

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
«ИРКУТСКИЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИКУМ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

для студентов заочников
по учебной дисциплине

ОП.02 Техническая механика

специальность 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники
и оборудования

Иркутск
2022

Методические указания устанавливают состав, содержание, порядок выполнения и оформление контрольной работы, выполняемой студентами заочного отделения по специальности 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования при изучении дисциплины «Техническая механика».

Рассмотрены на заседании цикловой комиссии _____
(Протокол № от «10» 14 июня 2022 г). У.И. Копытев *И.И.*

Рекомендованы методическим советом ГБПОУ «Иркутский аграрный техникум» от «15» сентября 2022 г. Протокол №1

Составитель: преподаватель первой квалификационной категории Бабицкая Мария Александровна

Содержание

	Стр.
Введение	4
1. Структура и содержание дисциплины	6
2. Правила выполнения и оформления контрольной работы	10
3. Контрольная работа по дисциплине	11
4. Список литературы	42
Приложение	43

Введение

Методические указания по изучению учебной дисциплины Основы агрономии разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования.

Программой дисциплины «Техническая механика» предусматривается изучение общих законов движения и равновесия материальных тел, основ расчета элементов конструкции на прочность, жёсткость и устойчивость, основ проектирования деталей и сборочных единиц машин и состоит из 3 основных разделов: теоретической механики, сопротивления материалов и деталей машин. Теоретическая механика имеет большое общеобразовательное значение, являясь научной базой современной техники, основой других учебных дисциплин, необходимых инженерам.

В результате изучения дисциплины «Техническая механика» студенты должны;

знать:

- виды машин и механизмов, принцип действия, кинематические и динамические характеристики;
- типы кинематических пар;
- типы соединений деталей и машин;
- основные сборочные единицы и детали;
- характер соединения деталей и сборочных единиц;
- принцип взаимозаменяемости;
- виды движений и преобразующие движения механизмы;
- виды передач; их устройство, назначение, преимущества и недостатки, условные обозначения на схемах;
- передаточное отношение и число;
- методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации

уметь:

- читать кинематические схемы;
- проводить расчет и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;
- проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;
- определять напряжения в конструктивных элементах;
- производить расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;
- определять передаточное отношение.

Основная форма изучения дисциплины – самостоятельная работа студентов над рекомендуемой литературой в соответствии с методическими указаниями.

В процессе изучения дисциплины студенты-заочники должны выполнить одну контрольную работу по заданному варианту.

Оформленная и подписанная студентом контрольная работа предоставляется в образовательное учреждение посредством загрузки в программу moodle **не позднее двух недель до начала сессии**. Рецензируется преподавателем. После получения проверенной контрольной работы с рецензией преподавателя студент должен исправить допущенные ошибки, выполнить, если это нужно, дополнительные исследования и повторно отправить работу.

1. Структура и содержание учебной дисциплины

1.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Объем обязательной нагрузки	236
Всего во взаимодействии с преподавателем	190
в том числе:	
лекции	120
практические занятия	60
консультация	4
экзамен	6
Самостоятельная учебная работа	46
в том числе:	
расчетно-графические работы	26
тематика аудиторной самостоятельной работы	20
<i>Промежуточная аттестация в форме – текущий экзамен в 4 семестре</i>	

1.2 Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Теоретическая механика

Тема 1.1. Статика

Изучить основные понятия и аксиомы статики. Связи. Реакции связи. Виды связей.

Иметь представление о плоской системе сходящихся сил. Определять равнодействующую силу геометрическим и аналитическим способом.

Изучить плоскую систему произвольно расположенных сил. Использовать уравнения равновесия для определения неизвестных сил;

Определять момент пары сил относительно точки.

Изучить балочные системы. Определять реакций опор и моментов защемления.

Изучить пространственную систему сил.

Определять центры тяжести плоских фигур.

Тема 1.2. Кинематика

Изучить основные понятия кинематики и кинематика точки. Уметь определять параметры движения точки.

Иметь представление о простейшем и сложном движении точки, твердого тела, о различных случаях вращательного движения.

Определять параметры движения твердого тела и любой его точки.

Тема 1.3. Динамика

Изучить основные понятия и аксиомы динамики.

Иметь представление о трении, как о сопротивлении движению.

Рассчитывать работу, мощность, КПД с учетом силы трения и сил инерции.

Изучить общие теоремы динамики. Понятие о балансировке вращающихся тел.

Некоторые сведения о механизмах. Понятие о промышленных роботах.

Раздел 2. Сопротивление материалов

Тема 2.1. Основные положения сопротивления материалов

Изучить основные понятия сопротивления материалов.

Ознакомиться с основными положениями, допущениями, принятыми при расчетах.

Знать виды деформаций, метод сечений, условия прочности при деформации.

Тема 2.2. Растяжение. Сжатие

Изучить деформации растяжение и сжатие.

Иметь представление о внутренних силовых факторах при деформациях.

Производить расчет продольных и поперечных деформаций, применяя закон Гука.

Строить эпюры продольных сил и напряжений при растяжении (сжатии).

Тема 2.3. Механические испытания

Ознакомиться с методами механических испытаний.

Научится определять предельные и допускаемые напряжения.

Тема 2.4. Срез и смятие

Иметь представление об основных предпосылках и условиях расчетов на срез и смятие, о выборе допускаемых напряжений.

Уметь выполнять практические расчеты на срез и смятие.

Изучить контактные напряжения, напряжения в наклонных сечениях, главные напряжения.

Тема 2.5. Геометрические характеристики плоских сечений

Знать геометрические характеристики плоских сечений, формулы для расчета осевых моментов инерции простейших сечений и полярных моментов инерции для круга и кольца.

Уметь определять момент инерции при параллельном переносе осей.

Изучить главные оси и главные моменты инерции.

Тема 2.6. Кручение

Иметь представление о деформации кручения, о внутренних силовых факторах.

Изучить напряжение и деформации при кручении.

Производить расчеты на прочность и жесткость при кручении. Строить эпюры крутящих моментов.

Ознакомиться с понятием потенциальной энергии при деформации кручения.

Тема 2.7. Изгиб

Знать классификацию видов изгиба, внутренние силовые факторы при изгибе.

Уметь определять нормальные напряжения при изгибе. Производить расчеты на прочность.

Обратить внимание на понятия о касательных напряжениях при изгибе, линейные угловые перемещения.

Строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Обратить внимание на дифференциальные зависимости при изгибе

Тема 2.8. Сочетание основных деформаций

Обратить внимание на сочетание основных деформаций.

Изучить гипотезы прочности.

Производить расчет круглого бруса поперечного сечения при сочетании основных видов деформаций

Тема 2.9. Устойчивость сжатых стержней

Иметь представление о устойчивости сжатых стержней.

Обратить внимание на сопротивление усталости.

Производить расчет стержней на устойчивость.

Раздел 3. Детали машин

Тема 3.1. Основные положения

Знать определения: машина, механизм, деталь, сборочная единица; классификацию машин по назначению; критерии работоспособности и расчета деталей машин; требования предъявляемые к деталям и сборочным единицам машин.

Обратить внимание на краткие сведения о конструкционных машиностроительных материалах.

Тема 3.2. Общие сведения о механических передачах

Знать назначение и роль передач в машинах; классификацию передач и их краткий анализ

Тема 3.3. Ременные передачи

Знать основные геометрические и кинематические соотношения ременной передачи.

Иметь представление о плоскоременных передачах, клиноременных, передачах зубчатым ремнем, ременных вариаторов.

Производить расчет ременной передачи.

Обратить внимание на шкивы и натяжные устройства.

Тема 3.4. Цепные передачи

Изучить основные характеристики цепных передач, цепных вариаторов.

Знать конструкции основных элементов цепных передач, критерии работоспособности и расчет цепных передач.

Тема 3.5. Фрикционные передачи и вариаторы

Ознакомится с общими сведениями о фрикционной передаче.

Обратить внимание на виды фрикционных вариаторов.

Производить расчет фрикционных вариаторов.

Тема 3.6. Винтовые передачи

Ознакомиться с общими сведениями о винтовой передаче.

Производить расчет винтовой передачи.

Тема 3.7. Общие сведения о механизмах преобразования одного вида движения в другой

Изучить рычажные механизмы, кулачковые механизмы, механизмы прерывистого действия.

Тема 3.8. Зубчатые передачи и редукторы

Знать геометрию эвольвентного зубчатого зацепления; геометрические и кинематические параметры зубчатых передач; конструкции и материалы зубчатых колес, способы изготовления зубчатых колес и их эксплуатации.

Обратить внимание на основные сведения о редукторах.

Иметь представление о цилиндрических зубчатых передачах, конических зубчатых, планетарных, волновых, червячных передачах.

Производить расчет червячной передачи, цилиндрической зубчатой передачи

Обратить внимание на модификацию зубьев зубчатых передач.

Изучить силы в червячном зацеплении.

Уяснить критерии работоспособности.

Тема 3.9. Детали вращения

Иметь представление о значении, классификации, элементах конструкции валов и осей; о материалах; о классификации муфт приводов их устройстве и назначении.

Знать назначение, конструкцию, материалы подшипников качения и скольжения.

Обратить внимание на смазывание подшипников качения.

Тема 3.10 Детали соединения

Иметь представление о назначении соединений неразъемных и разъемных.

Изучить виды сварных соединений, виды резьбовых соединений, основы расчета на прочность при постоянной нагрузке.

2. Правила выполнения и оформления контрольной работы.

1. При выполнении контрольной работы надо строго придерживаться указанных ниже правил. Работа, выполненная без соблюдения этих правил **не засчитывается и возвращается студенту для переработки и дальнейших** замечаний рецензента.

2. Контрольная работа выполняется в тетради в клетку, на обложки которой указывается фамилия, имя, отчество шифр, дисциплина, номер контрольной работы.

3. Текст выполняется ручкой, схемы карандашом. Решение каждой задачи начинается с новой страницы.

4. После записи всех задач указать список использованной литературы. В списке литературы указывается ФИО авторов в алфавитном порядке, полное название работы, место издательства, год издания, количество страниц или их диапазоны.

5. Решение задачи начинается с предварительной записи условия, в текстовой форме, а затем в колонку с указанием известных и неизвестных величин.

6. Решение выполняется в последовательности, указанной в примере, действия поясняются текстом.

7. Все вычисления следует производить в единицах системы СИ.

8. После получения прорецензированной работы, как не зачетной, так и зачетной, студент должен исправить все отмеченные рецензентом ошибки и недочеты и выполнить все рекомендации рецензента.

9. В случае незачета и отсутствия прямого указания рецензента на то, что студент может ограничиться внесением исправлений в контрольную работу, вся работа должна быть выполнена заново.

3. Контрольная работа №1 по дисциплине ОП.02 «Техническая механика» студентов заочного отделения по специальности «35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования»

Задания для домашней контрольной работы содержат четыре задачи. Вариант контрольной работы, подлежащий выполнению, определяется по списку студента.

Задание 1.1.

Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил

Цель: Научиться находить равнодействующую плоской системы сходящихся сил графическим и аналитическим способами.

Приобретаемые умения и навыки: Нахождение равнодействующую плоской системы сходящихся сил графическим и аналитическим способами.

Ход работы:

Вопросы для повторения:

1. Определение плоской системы сходящихся сил (ПССС)
2. Равнодействующая ПССС
3. Порядок построения многоугольника сил

Методические указания

1. Определение равнодействующей графическим способом

1.1. Принять масштаб для построения μ [Н/см].

1.2. Определить длину отрезков, соответствующих силам P_1 , P_2 и P_3

$$l = P / \mu$$

1.3. Построить схему, учитывая индивидуальное задание на рис.1 (углы между векторами сил и осями)

1.4. Построить силовой многоугольник в натуральную величину, учитывая углы. Отложить вектор силы P_1 , из его конца отложить вектор силы P_2 т.д. Вектор равнодействующей силы замкнет силовой многоугольник, его начало совпадает с началом вектора силы P_1 .

