

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Матвеев Александр Сергеевич
Должность: И.о. начальника учебно-методического управления
Дата подписания: 13.12.2023 15:58:15
Уникальный программный ключ:
49d49750726076d86f9af054976361730745d

Приложение к ППССЗ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

по дисциплине
ОП.04 «Техническая механика»

**специальность: 15.02.10 Мехатроника и
мобильная робототехника (по отраслям)**

форма обучения: очная

Пояснительная записка.

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика», разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.10 «Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)» и соответствующих профессиональных (ПК) компетенций:

ПК 2.2. Диагностировать неисправности мехатронных систем с использованием алгоритмов поиска и устранения неисправностей.

ПК 2.3. Производить замену и ремонт компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

ПК 4.2. Разрабатывать управляющие программы мобильных робототехнических комплексов в соответствии с техническим заданием.

ПК 4.3. Осуществлять настройку датчиков и исполнительных устройств мобильных робототехнических комплексов в соответствии с управляющей программой и техническим заданием.

ПК 5.2. Выполнять сборку и монтаж компонентов и модулей мобильных робототехнических комплексов в соответствии с технической документацией.

Целью освоения учебной дисциплины «Техническая механика» является: получения студентами знаний об общих законах движения и равновесия материальных тел, основ расчета элементов конструкции на прочность, жесткость, усталость и устойчивость, основ проектирования деталей машин, сборочных единиц и простейших механических устройств общего назначения. Состоит из трёх разделов: «Теоретическая механика», «Сопротивления материалов», «Детали машин».

При выполнении практических работ студент должен **знать**:

- классификацию и виды отказов оборудования;
- понятие, цель и функции технической диагностики;
- понятие, цель и виды технического обслуживания;
- физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации оборудования мехатронных систем;
- технологические процессы ремонта и восстановления деталей и оборудования мехатронных систем;
- изготовление структурных и механические элементы, необходимых для дополнительной конструкции

При выполнении практических работ студент должен **уметь**:

- разрабатывать мероприятия по устранению причин отказов и обнаружению дефектов оборудования мехатронных систем;
- обнаруживать неисправности мехатронных систем
- применять технологические процессы восстановления деталей
- синтезировать кинематическую модель мобильного робота;

- синтезировать математическую модель мобильного робота
- синтезировать динамическую модель мобильных роботов
- применять навыки по сборке и монтажу отдельных компонентов мобильного робота

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём практических занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ дисциплины «Техническая механика» содержит 19 практических занятий.

**Перечень практических работ
по дисциплине «Техническая механика»**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1.

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.

Тема: Определение центра тяжести плоских фигур.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.

Тема: Определение центра тяжести плоских фигур.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.

Тема: Структурный анализ плоских механизмов

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

Тема: Структурный анализ плоских механизмов

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7.

Тема: Структурный анализ плоских механизмов

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8.

Тема: Структурный анализ плоских механизмов

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9.

Тема: Структурный анализ плоских механизмов

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №18.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Прежде чем приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте данные рекомендации. Практические работы включают в себя задания следующих видов:

1. Решение задач

Внимательно прочитайте цель работы, ознакомьтесь с требованиями к уровню вашей подготовки, краткими теоретическими и справочно - информационными материалами по теме практической работы, выполните задания.

Номер варианта вашего задания соответствует порядковому номеру в журнале учебных занятий. Все задания к практической работе вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец. Отчет о выполнении практического занятия оформляется в специальной тетради и сдается преподавателю для проверки по окончании занятия.

В отчете указывается:

- номер практического занятия;
- тема;
- цель;
- решение задания (приводятся необходимые формулы, указываются единицы измерения величин);
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод - результат по задаче

Практические работы оформляются в отдельной тетради или специальной папке на листах формата А 4, соблюдая следующие требования:

-записывается дата выполнения работы, название работы, цель, объекты и результаты исследования;

-если предусмотрено оформление результатов исследования в таблице, то все результаты заносятся в таблицу;

-после каждого задания должно быть сделано заключение, вывод с обобщением, систематизацией или обоснованием результатов.

