130
10	250	340	160 - 190	80 - 120
20	250	420	170 - 220	100 - 130
25	280	460	190 - 250	100 -130
30	300	500	200 - 270	110 - 140
35	320	540	220 - 300	130 - 180

Задание 7. Расчёт стержня на устойчивость

Для стального стержня длиной *l*, сжимаемого силой *F*, требуется:

1) подобрать размеры поперечного сечения стержня из условия его устойчивости при допускаемом напряжении на сжатие [σ] = 160 МПа (расчет проводить методом последовательных приближений по коэффициенту снижения допускаемых напряжений на сжатие);

2) найти величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости n_y.



Значения исходных данных берутся из табл. 12. Например, для учебного шифра 4195 нужно принять ***F=260 кН м; ℓ =3,0 м***

Таблица 12 – Исходные данные к заданию 7

Номер столбца (варианта)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F, кН	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
l, м	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8

Таблица 13 – Коэффициенты приведения длины μ в зависимости от способа закрепления концов стержня.

Схема закрепления				
Коэффициент μ	2	1	0,7	0,5

Таблица 14 – Коэффициент φ для стали Ст5 при различных значениях гибкости λ.

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
φ	1,00	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,76	0,70	0,62	0,51	0,43	0,36	0,33	0,29	0,26	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16

3.3 Пример расчета составного бруса на прочность при растяжении - сжатии

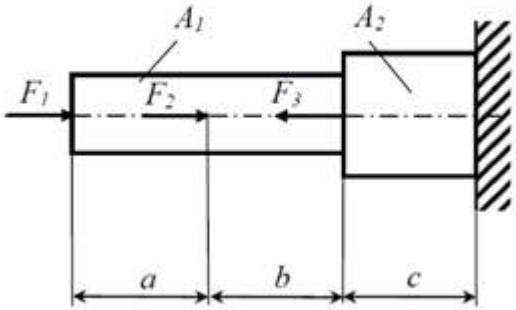


Рисунок 1.1– Схема к задаче 1

Стальной составной брус, заделан на одном конце и нагружен внешними силами F_1, F_2 и F_3, направленными вдоль оси бруса. Заданы длины участков *a, b, c* и площади их поперечных сечений A_1 и A_2 .

Требуется при известном модуле упругости $E = 2 \times 10^5$, пределе текучести $\sigma_\tau = 240$ *МПа* и запасе прочности по отношению к пределу текучести $n_T = 1{,}5$:

1. построить эпюру внутренних продольных сил N;
2. построить эпюру нормальных напряжений σ;
3. построить эпюру продольных перемещений Δl;
4. проверить условие прочности бруса при допускаемом растягивающем напряжении (σ_P), равном 240 МПа;
5. найти полное удлинение (укорочение) бруса при выполнении условия прочности.

Дано: F_1= 35 кН, F_2= 70 кН, F_3=115 кН,

a = 0,4 м, *b* = 0,6 м, *c* = 0,6 м,

A_1 = 4 см^2, A_2 = 10 см^2

Решение

Освободим брус от связи в виде заделки, приложив к левому концу реакции связи. Составим расчетную схему бруса с указанием внешних сил и реакций связей.

Уравнения равновесия бруса, нагруженного плоской системой сил, запишем в аналитическом виде:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = -X_O - F_1 - F_2 + F_3 = 0 \qquad \sum_{i=1}^{n} Y_i = Y_o = 0 \qquad \sum_{i=1}^{n} M_O(F_i) = M_O = 0$$