1.5. Измерить полученный вектор равнодействующей силы и рассчитать его величину

$$P_{\text{рав}} = \mu l_{\text{рав}}$$

2. Определить равнодействующую аналитическим способом

2.1. Определить сумму проекций всех сил на ось ОХ

$$P_{\text{равх}} = P_{1x} + P_{2x} + P_{3x}, \quad [2, \text{с.20}]$$

$$P_{1x} = P_1 \cdot \cos \delta \text{ и т.д.}, \quad [2, \text{с.19}]$$

где δ -угол между вектором силы P_1 и осью ОХ

2.2. Определить сумму проекций всех сил на ось ОУ

$$P_{\text{раву}} = P_{1y} + P_{2y} + P_{3y}, \quad [2, \text{с.20}]$$

$$P_{1y} = P_1 \cdot \cos \varphi, \quad [2, \text{с.19}]$$

где φ -угол между вектором силы P_1 и осью OY

2.3.Определить равнодействующую

$$P_{\text{рав}} = \sqrt{(P_{\text{равх}}^2 + P_{\text{раву}}^2)} \quad [2, \text{с.21}]$$

3.Сравнить величины равнодействующей силы, полученные графическим и аналитическими способами. Сделать вывод.

4.Ответить на контрольные вопросы

Пример выполнения задания

Дано: Плоская система сходящихся сил, где $P_1=20\text{Н}$, $P_2=5\text{Н}$, $P_3=30\text{Н}$, $\alpha=0^\circ$, $\beta=45^\circ$, $\gamma=60^\circ$

Графический способ:

1.Принимаем масштаб для построения $\mu=5\text{Н/см}$.

2. Определяем длину отрезков:

$$l_1 = P_1 / \mu = 20 / 5 = 4\text{см},$$

$$l_2 = P_2 / \mu = 5 / 5 = 1\text{см},$$

$$l_3 = P_3 / \mu = 30 / 5 = 6\text{см}.$$

3.Строим схему, учитывая задание (рис.2)

4.Строим силовой многоугольник (рис.3)

5. Измеряем полученный вектор равнодействующей силы, и рассчитываем его величину:

$$P_{\text{рав}} = 5 \cdot 4 = 20\text{Н}$$

Аналитический способ:

6. Определяем сумму проекций всех сил на ось OX

$$P_{1x} = P_1 \cos 0 = 20 \cdot 1 = 20$$

$$P_{2x} = P_2 \cos 135 = 5 \cdot (-0,7) = -3,5$$

$$P_{3x} = P_3 \cos 210 = 30 \cdot (-0,866) = -26$$

$$P_{\text{равх}} = 20 - 3,5 - 26 = -9,5$$

7. Определяем сумму проекций всех сил на ось OY

$$P_{1y} = P_1 \cos 90 = 20 \cdot 0 = 0$$

$$P_{2y} = P_2 \cos 45 = 5 \cdot 0,7 = 3,5$$

$$P_{3y} = P_3 \cos 120 = 30 \cdot (-0,5) = -15$$

$$P_{\text{раву}} = 0 + 3,5 - 15 = -11,5$$

8. Определяем равнодействующую

$$P_{\text{рав}} = \sqrt{(-9,5)^2 + (-11,5)^2} = 15\text{Н}$$

9.Сравниваем ответы и делаем вывод

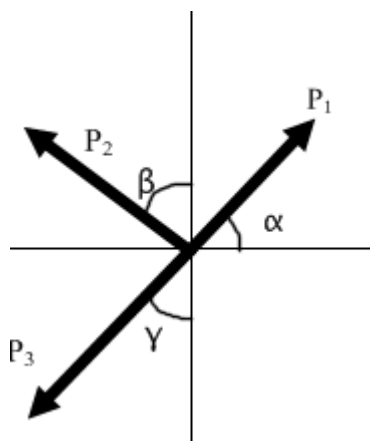


рис.2

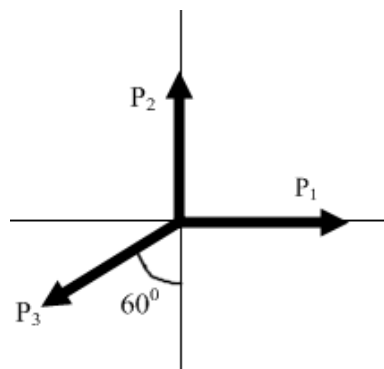


рис.1

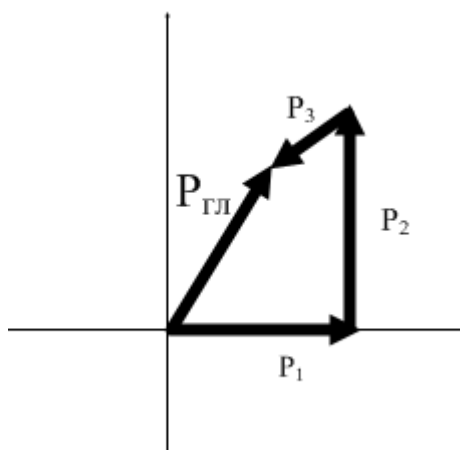


рис.3

Задание

вариант	$P_1, (H)$	$P_2, (H)$	$P_3, (H)$	α	β	γ
1	20	10	50	90	210	45
2	30	20	40	90	210	45
3	40	30	10	90	210	45
4	50	40	20	90	210	30
5	10	20	40	0	90	30
6	20	30	50	0	90	25
7	30	40	10	0	90	25
8	40	50	10	0	90	10
9	10	20	30	90	180	10
10	20	30	50	90	180	10
11	30	40	10	90	180	10
12	40	50	10	90	315	15
13	10	20	40	180	315	15
14	20	30	60	180	315	15
15	30	40	10	180	270	90
16	40	10	20	180	270	90
17	10	20	30	150	270	90
18	20	50	10	150	0	90
19	30	10	40	150	0	30
20	40	20	20	150	0	25
21	10	50	30	315	0	25

22	20	30	40	315	150	10
23	30	20	10	315	150	10
24	40	30	20	315	150	45
25	10	20	50	315	45	90
26	20	60	10	90	45	10
27	30	20	60	0	45	20
28	40	50	10	45	45	90

Контрольные вопросы:

1. Что изучает статика?
2. Условие равновесия ПССС в аналитической и геометрической форме.

Задание 1.2.

Определение реакций в опорах балки

Цель: Научиться определять реакции в опорах балки, выполнять проверку решения.

Приобретаемые умения и навыки: Нахождение реакций в опорах балки.

Вопросы для повторения:

1. Виды связей и реакции связей
2. Виды нагрузок
3. Виды балок

Методические указания

1. Освободить балку (рис.1) от опор, заменив их действия реакциями.
2. Для распределенной нагрузки определить равнодействующую G .
3. Составить и решить уравнения равновесия

$$\sum M_A(P_k) = 0$$

$$\sum M_B(P_k) = 0 \quad [2, \text{с.44}]$$

$$\sum P_{kx} = 0$$

4. Проверить найденные реакции, составив и решив уравнение

$$\sum P_{ky} = 0 \quad [2, \text{с.44}]$$

Примечание

Правило знаков для определения момента силы относительно точки: если сила вращается относительно точки по часовой стрелке, значит, она положительна, и наоборот.

5. Сделать вывод, ответить на контрольные вопросы

Пример выполнения

Дано: $P=60\text{кН}$, $M=50\text{кНм}$, $q=10\text{кН/м}$, $a=1,5\text{м}$, $b=2\text{м}$, $c=0,5\text{м}$, $l=3\text{м}$, $\alpha=30^\circ$

1. Освобождаем балку от опор, заменив их действия реакциями R_{Ay} , R_{By} и R_{Bx} (рис.2)

2. Для распределенной нагрузки определяем равнодействующую

$$G = q \cdot a = 10 \cdot 1,5 = 15\text{кН}$$

3. Составляем уравнения равновесия

$$\Sigma M_A(P_k) = -P(l+c)\sin 30^\circ - R_{By}l - M + Ga/2 = 0$$

$$\Sigma M_B(P_k) = R_{Ay}l - G(l-a/2) - M - P\cos 30^\circ = 0$$

$$\Sigma P_{kx} = R_{Bx} + P\cos 30^\circ = 0$$

4. Решаем уравнения относительно неизвестных

$$R_{By} = [-P(l+c)\sin 30^\circ - M + Ga/2]/l = [-60(3+0,5)0,5 - 50 + 15 \cdot 1,5/2]/3 = -48 \text{ кН}$$

$$R_{Ay} = [G(l-a/2) + M + P\cos 30^\circ]/l = [15(3-1,5/2) + 50 + 60 \cdot 0,5 \cdot 0,5]/3 = 33 \text{ кН}$$

$$R_{Bx} = -P\cos 30^\circ = -60 \cdot 0,866 = 52 \text{ кН}$$

Меняем направление действия силы R_{By} , т.к. она отрицательна

5. Проверяем найденные реакции

$$\Sigma F_{ky} = R_{Ay} - R_{By} - G + P\cos 30^\circ = 0$$

$$33 - 48 - 15 + 60 \cdot 0,5 = 0$$

$$63 - 63 = 0 \leftrightarrow 0 = 0$$

Реакции опор найдены, верно

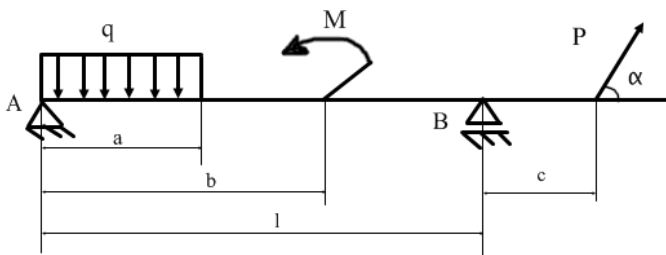


рис.1

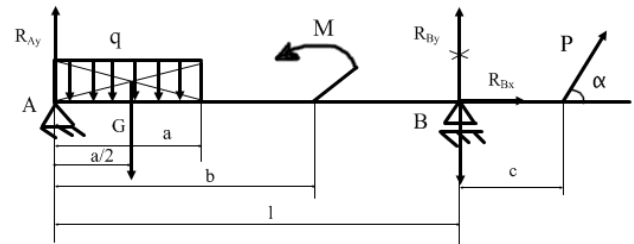


рис.2

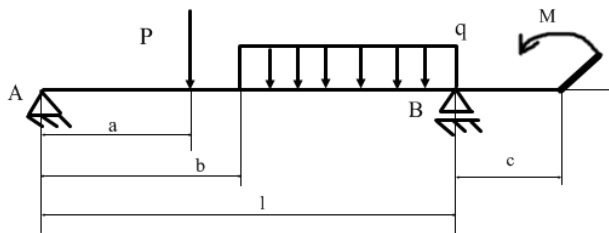


схема 1

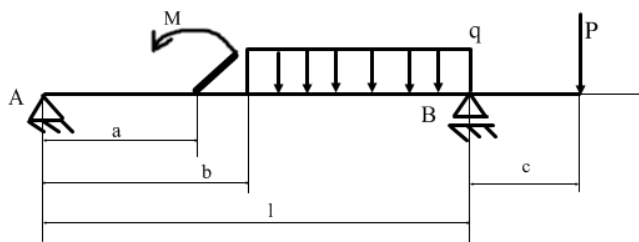


схема 2

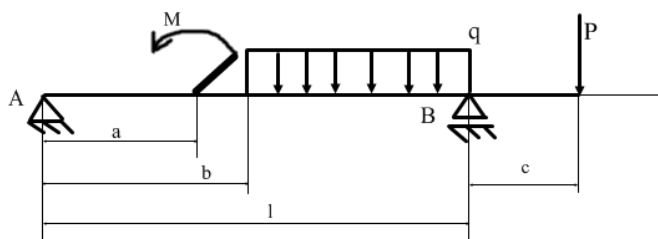


схема 3

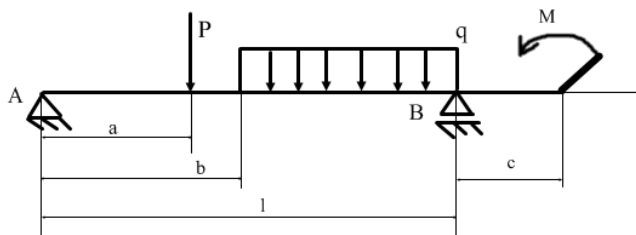


схема 4

Задание

вариант	№ схемы	P, кН	M, кНм	q, кН/м	a, м	b, м	c, м	l, м	α , град
1	1	30	60	10	2	4	0,5	6	30
2		40	50	20	1	3	0,5	5	45
3		50	40	10	1	2	0,5	3	20
4		20	60	20	3	6	0,5	10	40
5		10	50	30	3	5	0,7	6	30
6		30	40	40	2	3	0,7	5	10
7		40	60	40	4	6	0,3	7	15
8	2	50	40	30	4	7	0,4	8	60
9		40	30	10	2	4	0,5	6	40
10		20	30	20	6	8	0,6	9	25
11		30	50	40	6	9	0,3	10	30
12		10	40	30	7	9	0,3	10	50
13		40	60	10	2	5	0,1	6	45
14		50	20	30	3	5	0,8	6	30
15	3	30	40	40	1	2	0,6	3	30
16		10	30	30	1	3	0,6	4	30
17		20	20	20	1	3	0,5	4	20
18		40	50	40	2	4	0,4	5	15
19		30	40	30	3	5	0,3	6	45
20		50	60	40	2	3	0,2	5	45
21		10	40	20	2	3	0,3	5	30
22	4	40	60	10	3	4	0,5	7	60
23		20	20	30	4	5	0,7	6	60
24		30	50	10	6	9	0,8	10	30
25		10	10	20	2	3	0,9	5	10
26		50	30	10	2	4	1	6	15
27		10	40	30	3	6	1	8	30
28		20	40	10	4	6	1	8	45

Контрольные вопросы:

1. Понятие силы
2. Понятие системы сил
3. Понятие связи

Задание 1.3.