Работа выполняется четко, грамотно, пастой синего или черного цвета.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил.

Цель: определить равнодействующую системы сил, решить задачи аналитическим и геометрическим способами.

Оборудование:

1. Варианты заданий.
2. Карандаш
3. Транспортир.
4. Тетрадь.

Справочные материалы:

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО РАЗДЕЛУ

«Теоретическая механика»

Практическое занятие 1

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил

Знать способы сложения двух сил и разложение силы на составляющие, геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы, условия равновесия плоской сходящейся системы сил.

Уметь определять равнодействующую системы сил, решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способом рационально выбирая координатные оси.

Расчетные формулы

Равнодействующая системы сил

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad F_{\Sigma x} = \sum_0^n F_{kx}; \quad F_{\Sigma y} = \sum_0^n F_{ky},$$

где $F_{\Sigma x}$, $F_{\Sigma y}$ — проекции равнодействующей на оси координат;
 F_{kx} , F_{ky} — проекции векторов-сил системы на оси координат.

$$\cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{F_{\Sigma x}}{F_{\Sigma}},$$

где $\alpha_{\Sigma x}$ — угол равнодействующей с осью Ox .

Условие равновесия

$$\begin{cases} \sum_0^n F_{kx} = 0; \\ \sum_0^n F_{ky} = 0. \end{cases}$$

Если плоская система сходящихся сил находится в равновесии, многоугольник сил должен быть замкнут.

Пример 1. Определение равнодействующей системы сил

Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами (рис. П1.1). Дано: $F_1 = 10$ кН; $F_2 = 15$ кН; $F_3 = 12$ кН; $F_4 = 8$ кН; $F_5 = 8$ кН;

$$\alpha_1 = 30^\circ; \alpha_2 = 60^\circ; \alpha_3 = 120^\circ; \alpha_4 = 180^\circ; \alpha_5 = 300^\circ.$$

Решение

1. Определить равнодействующую аналитическим способом (рис. П1.1а).

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{1x} = 10 \cdot \cos 30^\circ = 8,66 \text{ кН}; \\ F_{2x} = 15 \cdot \cos 60^\circ = 7,5 \text{ кН}; \\ F_{3x} = -12 \cdot \cos 60^\circ = -6 \text{ кН}; \\ F_{4x} = -8 \text{ кН}; \\ F_{5x} = 8 \cdot \cos 60^\circ = 4 \text{ кН}; \end{array} \right\} \begin{array}{l} F_{\Sigma x} = \sum F_{kx}; \\ F_{\Sigma x} = 6,16 \text{ кН}. \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{1y} = 10 \cdot \cos 60^\circ = 5 \text{ кН}; \\ F_{2y} = 15 \cdot \cos 30^\circ = 12,99 \text{ кН}; \\ F_{3y} = 12 \cdot \cos 30^\circ = 10,4 \text{ кН}; \\ F_{4y} = 0; \\ F_{5y} = -8 \cdot \cos 30^\circ = -6,9 \text{ кН}; \end{array} \right\} \begin{array}{l} F_{\Sigma y} = \sum F_{ky}; \\ F_{\Sigma y} = 21,49 \text{ кН}. \end{array}$$

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad F_{\Sigma} = \sqrt{6,16^2 + 21,49^2} = 22,36 \text{ кН};$$

$$\cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{F_{\Sigma x}}{F_{\Sigma}}; \quad \cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{6,16}{22,36} = 0,2755; \quad \alpha_{\Sigma x} = 74^\circ.$$

2. Определить равнодействующую графическим способом.