Из уравнений равновесия бруса найдем, что в случае действия продольных сил момент M_0 в заделке отсутствует ($M_O = 0$), а сила реакции R направлена вдоль оси X:

$$X_O = F_3 - F_2 - F_1 = 115 - 70 - 35 = 10 \ \ кН$$

$$Y_O = 0 \qquad \vec{R} = \vec{X}_O + \vec{Y}_O = 10кН$$

Определим внутренние продольные силы и нормальные напряжения в сечениях на расстоянии *x* от левого конца бруса:

$$N(x)_1 = -F_1 = -35 \ \ кН$$

$$\sigma(x)_1 = \frac{N(x)_1}{A_1} = -\frac{35\times10^3 Н}{4\times10^{-4} м^2} = -87{,}5 \ \ МПа \ \ при \ \ 0 \le x \le 0{,}4$$

$$N(x)_2 = -F_1 - F_2 = -35 - 70 = -105кН$$

$$\sigma(x)_2 = \frac{N(x)_2}{A_1} = -\frac{105\times10^3 Н}{4\times10^{-4} м^2} = -262{,}5 \ \ МПа \ \ при \ \ 0{,}4 \le x \le 1{,}0$$

$$N(x)_3 = -F_1 - F_2 + F_3 = -105 + 115 = 10кН$$

$$\sigma(x)_3 = \frac{N(x)_3}{A_2} = \frac{10\times10^3 Н}{10\times10^{-4} м^2} = 10 \ \ МПа \ \ при \ \ 1{,}0 \le x \le 1{,}6$$

Для построения эпюры перемещений вычисляем абсолютные удлинения отдельных участков бруса, используя закон Гука:

$$\Delta l_1 = \frac{\sigma_1 l_1}{E_c} = -\frac{87{,}5\times0{,}4}{2\times10^5} = -17{,}5\times10^{-5} м$$

$$\Delta l_2 = \frac{\sigma_2 l_2}{E_c} = -\frac{262{,}5\times0{,}6}{2\times10^5} = -78{,}8\times10^{-5} м$$

$$\Delta l_3 = \frac{\sigma_3 l_3}{E_c} = \frac{10\times0{,}6}{2\times10^5} = 3\times10^{-5} м$$

Определяем перемещения сечений, начиная с неподвижного закрепленного конца.

В заделке перемещение равно нулю.

Сечение 3 переместится в результате изменения длины участка 3. Перемещение сечения определяется по формуле:

$\Delta 3 = \Delta l_3 = 3 \times 10^{-5}$ м

Перемещение сечения 2 является результатом изменения длин 3 и 2. Складывая их удлинения, получаем:

$\Delta 2 = \Delta l_3 + \Delta l_2 = 3 \times 10^{-5} - 78{,}8 \times 10^{-5} = -75{,}8 \times 10^{-6}$ м

Вычисляем перемещение сечения 1:

$\Delta 1 = \Delta l_3 + \Delta l_2 + \Delta l_1$

$\Delta 1 = -75{,}8 \times 10^{-5} - 17{,}5 \times 10^{-5} = -93{,}3 \times 10^{-5}$ м

Проверяем прочность бруса.

Условие прочности записывается в следующем виде: $\sigma_{max} \leq [\sigma]$.

Максимальное напряжение σ_{max} находим по эпюре напряжений, выбирая максимальное по абсолютной величине:

$\sigma_{max} = 262{,}5$ МПа.

Это напряжение действует на 2 участке, все сечения которого являются опасным.

Допускаемое напряжение вычисляем по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{240}{1{,}5} = 160 \ \ МПа$$

Сравнивая σ_{max} и $[\sigma]$, видим, что условие прочности не выполняется, так как максимальное напряжение превышает допускаемое.