Определение движущей силы трактора

Цель: Научиться определять реакции в опорах балки, выполнять проверку решения.

Приобретаемые умения и навыки: Нахождение реакций в опорах балки.

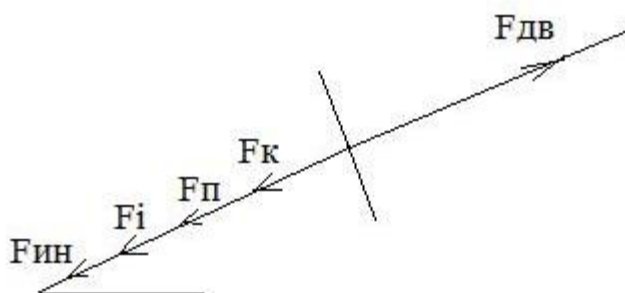
Вопросы для повторения:

1. Виды трения
2. Что такое инертность?
3. Когда возникает сила инерции?
4. В чем заключается принцип кинетостатики?

Методические указания

Движение трактора определяется параметрами движения: скоростью, ускорением; параметрами действия – силами: движущей $F_{дв}$, сопротивления качению F_k , сопротивления прицепа $F_{п}$, сопротивления на подъеме F_i , собственному сопротивлению – силе инерции $F_{ин}$.

Приняв трактор за точку Т, изобразим вектор сил:



Соотношение между силами определяется уравнением равновесия сил:

$\sum F = 0$, то есть

$$F_{дв} - F_k - F_{п} - (+) F_i - (+) F_{ин} = 0$$

Силы $F_{п}$, F_i , $F_{ин}$ могут быть со знаком «+», если они помогают $F_{дв}$ (направлены с ней), или со знаком «-», если они противодействуют $F_{дв}$.

Потребная движущая сила находится из уравнения равновесия сил после определения основных по формулам:

Сила сопротивления качению на горизонтальном участке при

$$F_k = f_k \cdot G_T$$

где F_k – коэффициент качению, зависящий от фона (основания, по которому движется трактор), его состояния, состояния колес.

G_T – вес (сила тяжести трактора), Н

Сила сопротивления прицепа (крюковая сила)

$$F_{п} = f \cdot m_{п} \cdot G_{п}$$

Здесь $G_{п}$ – вес прицепа, Н

Если прицепом является сельскохозяйственное орудие, типа плуг, культиватор, то его сопротивление определяется иначе, по формулам дисциплины «Сельскохозяйственные машины».

Сила тяжести на склоне

$$F_i = +(-)i \cdot G$$

где i – синус угла наклона дороги.

Сила тяжести на склоне положительна при спуске (+ i) и отрицательна при подъеме (- i).

Сила инерции прямолинейного движения

$$F_{ин} = +(-)ma$$

где m – масса трактора, прицепа;

$$m = G/g$$

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м/с

Ускорение положительно (+ a) при разгоне трактора и отрицательно (- a) при торможении.

Решение задачи состоит из этапов:

1. Построение линии векторов сил с учетом знаков уклона i и ускорения a .
2. Запись уравнения равновесия в соответствии со знаками сил F_i и $F_{ин}$.
3. Постановка вместо сил F_k , $F_{п}$ и т.д. их выражений.
4. Выражение неизвестной $F_{дв}$ из полученной формы уравнения.
5. Постановка численных значений в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1.

Фон	Значение коэффициента
Целина	0,05-0,07
Стерня	0,08-0,10
Пахота	0,13-0,17
Асфальт	0,02-0,03
Песок сухой	0,2-0,4

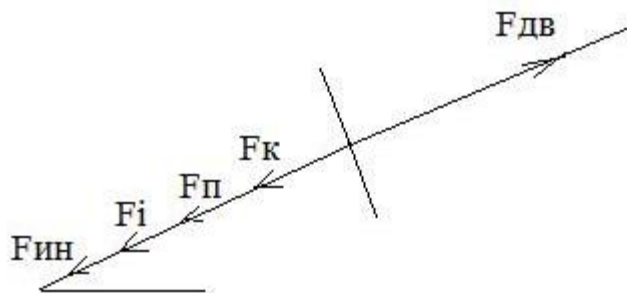
Пример выполнения

Определить движущую силу $F_{дв}$ и мощность трактора $P_{дв}$, если масса трактора $m_T = 4000$ кг, масса прицепа $m_{п} = 500$ кг, коэффициент сопротивления качению трактора и прицепа $f_k = 0,06$ на целине, уклон на подъеме $i = -0,2$, ускорение при подъеме $a = 0,6$ м/с², конечная скорость $V = 3$ м/с

Решение:

1. Строим схему векторов сил

Силы F_k и $F_{п}$ – силы, противодействующие $F_{дв}$, поэтому они направлены против вектора $F_{дв}$



Сила F_i на подъеме - тоже против $F_{дв}$, i со знаком «-»

$F_{ин}$ при разгоне (ускорение со знаком «+») против $F_{дв}$.

2. Уравнение равновесия. На трактор действуют силы: $F_{дв}$, сила сопротивления качению F_k , сила сопротивления прицепа $F_{п}$, сила преодоления подъема F_i , сила инерции $F_{ин}$.

В соответствии с положением векторов на направлении X , условие равновесия трактора запишем уравнениями:

$$F_{дв} - F_k - F_{п} - F_i - F_{ин} = 0$$

$$F_{дв} = F_k + F_{п} + F_i + F_{ин}$$

Сила сопротивления качению трактора:

$$F_k = f \cdot G_T = f \cdot m_T \cdot g$$

где m_T – масса трактора, кг

сила сопротивления прицепа:

$$F_{п} = f \cdot m_{п} \cdot g$$

Сила инерции:

$$F_{ин} = ma,$$

где $m = m_{п} + m_T$

Сила сопротивления подъему:

$$F_i = mgi$$

Движущая сила:

$$F_{дв} = f \cdot m_T \cdot g + f \cdot m_{п} \cdot g + ma + mgi = 0,06 \cdot 4000 \cdot 9,81 + 0,06 \cdot 500 \cdot 9,81 + 4500 \cdot 0,6 - 4500 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 3,480 \text{ т}$$

$$\text{Мощность трактора } P_{дв} = F_{дв} \cdot V = 3,480 \cdot 3 = 10,44 \text{ Вт}$$

Задание

Вариант	$a, \text{м/с}^2$	i	$V, \text{м/с}$	$m_T, \text{кг}$	$m_{п}, \text{кг}$	фон
1	+0,5	+0,17	3	3000	400	целина
2	-0,3	+0,1	2,3	4000	500	
3	-0,5	-0,17	5	2300	1000	
4	+0,6	-0,2	3	1700	600	
5	-0,4	-0,15	4	1600	500	
6	+0,5	+0,17	3	3100	1000	стерня
7	-0,3	+0,1	2,3	3200	1000	
8	-0,5	-0,17	5	2400	900	
9	+0,6	-0,2	3	1800	600	

10	-0,4	-0,15	4	1600	500	
11	+0,5	+0,17	3	1700	1000	пахота
12	-0,3	+0,1	2,3	1800	900	
13	-0,5	-0,17	5	1600	800	
14	+0,6	-0,2	3	1700	850	
15	-0,4	-0,15	4	1800	680	
16	+0,5	+0,17	3	2300	400	асфальт
17	-0,3	+0,1	2,3	4000	500	
18	-0,5	-0,17	5	3100	1000	
19	+0,6	-0,2	3	3000	1000	
20	-0,4	-0,15	4	4000	900	
21	+0,5	+0,17	3	4000	1200	целина
22	-0,3	+0,1	2,3	3100	2000	
23	-0,5	-0,17	5	2400	1080	
24	+0,6	-0,2	3	1700	600	
25	-0,4	-0,15	4	1500	550	стерня
26	+0,6	-0,2	3	3100	750	
27	-0,4	-0,15	4	1800	900	
28	+0,5	+0,17	3	2000	400	

Контрольные вопросы:

1. Какая материальная точка называется свободной?
2. Чем инертность отличается от силы инерции?
3. Чему равно ускорение при вращательном движении?

Задание 1.4

Расчет ступенчатого бруса

Цель: Научиться строить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и перемещения поперечных сечений.

Приобретаемые умения и навыки: Расчет ступенчатого бруса.

Вопросы для повторения:

1. В чем заключается метод сечений?
2. Внутренние силовые факторы (какие бывают, когда возникают)
3. Понятие растяжения, сжатия

Методические указания

1. Разбить балку на сечения
2. Определить значение продольных сил в каждом сечении N_z

Примечание:

Если продольная сила направлена от сечения, то брус растянут. Если к сечению – брус сжат. Растяжение - положительная деформация, сжатие – отрицательная.

3. Построить эпюры продольных сил

4. Определить величину нормальных напряжений в сечениях $\sigma = \frac{T_z}{A}$ [2, с.178]

5. Построить эпюру напряжений

6. Определить абсолютное удлинение бруса $\Delta l = \frac{\sigma * L}{E}$, [2, с.186]

где $E = 2 \cdot 10^5$ МПа - модуль упругости

7. Сделать вывод. Ответить на контрольные вопросы

Пример выполнения

1. Дано: $P_1 = 13 \text{ кН}$, $P_2 = 9 \text{ кН}$, $P_3 = 33 \text{ кН}$, $A_1 = 170 \text{ мм}^2$, $A_2 = 290 \text{ мм}^2$, $a = 0,25 \text{ м}$, $b = 0,4 \text{ м}$, $c = 0,25 \text{ м}$, $d = 0,75 \text{ м}$

2. Разбиваем балку на три сечения рис.1 а)

3. Определить значение продольных сил в каждом сечении N_z

$$T_{z1} = P_1 = 13,$$

$$T_{z2} = P_1 + P_2 = 13 + 9 = 22,$$

$$T_{z3} = P_1 + P_2 - P_3 = 13 + 9 - 33 = -11$$

4. Строим эпюру продольных сил рис.1 б)

5. Определить величину нормальных напряжений в сечениях. С учетом изменения величин площадей поперечного сечения участков напряжений больше.

$$\sigma_1 = \frac{T_{z1}}{A_1} = \frac{13000}{170} = 76,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{T_{z2}}{A_1} = \frac{22000}{170} = 129,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{T_{z2}}{A_2} = \frac{22000}{290} = 76 \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{T_{z3}}{A_2} = \frac{-11000}{290} = -38 \text{ МПа}$$

6. Строим эпюру напряжений рис.1 с)

7. Определяем абсолютное удлинение бруса

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4$$

$$\Delta l_1 = \frac{\sigma_1 * a}{E} = \frac{76,5 * 0,25 * 10^3}{2 * 10^5} = 0,096 \text{ мм}$$