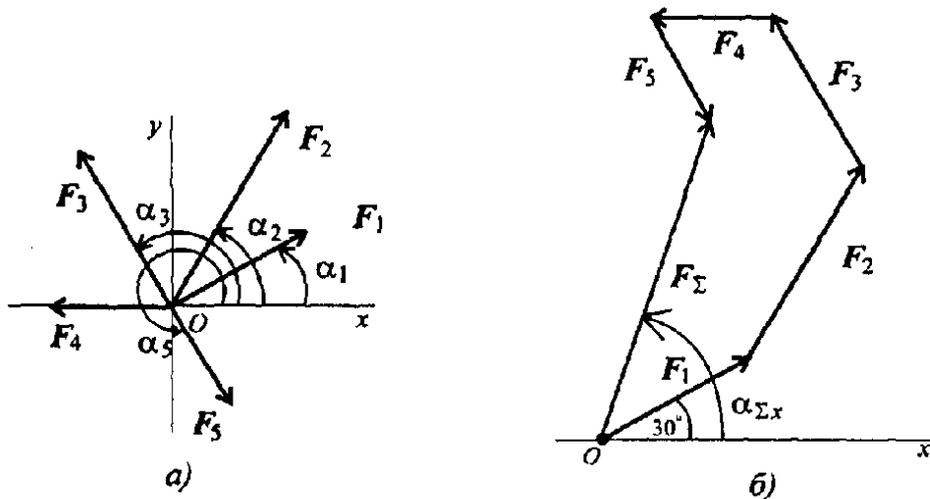


Рис. П1.1

С помощью транспортира в масштабе $2 \text{ мм} = 1 \text{ кН}$ строим многоугольник сил (рис. П1.16). Измерением определяем модуль равнодействующей силы и угол наклона ее к оси Ox .

$$F_{\Sigma \text{гр}} \cong 22 \text{ кН}; \quad \alpha_{\Sigma x} = 73^\circ.$$

Результаты расчетов не должны отличаться более чем на 5 %

$$\frac{F_{\Sigma \text{ан}} - F_{\Sigma \text{гр}}}{F_{\Sigma \text{ан}}} \cdot 100 \% \leq 5 \%$$

Расчетно-графическая работа 1

Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами

Задание. Используя схему рис. П1.1а, определить равнодействующую системы сил.

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
$F_1, \text{ кН}$	12	8	20	3	6
$F_2, \text{ кН}$	8	12	5	6	12
$F_3, \text{ кН}$	6	2	10	12	15
$F_4, \text{ кН}$	4	10	15	15	3
$F_5, \text{ кН}$	10	6	10	9	18
$\alpha_1, \text{ град}$	30	0	0	15	0
$\alpha_2, \text{ град}$	45	45	60	45	15
$\alpha_3, \text{ град}$	0	75	75	60	45
$\alpha_4, \text{ град}$	60	30	150	120	150
$\alpha_5, \text{ град}$	300	270	210	270	300

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил.

Цель: 1. Определить величины реакций в опоре заземленной балки. Провести проверку правильности решения.

2. Определить величины реакция для балки с шарнирными опорами. Провести проверку правильности решения.

Оборудование:

1. Варианты заданий.
2. Карандаш
3. Транспортир.
4. Тетрадь.

Справочный материал:

Пример 2. Решение задачи на равновесие аналитическим способом

Грузы подвешены на стержнях и канатах и находятся в равновесии. Определить реакции стержней AB и CB (рис. П1.2).

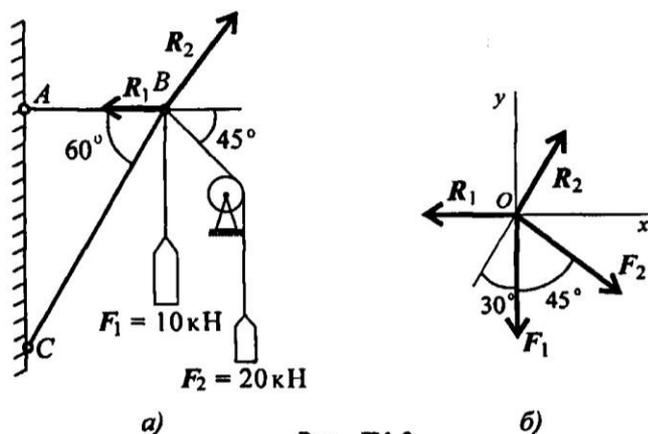


Рис. П1.2

Решение

1. Определяем вероятные направления реакций (рис. П1.2а). Мысленно убираем стержень AB , при этом стержень CB опускается, следовательно, точка B отодвигается от стены: назначение стержня AB — тянуть точку B к стене.