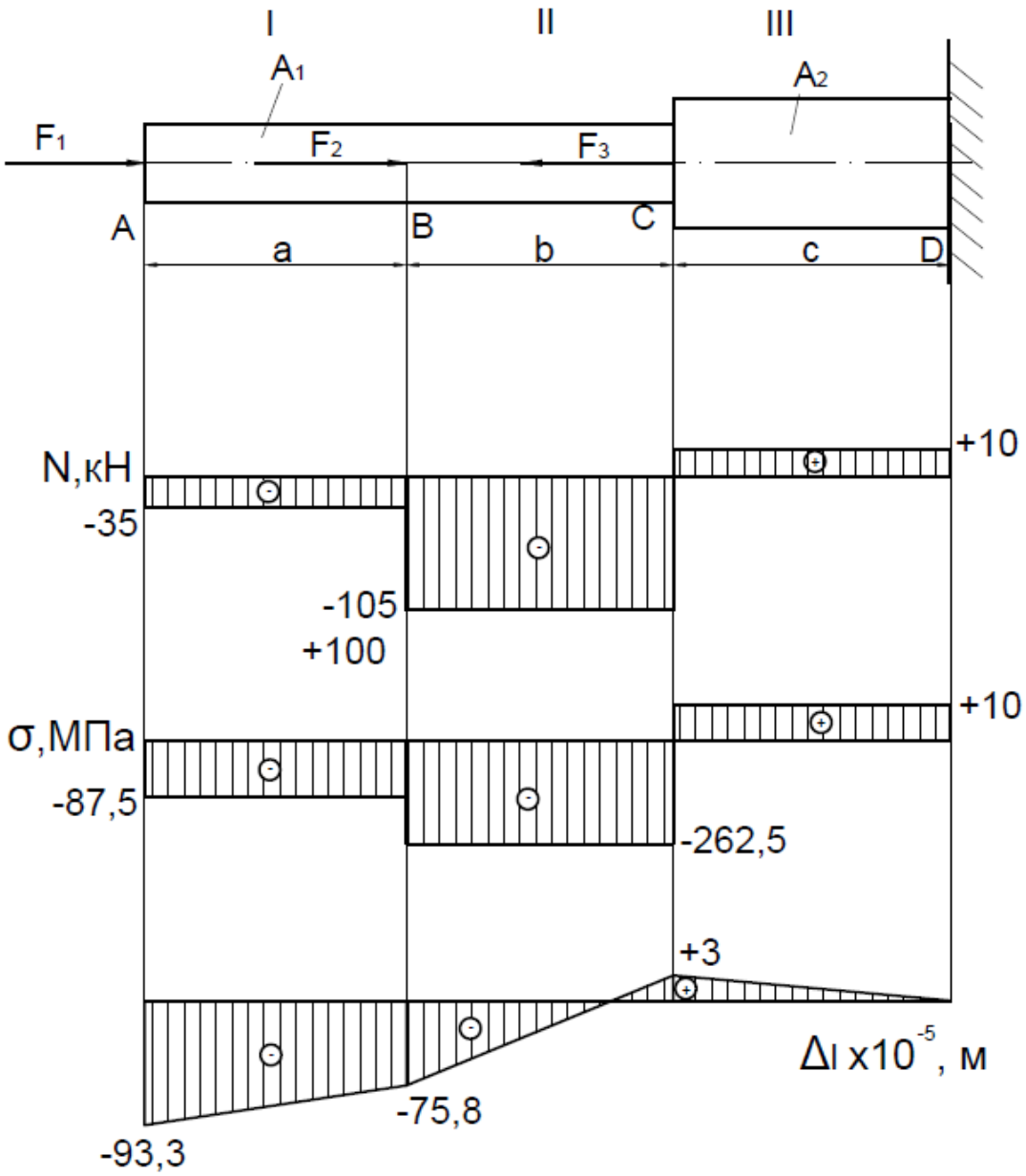


Рисунок 1.2– Эпюры к задаче 1

Оглавление

Раздел 1. Общие методические указания по изучению дисциплины 3
1.1. Цели и задачи дисциплины 3
1.2. Требования к результатам освоения дисциплины 3
1.3. Библиографический список 4
1.4. Распределение учебного времени по разделам и темам дисциплины.....5
Раздел 2. Методические указания по изучению дисциплины 6
Раздел 3. Задания для контрольной работы и методические указания по ее выполнению 14
3.1. Методические указания по выполнению контрольной работы 14
3.2. Задачи для контрольной работы. 16
3.3. Пример расчета составного бруса на прочность при растяжении – сжатии……27