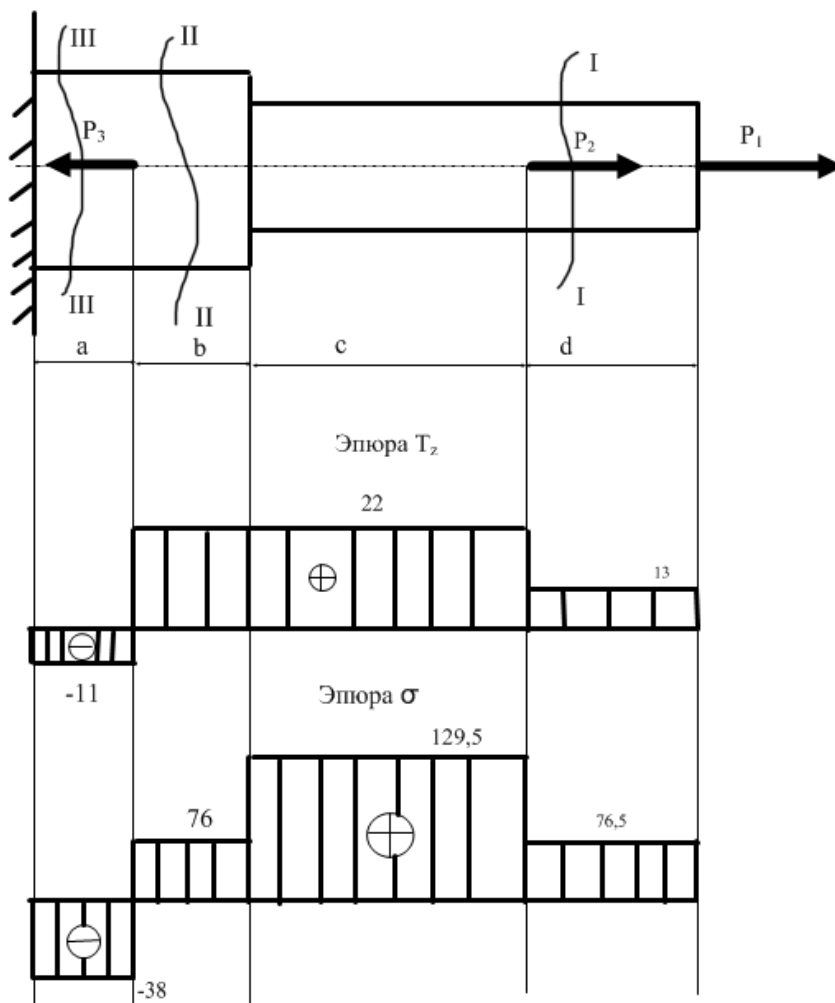
$$\Delta l_2 = \frac{\sigma_2 * b}{E} = \frac{129,5 * 0,4 * 10^3}{2 * 10^5} = 0,259 \text{ мм}$$

$$\Delta l_3 = \frac{\sigma_3 * c}{E} = \frac{76 * 0,25 * 10^3}{2 * 10^5} = 0,095 \text{ мм}$$

$$\Delta l_4 = \frac{\sigma_4 * d}{E} = \frac{-38 * 0,75 * 10^3}{2 * 10^5} = -0,142 \text{ мм}$$

$$\Delta l = 0,096 + 0,259 + 0,095 + 0,142 = 0,308 \text{ мм}$$

8. Перемещение свободного конца бруса равно $\Delta l = 0,308 \text{ мм}$



Задание

вариант	№ схемы	P ₁ , кН	P ₂ , кН	P ₃ , кН	A ₁ , мм ²	A ₂ , мм ²	a, м	b, м	c, м	d, м
1	1	16	15	10	120	200	0,2	0,3	0,1	0,5
2		15	14	15	110	150	0,3	0,15	0,2	0,6
3		14	23	20	100	120	0,4	0,2	0,1	0,4
4		17	20	40	130	250	0,3	0,3	0,3	0,2
5		30	40	30	140	160	0,2	0,15	0,15	0,3
6		20	30	15	100	150	0,25	0,16	0,2	0,4
7		21	51	16	120	140	0,35	0,24	0,4	0,5
8	2	25	12	17	130	200	0,5	0,14	0,3	0,6
9		40	16	23	140	260	0,15	0,35	0,14	0,4
10		10	40	22	120	240	0,3	0,14	0,12	0,5
11		12	20	45	100	160	0,1	0,16	0,15	0,6
12		30	34	15	210	300	0,25	0,2	0,14	0,2
13		45	10	14	150	270	0,4	0,30	0,1	0,5
14		15	20	20	120	190	0,13	0,1	0,3	0,3
15	3	41	14	13	130	210	0,24	0,4	0,2	0,4
16		19	27	21	100	160	0,24	0,3	0,4	0,5
17		22	30	13	150	230	0,3	0,1	0,5	0,6
18		46	14	17	130	200	0,5	0,25	0,15	0,3
19		23	30	24	100	240	0,15	0,15	0,24	0,4
20		34	20	20	130	160	0,24	0,35	0,13	0,5
21		20	25	33	220	340	0,35	0,1	0,2	0,6
22	4	46	30	24	200	260	0,16	0,2	0,4	0,3
23		30	45	31	100	150	0,15	0,3	0,6	0,4
24		25	30	40	150	230	0,24	0,15	0,2	0,5
25		24	15	15	120	140	0,15	0,3	0,3	0,3
26		34	16	16	130	210	0,3	0,4	0,4	0,6
27		15	27	20	100	240	0,2	0,1	0,3	0,4
28		16	28	15	120	170	0,3	0,2	0,4	0,5

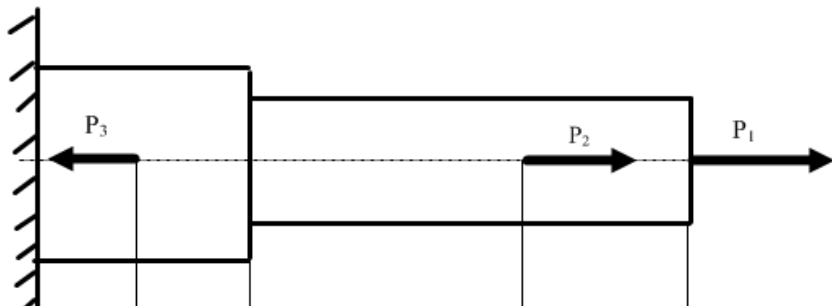


схема 1

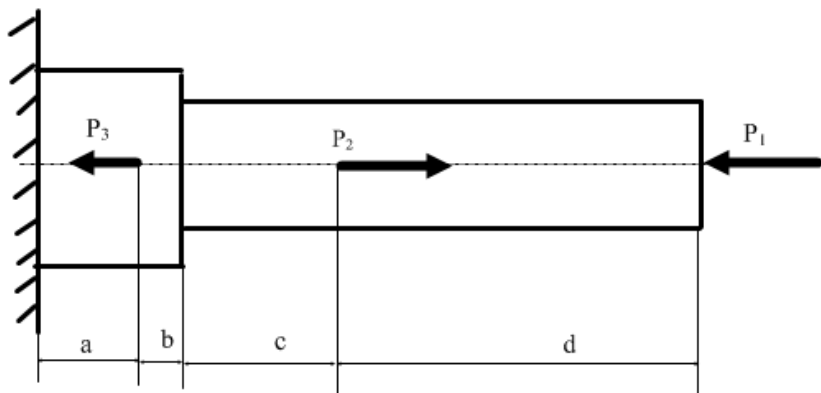


схема 2

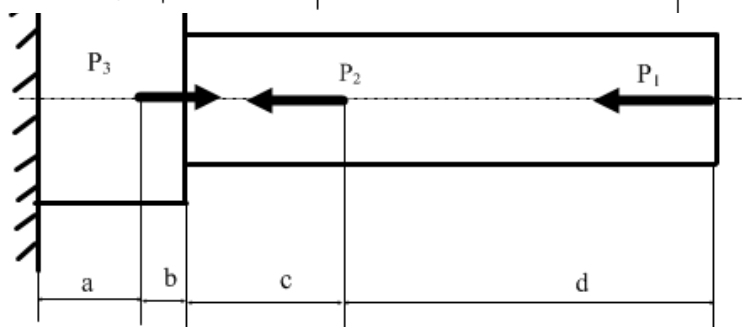


схема 3

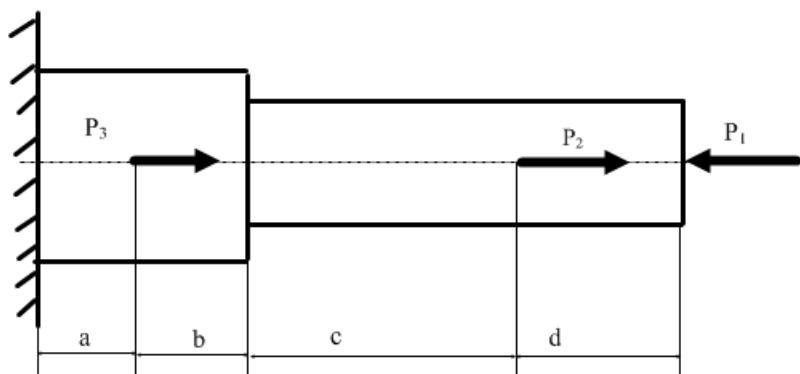


схема 4

Контрольные вопросы:

1. Что называют участком нагружения?
2. Правило контроля для эпюр продольных сил.
3. Какого характера напряжения возникают в поперечном сечении при растяжении и сжатии?

Контрольная работа №2 по дисциплине ОП.02 «Техническая механика» студентов заочного отделения по специальности «35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования»

Задания для домашней контрольной работы содержат четыре задачи. Вариант контрольной работы, подлежащий выполнению, определяется по списку студента.

Задание 2.1.

Расчет вала на кручение

Цель: Научиться выполнять проектировочный расчет вала на кручение.

Приобретаемые умения и навыки: расчет вала на кручение.

Оснащение рабочего места: калькулятор, линейка, транспортир, карандаш.

Особые правила техники безопасности: правила работы в аудитории.

Время выполнения: 2 часа.

Литература: 1. Аркуша А.И., Фролов М.И.-М.:Высш.школа,1983.-426.,ил.

2.Олофинская В.П.Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий.-М.: ФОРУМ,2005.-349с.,ил.

3. Олофинская В.П.Техническая механика: Сборник тестовых заданий.-М.: ФОРУМ,2002.-132с.,ил.

Вопросы для повторения:

1. Какой вид деформации называют кручением?
2. Гипотезы при кручении
3. Правило знаков при построении эпюр крутящих моментов

Методические указания

- 1.Определить вращающие моменты, передаваемые шкивами 2, 3 и 4.

$$M=N/\omega, \quad [1, \text{с.189}]$$

$$\omega=\pi n/30 \quad [1, \text{с.189}]$$

- 2.Определить момент на 1 шкиве из условия равновесия.

$$M_1=M_2+M_3+M_4 \quad [1, \text{с.183}]$$

3.Разбить вал на сечения и определить крутящие моменты в каждом из них. **Учесть правило знаков** (если смотреть на вал со стороны сечения, то момент, действующий по ходу часовой стрелки, считается положительным).

- 4.Построить эпюру крутящих моментов

5.Для каждого участка вала определить диаметр вала из условия прочности.

$$d=\sqrt[3]{(M/0,2[\tau_k])} \quad [1, \text{с.188}]$$

6.По экстремальному моменту определить диаметр вала из условия жесткости

$$d = \sqrt[4]{(32M/\pi G[\varphi_0])}, \quad [1, \text{с.188}]$$

где $G=8 \cdot 10^4$ МПа- модуль сдвига

7. Из двух диаметров выбрать наибольший и окончательное значение вала принять из ряда стандартных чисел.