Если убрать стержень CB , точка B опустится, следовательно, стержень CB поддерживает точку B снизу — реакция направлена вверх.

2. Освобождаем точку B от связи (рис. П1.2б).

3. Выберем направление осей координат, ось Ox совпадает с реакцией R_1 .

4. Запишем уравнения равновесия точки B :

$$\sum_0^n F_{kx} = -R_1 + R_2 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum_0^n F_{ky} = R_2 \cos 30^\circ - F_1 - F_2 \cos 45^\circ = 0.$$

5. Из второго уравнения получаем:

$$R_2 = \frac{F_1 + F_2 \cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}; \quad R_2 = \frac{10 + 20 \cdot 0,7}{0,866} = 27,87 \text{ кН.}$$

Из первого уравнения получаем:

$$R_1 = R_2 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ; \quad R_1 = 28,07 \text{ кН.}$$

Вывод: стержень AB растянут силой 28,07 кН, стержень CB сжат силой 27,87 кН.

Примечание. Если при решении реакция связи окажется отрицательной, значит, вектор силы направлен в противоположную сторону.

В данном случае реакции направлены верно.

Расчетно-графическая работа 2

Условие равновесия плоской системы сходящихся сил в аналитической форме

Задание. Определить реакции стержней AC и AD (рис. П1.3).

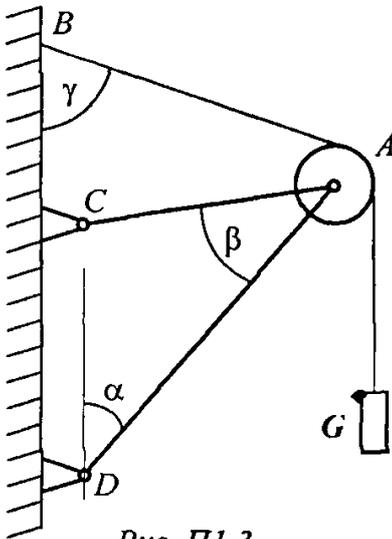


Рис. П1.3

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
G , кН	40	35	48	60	75
α , град	60	45	75	60	45
β , град	15	30	30	15	45
γ , град	60	45	60	75	75

При защите работ ответить на вопросы карт с тестовыми заданиями.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Определение центра тяжести плоских фигур

Цель: 1. Определить координаты центра тяжести заданного сечения. 2.

Определить координаты центра тяжести составного сечения (Приложение 1)

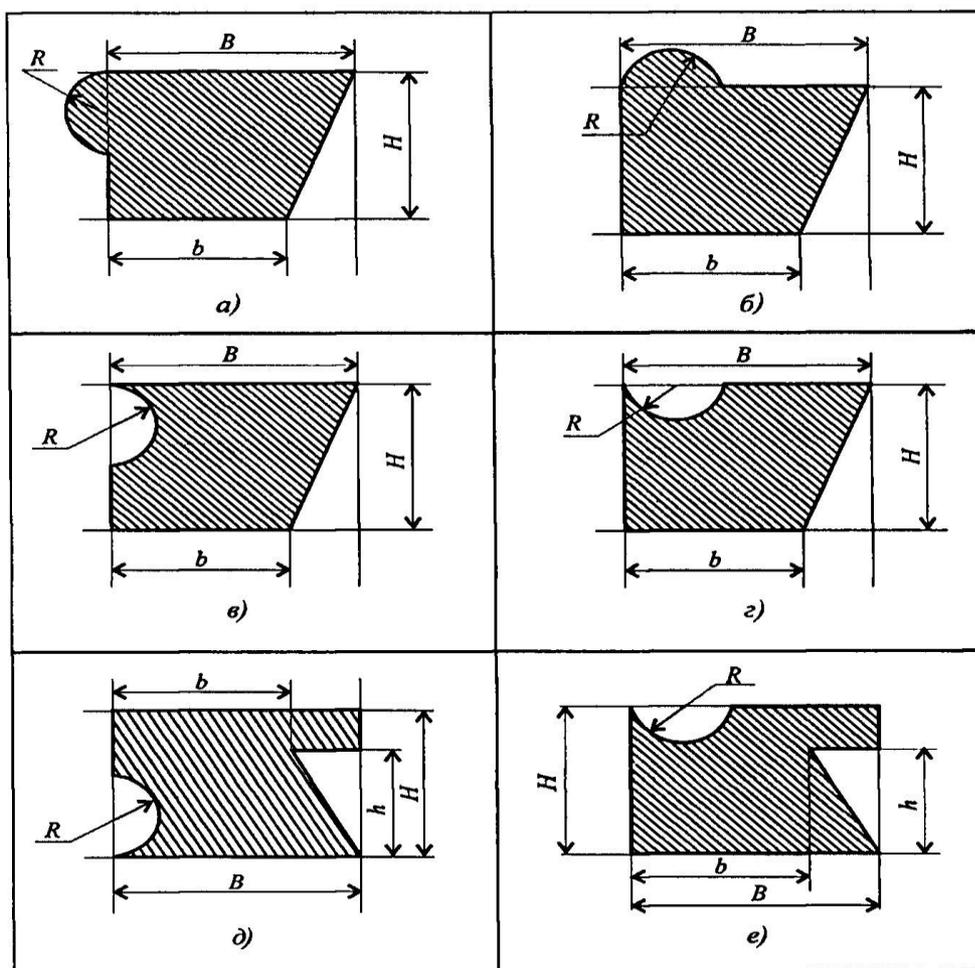
Оборудование:

1. Варианты заданий.
2. Карандаш
3. Транспортир.
4. Тетрадь.

Справочный материал:

Расчетно-графическая работа

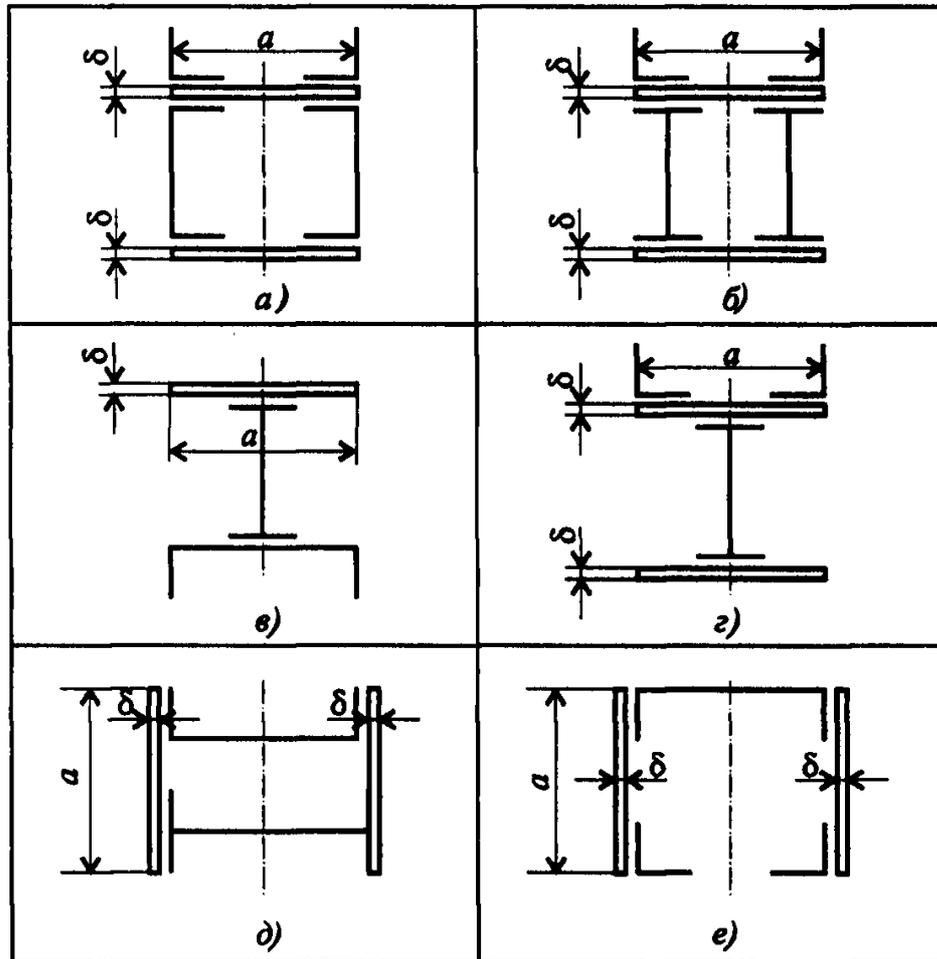
Задание 1. Определить координаты центра тяжести заданного сечения.



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B , мм	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
b , мм	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
H , мм	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
h , мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R , мм	20	25	25	30	30	40	40	50	50	60

Задание 2. Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечения состоят из листов с поперечными размерами $a \times b$ и прокатных профилей по ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89 и ГОСТ 8509–86. Уголок выбирается наименьшей толщины.

Размеры стандартных профилей в Приложении 1.

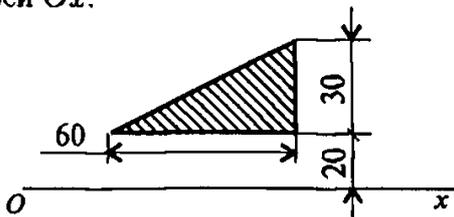


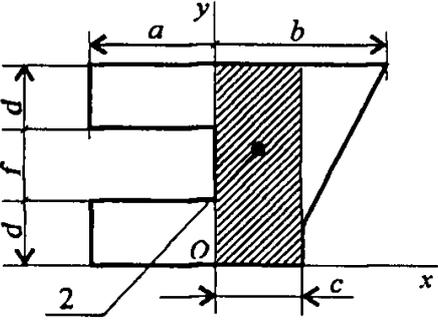
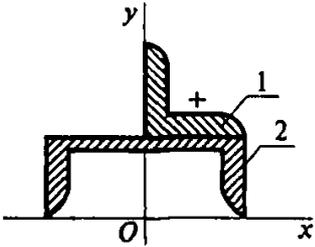
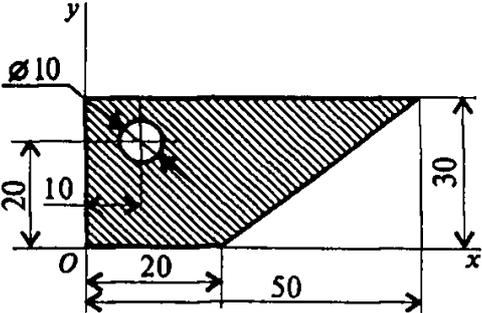
Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ швеллера	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30
№ двутавра	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30
№ уголка	8	8	9	9	10	10	11	11	12,5	14
a, мм	180	200	200	220	220	240	240	260	270	300
δ, мм	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6

При защите работ ответить на вопросы тестового задания.

Тема 1.6. Статика. Центр тяжести тела

Вопросы	Ответы	Код
1. Выбрать формулы для расчета координат центра тяжести тела, составленного из объемных частей.	$x_C = \frac{\sum G_k x_k}{\sum G_k}; y_C = \frac{\sum G_k y_k}{\sum G_k}$	1
	$x_C = \frac{\sum l_k x_k}{\sum l_k}; y_C = \frac{\sum l_k y_k}{\sum l_k}$	2
	$x_C = \frac{\sum A_k x_k}{\sum A_k}; y_C = \frac{\sum A_k y_k}{\sum A_k}$	3
	$x_C = \frac{\sum V_k x_k}{\sum V_k}; y_C = \frac{\sum V_k y_k}{\sum V_k}$	4
2. Вычислить статический момент данной плоской фигуры относительно оси Oх.	$9 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$	1
	$27 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$	2
	$36 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$	3
	$42 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$	4