8. Сделать вывод. Ответить на контрольные вопросы

Методические указания

Дано: $N_2=50$ кВт, $N_3=40$ кВт, $N_4=30$ кВт, $n=170$ об/мин, $[\tau_k]=20$ МПа, $[\varphi_0]=5,4 \cdot 10^{-6}$ рад/мм

1. Строим схему рис.1 а)

2. Определяем угловую скорость вала

$$\omega = 3,14 \cdot 170 / 30 = 18 \text{ рад/с}$$

3. Определяем вращающие моменты, передаваемые шкивами 2, 3 и 4.

$$M_2 = 50000 / 18 = 2778 \text{ Нм}$$

$$M_3 = 40000 / 18 = 2222 \text{ Нм}$$

$$M_4 = 30000 / 18 = 1667 \text{ Нм}$$

4. Определяем момент на 1 шкиве

$$M_1 = M_2 + M_3 + M_4 = 2778 + 2222 + 1667 = 6667 \text{ Нм}$$

5. Разбиваем вал на сечения рис.1 б)

6. Определяем крутящие моменты в каждом сечении

$$M_{k1} = 0$$

$$M_{k2} = M_4 = 1667$$

$$M_{k3} = M_4 - M_1 = 1667 - 6667 = -5000$$

$$M_{k4} = M_4 - M_1 + M_2 = 1667 - 6667 + 2778 = -2222$$

7. Строим эпюру крутящих моментов рис.1 с)

8. Для каждого участка определяем диаметр из условия прочности

$$d_2 = 3 \sqrt[3]{\frac{1667}{0,2 \cdot 20}} = 7,47 \text{ мм}$$

$$d_3 = 3 \sqrt[3]{\frac{5000}{0,2 \cdot 20}} = 10,7 \text{ мм}$$

$$d_4 = 3 \sqrt[3]{\frac{2222}{0,2 \cdot 20}} = 8,2 \text{ мм}$$

9. По экстремальному моменту определяем диаметр вала из условия жесткости

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 5000}{3,14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 5,4 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt[4]{1179 \cdot 10^2} = 18,5 \text{ мм}$$

10. Из двух диаметров выбираем наибольший $d=18,5$ мм и окончательное значение вала принимаем из ряда стандартных чисел (см. Приложение)

$$d=19 \text{ мм}$$

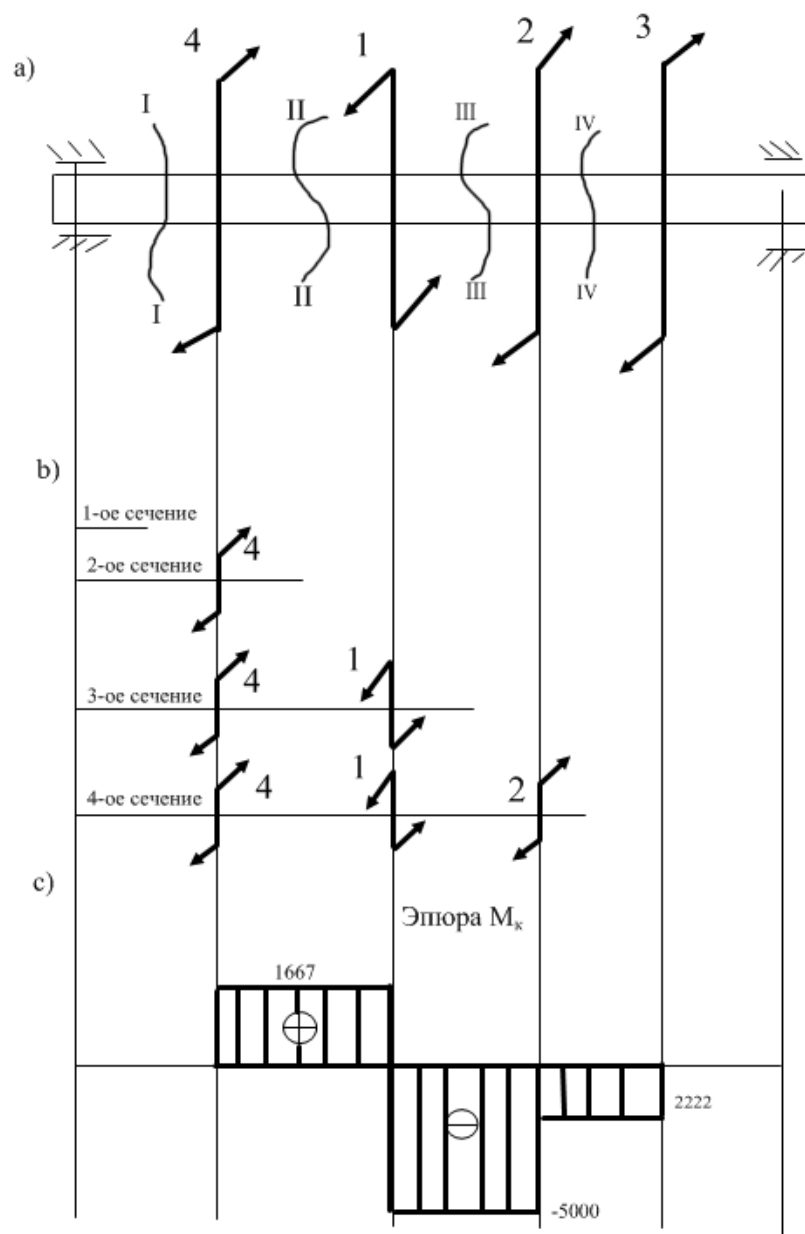
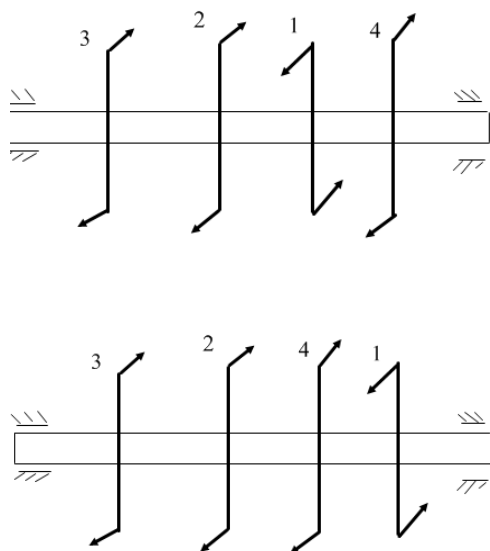
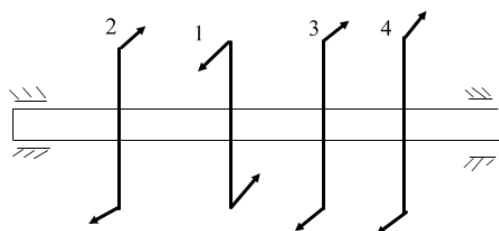
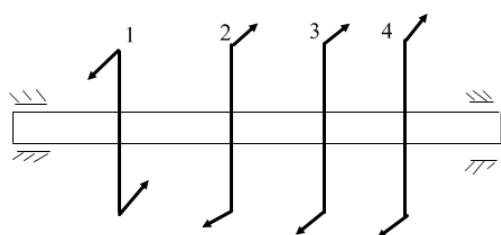


рис.1

Задание



вариант	№ схемы	P_2 , кВт	P_3 , кВт	P_4 , кВт	n , об/мин	$[\tau_k]$, МПа	$[\varphi_0]^* 10^{-6}$, рад/мм
1	1	25	45	15	200	25	5,2
2		35	30	10	100	25	5,0
3		20	40	45	150	20	5,0
4		10	15	80	250	20	6,9
5		40	50	40	300	35	6,8
6		30	30	25	160	35	5,3



7		35	15	65	400	40	4,2
8	2	30	25	15	200	40	6,0
9		40	50	30	250	25	4,3
10		15	35	75	100	25	6,4
11		50	60	20	350	25	5,1
12		30	55	90	300	30	4,8
13		15	45	45	200	30	6,2
14		25	20	20	150	20	5,0
15	3	20	10	10	100	20	4,5
16		35	65	65	170	40	5,2
17		30	15	15	230	40	6,7
18		40	30	30	420	25	5,1
19		15	22	22	180	35	5,7
20		35	80	80	350	35	4,3
21		45	40	40	170	35	6,8
22	4	50	25	25	210	40	5,5
23		20	65	50	400	20	4,9
24		35	15	15	180	30	6,1
25		40	30	65	260	22	6,0
26		55	75	70	340	37	5,8
27		10	20	25	200	45	4,2
28		60	90	30	450	40	5,2

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой угол закручивания?
2. Изменяется ли диаметр вала после скручивания?
3. Правило контроля эпюр крутящих моментов

Задание 2.1.

Расчет балки на изгиб

Цель: Научиться выполнять проектировочный расчет балки.

Приобретаемые умения и навыки: расчет балки на изгиб.

Вопросы для повторения:

1. Правило знаков для поперечных сил.
2. Какой вид деформации называется изгибом?
3. Границы участков нагружения
4. Правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

Методические указания

1. Определить реакции в опорах, составив и решив уравнения равновесия

$$\Sigma M_A(P_k)=0$$

$$\Sigma M_B(P_k)=0 \quad [2, \text{с.44}]$$

2. Проверить найденные реакции, составив и решив уравнение

$$\Sigma P_{ky}=0 \quad [2, \text{с.44}]$$

3. Разбить балку на сечения и определить в каждом из них поперечные силы Q_x и изгибающие моменты M_y .

4. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, используя правила построения эпюр. Когда на балку действует сосредоточенная сила F , эпюра Q_x параллельна нулевой линии, M_y - наклонная линия. Когда на балку действует распределенная нагрузка q , эпюра Q_x наклонная линия, M_y - парабола.

5. По экстремальному моменту определить момент сопротивления сечения

$$W > M_{\max} / [\sigma], \quad [2, \text{с.268}]$$

где $[\sigma]=120\text{МПа}$ - допускаемое нормальное напряжение при изгибе.

6. По моменту сопротивления подобрать номер двутавра, швеллера.

7. Сделать вывод. Ответить на контрольные вопросы.

Пример решения

1. Дано: $P=14\text{кН}$, $q=10\text{кН/м}$, $a=0,6\text{м}$, $b=1\text{м}$, $c=0,5\text{м}$, $l=1,8\text{м}$, $[\sigma]=120\text{МПа}$

2. Освобождаем балку от опор и строим реакции R_{Ay} и R_{By} (рис.1 а)

3. Составляем и решаем уравнения равновесия (практическая работа №3)

$$R_{Ay} = 10,4 \text{ кН}, R_{By} = 16,6 \text{ кН}$$

4. Проверяем найденные реакции

$$R_{Ay} + R_{By} - P - q \cdot 1,3 = 0$$

$$0 = 0$$

Реакции найдены, верно

5. Разбиваем балку на 4 сечения и определяем в каждом из них поперечные силы Q_x и изгибающие моменты M_y .

1-ое сечение:

$$Q_x = R_{Ay} = 10,4$$

$$M_y = R_{Ay} * z_1, 0 < z_1 < a$$

$$\text{При } z_1 = 0 \quad M_y = 0,$$

$$\text{При } z_1 = a \quad M_y = 10,4 * 0,6 = 6,2$$

2-ое сечение:

$$Q_x = R_{Ay} - P = 10,4 - 14 = -3,6$$

$$M_y = R_{Ay} * z_2 - P(z_2 - a), a < z_2 < b$$

$$\text{При } z_2 = a \quad M_y = 10,4 * 0,6 - 14(0,6 - 0,6) = 6,2,$$

$$\text{При } z_2 = b \quad M_y = 10,4 * 1 - 14(1 - 0,6) = 4,8$$

3-е сечение:

$$Q_x = R_{Ay} - P - q(z_3 - b)$$

$$M_y = R_{Ay} * z_3 - P(z_3 - a) - q(z_3 - b)^2 / 2, a < z_3 < b$$

$$\text{При } z_3 = b \quad Q_x = -3,6$$

$$M_y = 10,4 * 1 - 14(1 - 0,6) - 10(1 - 1)^2 / 2 = 4,8,$$

$$\text{При } z_3 = l \quad Q_x = 10,4 - 14 - 10(1,8 - 1) = -11,6$$

$$M_y = 10,4 * 1,8 - 14(1,8 - 0,6) - 10(1,8 - 1)^2 / 2 = -1,2$$

4-ое сечение:

$$Q_x = R_{Ay} - P - q(z_4 - b) + R_{By}$$

$$M_y = R_{Ay} * z_4 - P(z_4 - a) - q(z_4 - b)^2 / 2 + R_{By}(z_4 - l), a < z_4 < b$$

$$\text{При } z_4 = l \quad Q_x = -1,2$$

$$M_y = 10,4 * 1,8 - 14(1,8 - 0,6) - 10(1,8 - 1)^2 / 2 + R_{By}(1,8 - 1,8), = -1,2$$

$$\text{При } z_4 = (l + c) \quad Q_x = 10,4 - 14 - 10(1,8 + 0,5 - 1) = -5,4$$

$$M_y = 10,4 * 2,3 - 14(2,3 - 0,6) - 10(2,3 - 1)^2 / 2 + 16,6(2,3 - 1,8) = 0$$

6. Строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов рис.1 б)

7. По экстремальному моменту определяем момент сопротивления

сечения

$$W > 6,2 * 10^3 / 120 * 10^6$$

$$W > 51,6 * 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$W > 51,6 \text{ см}^3$$

8 Подбираем номер двутавра (см. приложение)