Вопросы	Ответы	Код
<p>3. Определить координаты центра тяжести фигуры 2 относительно осей Ox и Oy; $a = 80$ мм; $b = 90$ мм; $c = 30$ мм; $d = f = 20$ мм.</p> 	$x_C = 15$ мм, $y_C = 30$ мм	1
	$x_C = -40$ мм, $y_C = 35$ мм	2
	$x_C = 25$ мм, $y_C = 50$ мм	3
	$x_C = -25$ мм, $y_C = 30$ мм	4
<p>4. Определить координату y_C центра тяжести фигуры 1 (уголок $70 \times 70 \times 5$) относительно оси Ox (фигура 2 — швеллер № 20).</p> 	64 мм	1
	83 мм	2
	95 мм	3
	163,5 мм	4
<p>5. Вычислить координату y_C центра тяжести составного сечения.</p> 	19 мм	1
	21 мм	2
	17 мм	3
	25 мм	4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Определение центра тяжести плоских фигур.

Цель: Научится определять координаты центра тяжести плоской фигуры сложной формы.

Оборудование: карандаш, транспортир, тетрадь в клеточку.

Справочный материал: справочник по материаловедению.

Содержание работы:

1. Изобразить заданную фигуру в соответствии с заданием в произвольном масштабе.

2. Выбрать оси координат.

3. Разбить фигуру на составные части, положение центров тяжести которых известно или легко определяется.

4. Определить площади составных частей. Площади вырезов принимать отрицательными.

5. Определять координаты центров тяжести составных частей.

6. Найденные значения площадей, а также координаты их центров тяжести представить в соответствующие формулы и вычислить координаты центра тяжести всей фигуры.

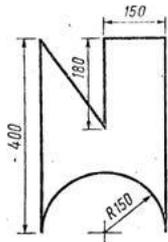
$$X_c = \frac{\sum A_k \cdot X_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} =$$

$$Y_c = \frac{\sum A_k \cdot Y_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + A_3 \cdot Y_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} =$$

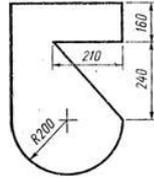
7. По найденным координатам нанести на эскизе положение центра тяжести фигуры.

8. Вывод.

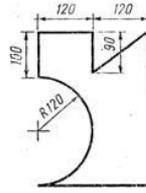
Задание



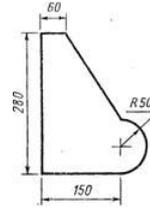
Вариант 1, 16



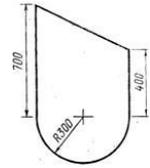
Вариант 2, 17



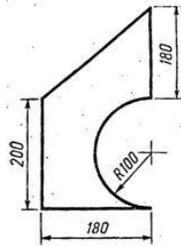
Вариант 3, 18



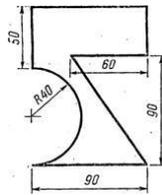
Вариант 4,19



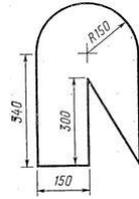
Вариант 5,20



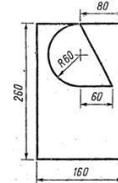
Вариант 6, 21



Вариант 7, 22



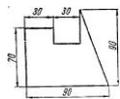
Вариант 8, 23



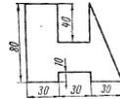
Вариант 9,24



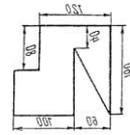
Вариант 10,5



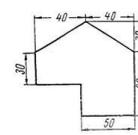
Вариант 11,26



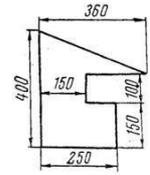
Вариант 12,27



Вариант 13,28



Вариант 14,29



Вариант 15,30

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Тема: Структурный анализ плоских механизмов.

Цель: решить задачи.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: Перунова, М. Н. Механика. Часть I. Кинематика.

Содержание работы:

Задание 1: Частота вращения шкива меняется согласно графику. Определить полное число оборотов шкива за время движения и среднюю угловую скорость за это же время. Построить график угловых перемещений и угловых ускорений шкива. Определить ускорения точек обода колеса в моменты времени t_1 и t_2 .