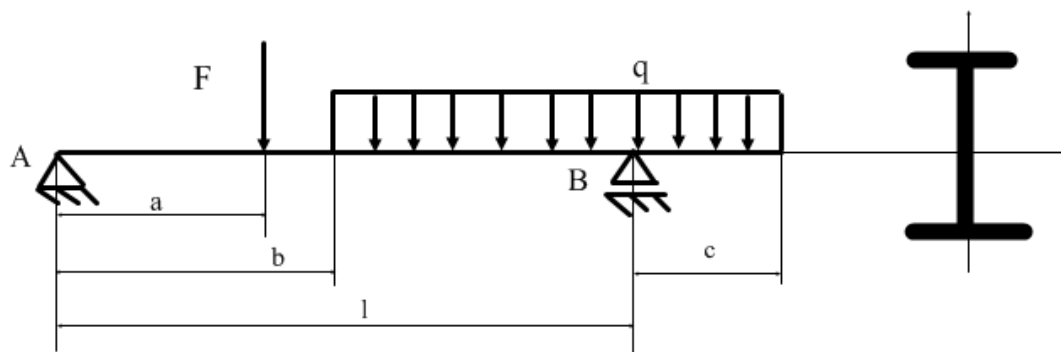
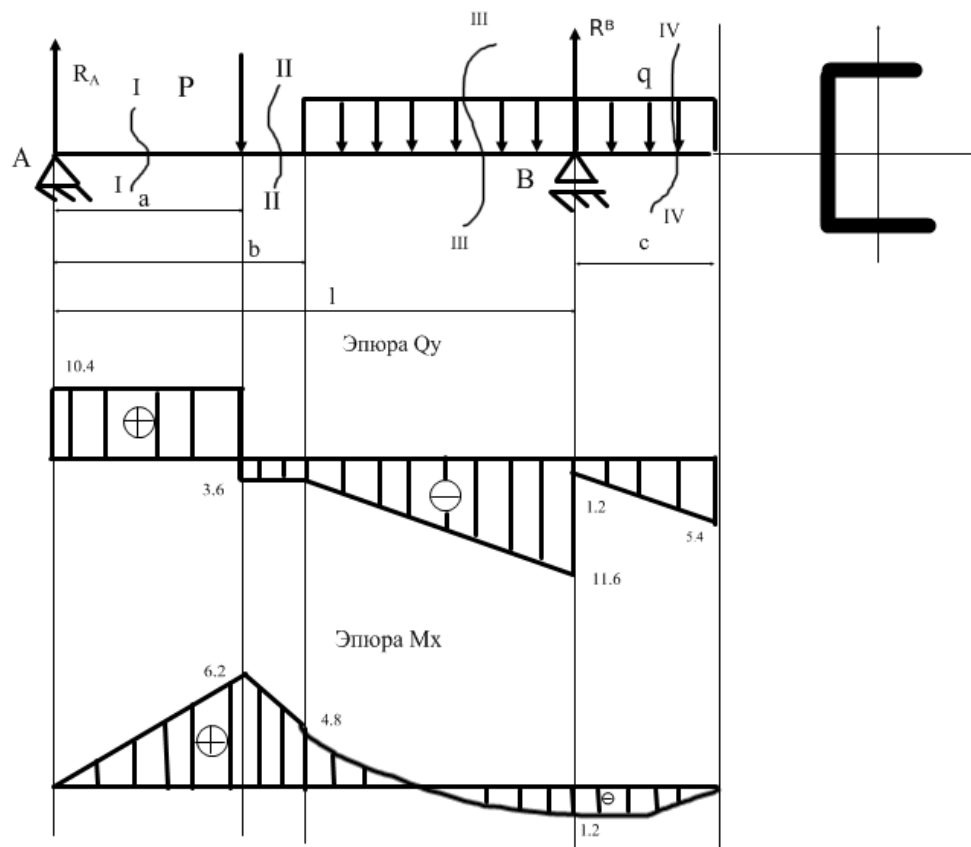


схема 1

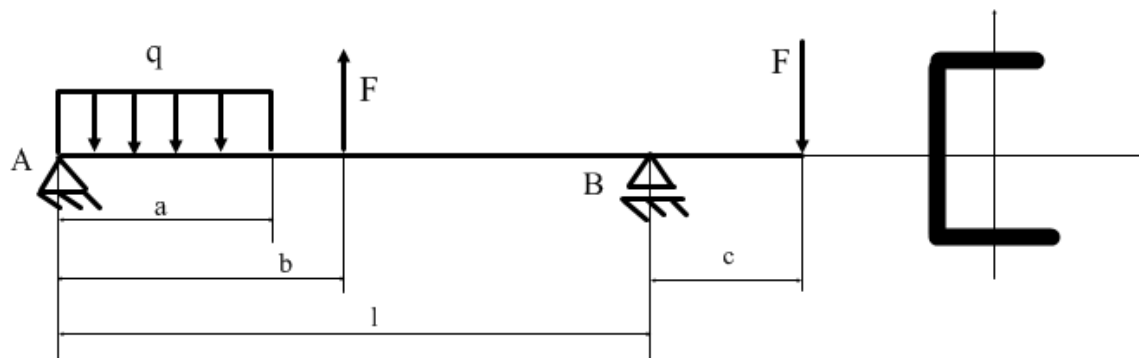


схема 2

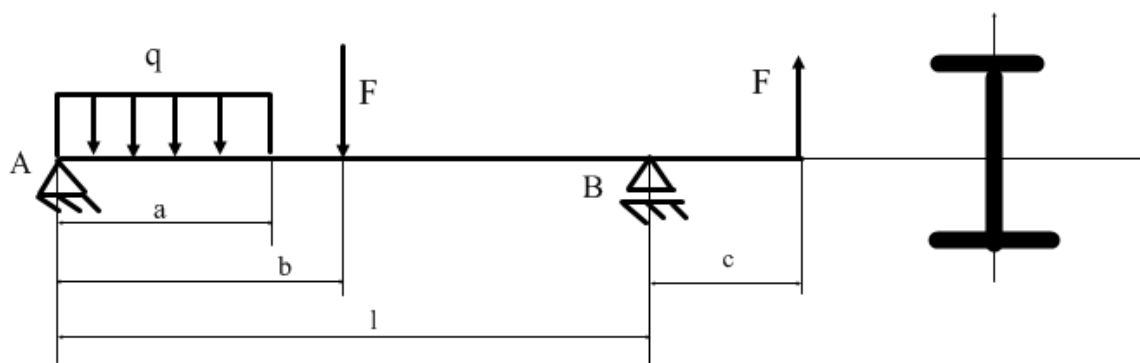


схема 3

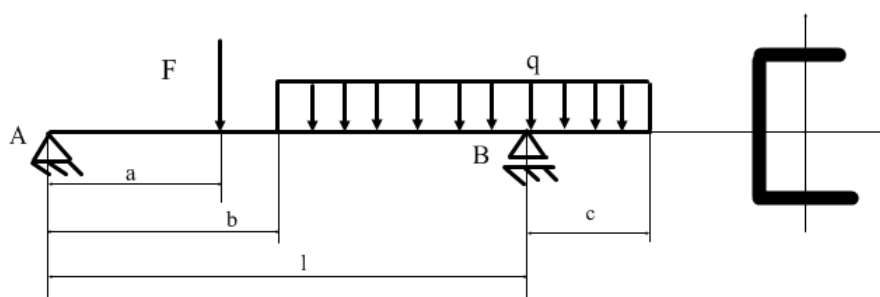


схема 4

Задание

вариант	№ схемы	$P, \text{кН}$	$q, \text{кН/м}$	$a, \text{м}$	$b, \text{м}$	$c, \text{м}$	$l, \text{м}$
1	1	12	10	1,3	3,0	0,5	5,5
2		15	12	1,0	1,5	0,7	3,0
3		10	15	1,5	3,5	0,3	4,0
4		20	15	1,7	2,0	0,6	3,0
5		20	22	0,6	1,5	0,4	2,0
6		14	11	0,5	1,0	0,1	1,5
7		12	13	0,7	1,3	0,2	2,3
8	2	45	10	0,4	1,0	1,0	1,5
9		30	14	0,7	1,5	0,6	2,6
10		20	10	0,8	1,6	0,8	2,3
11		40	30	1,0	2,6	0,5	3,5
12		50	15	0,5	1,4	0,6	2,0
13		15	20	0,4	1,5	0,7	3,1
14		25	40	0,3	0,8	0,6	2,0
15	3	30	30	0,3	1,0	0,9	1,5

16		10	21	0,8	1,4	0,4	2,6
17		14	26	0,7	1,6	0,5	1,9
18		15	24	0,3	1,8	0,6	2,8
19		16	10	0,5	1,6	0,4	2,4
20		20	14	0,2	0,5	0,5	1,3
21		14	30	1,0	2,6	0,6	3,5
22	4	30	20	1,4	2,6	0,4	5,5
23		23	10	0,3	1,0	0,3	4,0
24		25	21	0,6	1,5	0,5	2,9
25		10	15	0,4	1,0	0,8	2,4
26		30	10	0,5	1,0	0,6	1,8
27		40	14	0,6	1,5	0,9	2,1
28		20	30	0,7	1,5	0,5	3,0

Контрольные вопросы:

1. Какая плоскость называется главной?
2. Какой изгиб называют чистым?
3. Условие прочности при изгибе

Задание 2.3.

Расчет сжатых стержней на устойчивость

Цель: Научиться выполнять проектировочный и проверочный расчеты на устойчивость

Приобретаемые умения и навыки: Расчет сжатых стержней на устойчивость.

Вопросы для повторения:

1. Что такое критическое напряжение?
2. Какое равновесие называют устойчивым?
3. Коэффициент приведения длины

Методические указания

1.Проектировочный расчет

2.Определить критическую силу

$$P_{кр} = P^* [n_y] 0 \quad [2, \text{с.294}]$$

3.Определить минимальный момент инерции

$$J_{min} = P_{кр} (\mu l)^2 / \pi^2 E, \quad [2, \text{с.296}]$$

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа- модуль упругости

4.По таблице подобрать двутавр (см. приложение)

5.Расчет на устойчивость

6.Определить минимальный радиус инерции

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} \quad [2, \text{с.295}]$$

7. Определить гибкость

$$\lambda = \mu l / i_{\min} \quad [2, \text{с.295}]$$

8. Сравнить расчетную гибкость с предельной $\lambda_{\text{пред}}$ (см. приложение)

9.1. Если расчетная гибкость больше предельной, расчет вести по формуле Эйлера

9.1.1. Определить критическую силу

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2} \quad [2, \text{с.299}]$$

9.1.2. Определить коэффициент запаса устойчивости

$$n_y = P_{\text{кр}} / P \quad [2, \text{с.296}]$$

9.2. Если расчетная гибкость меньше предельной, расчет вести по формуле Ясинского

9.2.1. Определить критическое напряжение

$$\sigma_{\text{кр}} = \pi^2 E / \lambda^2 \quad [2, \text{с.294}]$$

9.2.2. Определить коэффициент запаса устойчивости

$$n_y = \sigma_{\text{кр}} / \sigma \quad [2, \text{с.294}]$$

10. Сравнить расчетный и допускаемый коэффициенты устойчивости и сделать вывод

11. Ответить на контрольные вопросы

Пример выполнения

1. Проектно-вочный расчет

Дано: $P=150\text{кН}$, $[n_y]=4$, $l=2\text{м}$, $\mu=0,7$, сечение- двутавр

2. Определяем критическую силу

$$P_{\text{кр}} = 150 \cdot 4 = 600\text{кН}$$

3. Определить минимальный момент инерции

$$J_{\min} = 600 \cdot 10^3 (0,7 \cdot 2)^2 / 3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} = 59,63 \cdot 10^{-8} \text{м}^4 = 59,63 \text{см}^4$$

4. По таблице подбираем двутавр № 18, $J_{\min}=82,6\text{см}^4$

5. Расчет на устойчивость

Дано: $P=160\text{кН}$, $[n_y]=3$, $l=2\text{ м}$, материал Ст 3, схема №3

6. Строим схему и находим (см. приложение) минимальный момент инерции и площадь для двутавра №30

$$J_{\min}=337\text{см}^4, A=46,5\text{см}^2$$

7. Определяем минимальный радиус инерции

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{337}{46,5}} = 2,69\text{см} = 26,9\text{мм}$$

8. Коэффициент приведения длины μ определяем индивидуально, в зависимости от схемы (см. приложение): $\mu=2$

Определяем гибкость стержня

$$\lambda = \frac{2 \cdot 2000}{26,9} = 148$$

9. Сравниваем расчетную гибкость с предельной $\lambda_{\text{пред}}$

$\lambda_{\text{пред}}=105$ для материала Ст 2 (см. приложение)

$\lambda > \lambda_{\text{пред}}$, значит, расчет ведем по формуле Эйлера

10. Определяем критическую силу

$$P_{\text{кр}} = \frac{3,14^2 * 2 * 10^{11} * 337 * 10^{-8}}{(2 * 2)^2} = 416 * 10^3 \text{ Н} = 416 \text{ кН}$$

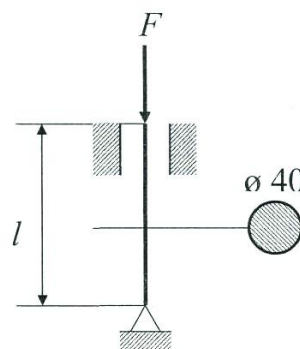
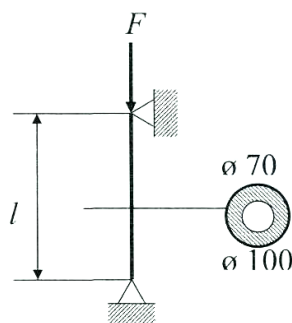
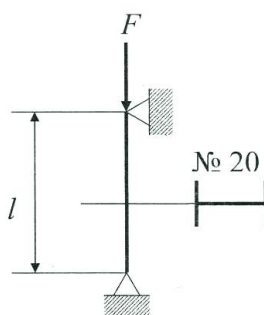
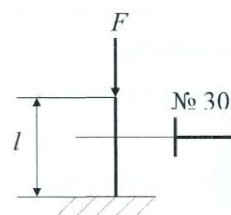
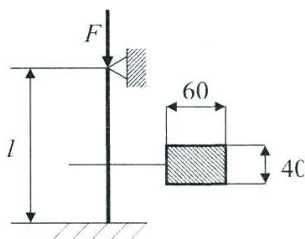
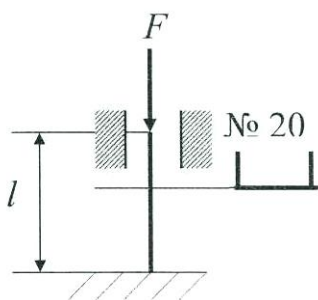
11. Определяем коэффициент запаса устойчивости

$$n_y = \frac{416}{150} = 2,77$$

12. Сравниваем расчетный и допускаемый коэффициенты устойчивости

$n_y < [n_y]$, значит, устойчивость стержня обеспечена

Задание



Проектировочный расчет						Проверочный расчет				
вариант	μ	P, кН	[n _y]	l, м	сечение	№ схемы	P, кН	[n _y]	l, м	материал
1	1	100	3	2	двутавр	1	60	3	2	Ст3
2	1	150	4	1			65	5	3	Ст2
3	1	200	3	2			80	3	4	Ст45
4	1	150	5	1			60	4	3	Ст4
5	1	120	3	2			65	5	2	Ст3
6	0,7	110	4	1		2	70	3	4	Ст2
7	0,7	80	3	2			75	4	1	Ст45
8	0,7	90	4	2	швеллер		80	5	2	Ст4
9	0,5	85	3	1		60	3	3	Ст3	
10	0,5	95	5	2		65	4	4	Ст2	
11	2	100	3	1		3	70	3	1	Ст45
12	2	150	4	2			75	4	2	Ст4
13	1	120	5	1			80	4	4	Ст3
14	1	130	3	2			85	5	3	Ст2

15	0,5	80	4	1	квадрат	4	60	4	2	Ст45
16	0,7	140	5	2			70	3	1	Ст4
17	1	120	3	1			60	4	2	Ст3
18	2	90	4	2			65	3	3	Ст2
19	0,5	120	3	1			75	4	4	Ст45
20	1	85	4	2			85	5	2	Ст4
21	0,7	120	4	1	круг	5	60	4	3	Ст3
22	2	110	5	2			70	5	1	Ст2
23	0,7	100	4	1			100	3	3	Ст45
24	0,5	85	3	2			90	4	2	Ст4
25	1	95	4	1		6	80	3	3	Ст3
26	1	100	3	2			70	4	1	Ст2
27	2	120	4	1			80	5	4	Ст45
28	0,5	100	5	2			60	6	2	Ст4

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит гибкость стержня?
2. Виды расчетов стержней на устойчивость
3. Если гибкость стержня меньше нулевой, как определить критическую силу?

Задание 2.4.

Расчет вала на изгиб с кручением

Цель: Научиться проектировать валы

Приобретаемые умения и навыки: Расчет вала на изгиб с кручением.

Оснащение рабочего места: калькулятор, линейка, транспортир, карандаш.

Особые правила техники безопасности: правила работы в аудитории.

Время выполнения: 2 часа.

Литература: 1. Аркуша А.И., Фролов М.И.-М.:Высш.школа,1983.-426.,ил.

2.Олофинская В.П.Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий.-М.: ФОРУМ,2005.-349с.,ил.

3. Олофинская В.П.Техническая механика: Сборник тестовых заданий.-М.: ФОРУМ,2002.-132с.,ил.

Вопросы для повторения:

1. Гипотезы прочности
2. Классификация видов деформированного состояния
3. Условие прочности при совместном действии кручения с изгибом

Методические указания

- 1.Определить крутящий момент $M=N/\omega$ [1, с.189]
- 2.Построить эпюру крутящих моментов
- 3.Определить окружные, радиальные силы
 $P=2M_k/D$, $P_r=0,37P$, $P_a=0,14P$
- 4.Используя принцип независимости действия сил, составить расчетные схемы вала в вертикальной и горизонтальной плоскостях
- 5.Определить реакции в опорах в вертикальной и горизонтальной плоскостях в отдельности (выполнить проверку)
- 6.Построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях
- 7.Определить суммарные изгибающие моменты в точках С и D
- 8.Определить эквивалентный момент по третьей гипотезе прочности в наиболее нагруженном сечении
- 9.Определить диаметр вала из условия прочности

$$d > \sqrt[3]{\frac{M_{\text{экв}}}{[\sigma]}} \quad [2, \text{с.289}]$$

10.Округлить полученную величину, используя стандартный ряд диаметров (см. приложение)

11.ответить на контрольные вопросы

Пример выполнения

1.Дано: $N=15\text{кВт}$, $\omega=20\text{рад/с}$, $a=55\text{мм}$, $b=130\text{мм}$, $l=240\text{мм}$, $D_1=150\text{мм}$, $D_2=290\text{мм}$

2. Определяем крутящий момент

$$M=N/\omega=15000/20=750\text{Нм}$$

3. Строим эпюру крутящих моментов рис.1 б)

4. Определяем окружные, радиальные силы

$$P_1=2M_k/D_1=2*750/0,150=10000\text{Н}=10\text{кН},$$

$$P_2=2M_k/D_2=2*750/0,290=5172\text{Н}=5,2\text{кН},$$

$$P_{r1}=0,37P_1=0,37*10=3,7\text{кН},$$

$$P_{r2}=0,37P_2=0,37*5,2=2\text{кН},$$

$$P_{a1}=0,14P_1=0,14*10=1,4\text{кН}$$

5. Составляем расчетные схемы вала в вертикальной и в горизонтальной плоскостях, освобождаем балку от опор, заменив их действия реакциями рис.1 с) и рис.1 е)

6. Определить реакции в опорах:

$$\text{в вертикальной плоскости } R_A^V=3,73\text{кН}, R_B^V=1,97\text{кН};$$

$$\text{в горизонтальной плоскости } R_A^H=10,4\text{кН}, R_B^H=4,8\text{кН}$$

7. Определяем изгибающие моменты

$$\text{в вертикальной плоскости } M_C^V= R_A^V*a=3,73*0,055=0,205\text{кНм}=205\text{Нм},$$

$$M_D^V= -R_B^V*(l-a-$$

$$b)=1,97*0,105=0,206\text{кНм}=206\text{Нм}$$

$$\text{в горизонтальной плоскости } M_C^H= R_A^H*a=10,4*0,055=0,572\text{кНм}=572\text{Нм},$$

$$M_D^H= -R_B^H*(l-a-b)=-$$

$$4,8*0,105=0,504\text{кНм}=504\text{Нм}$$

8. Строим эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях рис.1 d) и рис. 1 f)

9. Определяем суммарные изгибающие моменты в точках С и D

$$M_{\Sigma}^C=607\text{Нм}$$

$$M_{\Sigma}^D=544,5\text{Нм}$$

8. Определяем эквивалентный момент по третьей гипотезе прочности в наиболее нагруженном сечении (точка С)

$$M_{\Sigma\text{КВ}}=965\text{Нм}$$

9. Определяем диаметр вала из условия прочности

$$d>\sqrt[3]{\frac{965}{50}}, \quad d>5,8\text{мм}$$

10. Из стандартного ряда диаметров принимаем $d=8\text{мм}$

Задание

вариант	№ схемы	a, мм	b, мм	l, мм	D ₁ , мм	D ₂ , мм	N, кВт	ω, рад/с	[σ], МПа
1	1	55	80	240	130	265	6,0	22	50
2		60	85	255	135	230	7,2	22,5	50
3		65	90	260	140	245	7,8	23	50
4		60	95	240	145	230	7,0	24	55
5		50	100	250	135	245	6,5	25	50
6		55	80	245	150	285	5,0	24	55
7		40	85	260	135	230	7,5	22	60
8	2	45	105	245	145	245	8,0	20	50
9		65	95	250	140	265	6,0	24	50
10		50	80	260	130	245	5,5	25	60

11		45	115	245	150	260	7,5	23	50
12		60	85	230	140	270	8,0	26	60
13		45	90	235	135	250	8,5	24	50
14		65	100	240	145	230	7,0	25	55
15	3	55	105	250	160	240	7,5	24	55
16		40	110	260	150	250	6,5	22	55
17		60	95	255	135	260	9,0	23	60
18		45	80	235	145	280	8,0	24	50
19		50	90	230	160	245	8,5	25	60
20		40	100	240	135	265	5,0	23	50
21		55	75	255	145	235	7,5	22	55
22	4	65	85	260	130	230	8,5	23,5	50
23		40	90	235	145	245	9,5	24,5	60
24		45	110	245	135	260	6,5	22,5	50
25		60	95	240	120	280	6,0	30	65
26		40	90	265	145	270	,0	32	50
27		45	110	235	130	230	8,5	28	50
28		50	80	230	160	245	0,6	29	50

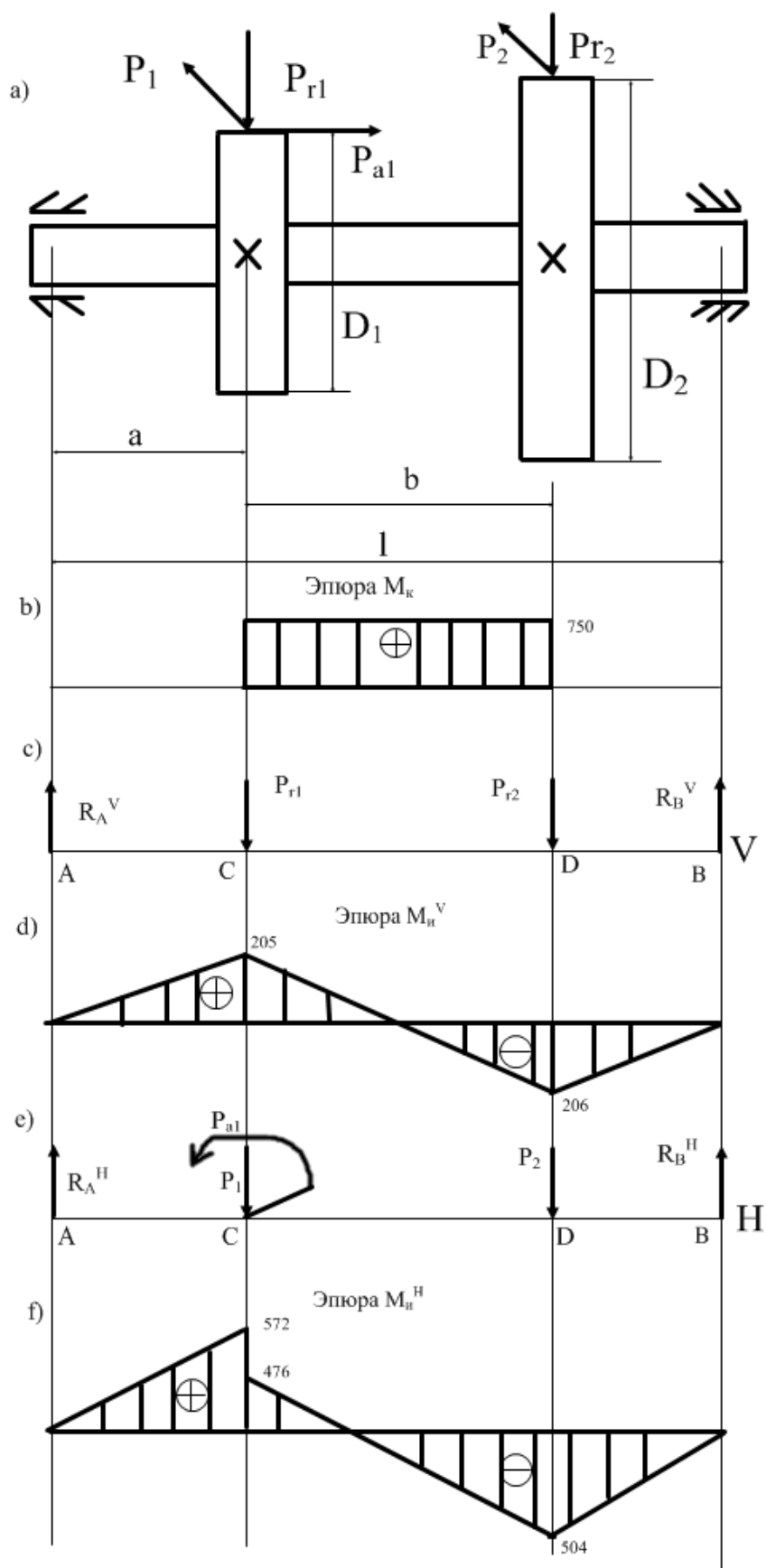


рис. 1

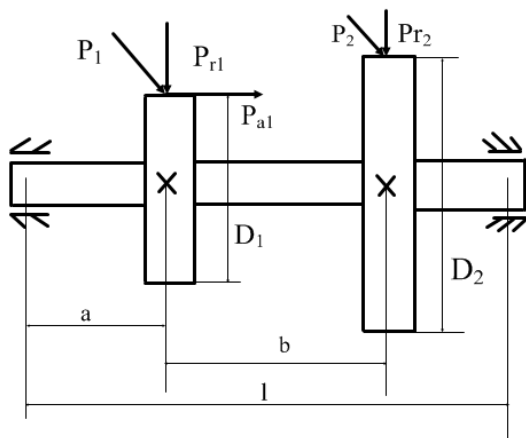


схема 1

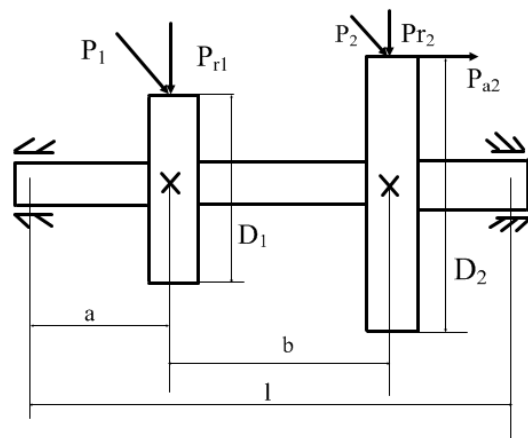


схема 2

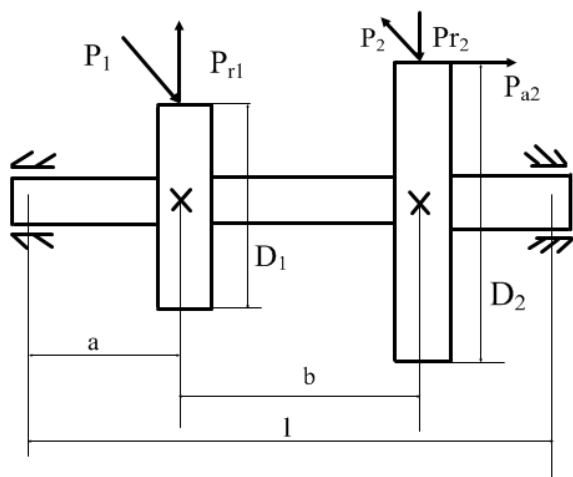


схема 3

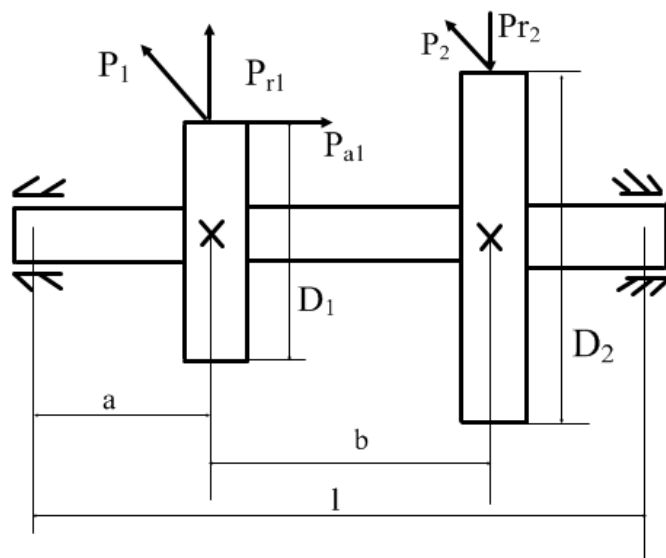


схема 4

Контрольные вопросы:

1. Когда возникает сложное деформированное состояние?
2. Для чего предназначены гипотезы прочности?
3. В чем заключается принцип независимости действия сил?

4. ЛИТЕРАТУРА

1. Основная:

Гребенкин, В. З. Техническая механика : учебник и практикум. — М.: Издательство Юрайт, 2020. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт].

Дополнительная:

1. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов: Учебное пособие для машиностроительных специальностей средних профессиональных учебных заведений. — М.: Высш. шк., 2003.

2. Эрдеди А.А. Детали машин. Учебник для машиностроительных специальностей проф. учеб. заведений. — М.: Высш. шк., 2001.

3. Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учебное пособие.-3-е изд., испр.- М.: ФОРУМ, 2011.-352 с.:ил.-(Профессиональное образование)

4. Ивченко В.А. Техническая механика: Учеб. пособие.- М.:ИНФРА-М,2003.-157 с.-(Серия «Среднее профессиональное образование»)

Интернет-ресурсы:

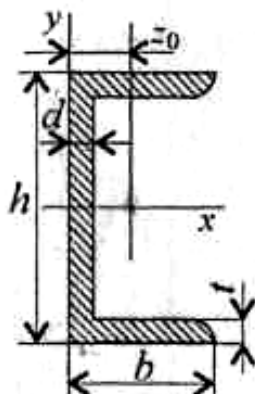
1. <http://teormex.net/knigi/olofinskaj-TM.pdf>
2. http://k-a-t.ru/tex_mex/
3. <https://studfiles.net/preview/6017105/>

Приложение

Основные обозначения

A- площадь, мм²
D- диаметр шкива, мм
G- сила тяжести, Н
M- момент силы, Нм
N- мощность, кВт
P- сила, Н
S- путь, расстояние, м
V- скорость, м/с
a- ускорение, м/с²
d- диаметр вала, мм
g- ускорение свободного падения тела, м/с²
l- длина балки, м
m- масса, кг
n- число оборотов, об/мин
t- скорость, м/с
z- расстояние до сечения, м
λ- гибкость стержня
μ- Коэффициент приведения длины
σ- нормальное напряжение, МПа
ω- угловая скорость, рад/с

Сталь горячекатаная. ШВЕЛЛЕРЫ (по ГОСТ 8240-89)

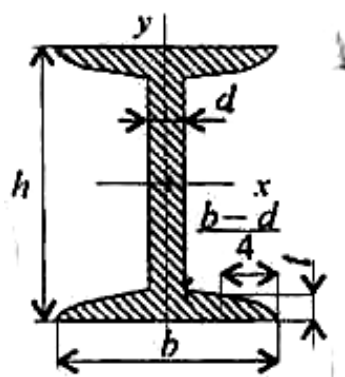


Обозначения:

h-высота швеллера; b-ширина швеллера;
d-толщина стенки; t-средняя толщина полки;
A-площадь швеллера, J-момент инерции;
W-момент сопротивления;
 z_0 -расстояние от оси ОУ до центра тяжести

№ профиля	Размеры, мм				A, см ²	J _x , см ⁴	W _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	z ₀ , см
	h	b	d	t						
5	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,1	5,61	2,75	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	8,70	3,68	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	12,8	4,75	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	20,4	6,46	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	31,2	8,52	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	45,4	11,0	1,68
16	160	64	5	8,4	18,1	747	93,4	63,6	13,8	1,80
18	180	70	6,1	8,7	20,7	1090	121	86	17	1,94
20	200	80	5,2	9,0	23,4	1520	152	113	20,5	2,07
22	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	151	25,1	2,21
24	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	208	31,6	2,42
27	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	262	37,3	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,5	5810	387	327	43,6	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,5	7980	484	410	51,8	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601	513	61,7	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,5	15220	761	642	73,4	2,75

Сталь горячекатаная. БАЛКИ ДВУТАВРОВЫЕ (по ГОСТ 8239-89)



Обозначения:

h -высота балки; b -ширина балки;

d -толщина стенки; t -средняя толщина полки;

A -площадь сечения, J -момент инерции;

W -момент сопротивления;

№ профиля	Размеры, мм				$A, \text{см}^2$	$J_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$J_y, \text{см}^4$	$W_y, \text{см}^3$
	h	b	d	t					
10	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	17,9	6,49
12	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	27,9	8,72
14	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	41,9	11,5
16	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109	58,6	14,5
18	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	82,6	18,4
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	115	21,3
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	157	28,6
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	198	34,5
27	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371	260	41,5
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	337	49,9
33	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597	419	59,9
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	516	71,1
40	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953	667	86,1
45	450	160	9,0	14,2	84,7	27696	1231	808	101
50	500	170	10,0	15,2	100	39727	1589	1043	123
55	550	180	11,0	16,5	118	55962	2035	1356	151
60	600	190	12,0	17,8	138	76806	2560	1725	182

Стандартный ряд диаметров:

5,8,10,10,5,11,11,5,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,24,25,26,28,30,32,33,34,36,38,40,42,45,48,50,52,55,60,63,65,70,75,80,85,90,95,100,105,110,120,125,130, далее через 10 мм

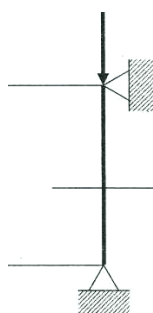
Коэффициенты для расчета критических напряжений по формуле Ясинского

материал	a, МПа	b, МПа	λ_0	$\lambda_{пред}$
Ст 2	264	0,70	60	105
Ст 3	310	1,14	60	100
Ст 4, Сталь 20	328	1,15	60	96
Сталь 45	449	1,67	52	85

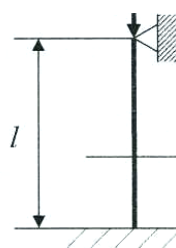
Значение коэффициента приведения длины, зависящего от способа закрепления стержня



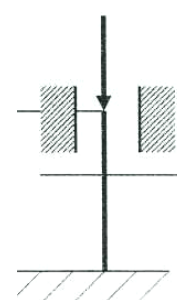
$\mu=2$



$\mu=1$



$\mu=0,7$



$\mu=0,5$

Греческий алфавит:

α -АЛЬФА

β - БЕТА

γ - ГАММА

δ - ДЕЛЬТА

ε - ЭПСИЛОН

ζ -ДЗЕТА

η -ЭТА

θ -ТЕТА

ι -ЙОТА

κ -КАППА

λ -ЛАМБДА

μ -МЮ

ν -НЮ

ν -НЮ

ξ - КСИ

$\omicron$ - ОМИКРОН

π - ПИ

ρ - РО

σ - СИГМА

τ -ТАУ

υ - ИПСИЛОН

ϕ - ФИ

χ -ХИ

ψ -ПСИ

ω - ОМЕГА