Задание 2: Движение груза задано уравнением: $y = at^2 + bt + c$, где $[y] = \text{м}$, $[t] = \text{с}$. Определить скорость и ускорение груза в моменты времени t_1 и t_2 , а также скорость и ускорение точки В на ободу барабана лебедки.

Сделать выводы о проделанной работе, ответить на контрольные вопросы:

Вопросы:

1. Какие способы задания движения точки Вы знаете?
2. Как определяется скорость точки при различных способах задания её движения?
3. Как определить ускорение точки?
4. Касательное и нормальное ускорение точки, их физический смысл.
5. Чем отличаются равномерное и равнопеременное движения?
6. Какое движение твердого тела называют поступательным?
7. Какое движение твердого тела называется плоским?
8. Запишите уравнения плоского движения твердого тела.
9. Как определяются кинематические характеристики плоского движения?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема: Структурный анализ плоских механизмов.

Цель: решить задачу.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: Перунова, М. Н. Механика. Часть I. Кинематика.

Содержание работы:

Задача : Построить графики пути, скорости и ускорения точки, движущейся прямолинейно согласно закону для первых пяти секунд движения. Данные из своего варианта взять из таблицы 1.(вариант берется в соответствии порядкового номера обучающегося, если порядковый номер двухзначный, то номер варианта берется по примеру: порядковый номер 13, тогда 1+3=4, вариант задачи 4)

Таблица 1

Вариант	Уравнение движения точки	Вариант	Уравнение движения точки
1.	$= 20t - 5t^2$	16.	$= 16t - 5t^2$
2.	$= 20t - 4t^2$	17.	$= 16t - 4t^2$
3.	$S = 20t - 3t^2$	18.	$S = 16t - 3t^2$
4.	$S = 20t - 2t^2$	19.	$S = 16t - 2t^2$
5.	$S = 19t - 5t^2$	20.	$S = 15t - 5t^2$
6.	$S = 19t - 4t^2$	21.	$S = 15t - 4t^2$
7.	$S = 19t - 3t^2$	22.	$S = 15t - 3t^2$
8.	$S = 19t - 2t^2$	23.	$S = 15t - 2t^2$
9.	$S = 18t - 5t^2$	24.	$S = 14t - 5t^2$
10.	$S = 18t - 4t^2$	25.	$S = 14t - 4t^2$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: Структурный анализ плоских механизмов.

Цель: решить задачи.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: Перунова, М. Н. Механика. Часть I. Кинематика.

Содержание работы:

Задача 1: Автомобиль, движущийся со скоростью 36 км/ч, проходит закругленное шоссе с радиусом кривизны 200 м. На повороте шофер тормозит машину, сообщая ей ускорение $0,3 \text{ м/с}^2$. Найти нормальное и полное ускорения автомобиля на повороте. Найти угол между вектором полного ускорения автомобиля на повороте и вектором его скорости. Каковы угловые скорость и ускорение автомобиля в момент вхождения машины в поворот?

Задача 2: Диск радиусом $CM = R = 50 \text{ см}$ вращается из состояния покоя с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,2 \text{ с}^{-2}$ в направлении, обратном направлению движения часовой стрелки. По ободу диска в направлении, обратном его вращению, движется точка M с постоянной относительной скоростью $v_r = 50 \text{ см/с}$. Определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в конце пятой секунды.

Сделать выводы о проделанной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Структурный анализ плоских механизмов.

Цель: решить задачи.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: Перунова, М. Н. Механика. Часть I. Кинематика.

Содержание работы:

Задание 1: Частота вращения шкива меняется согласно графику. Определить полное число оборотов шкива за время движения и среднюю угловую скорость за это же время. Построить график угловых перемещений и угловых ускорений шкива. Определить ускорения точек обода колеса в моменты времени t_1 и t_2 .

Задание 2: Движение груза задано уравнением: $y = at^2 + bt + c$, где $[y] = \text{м}$, $[t] = \text{с}$. Определить скорость и ускорение груза в моменты времени t_1 и t_2 , а также скорость и ускорение точки В на ободу барабана лебедки.

Сделать выводы о проделанной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема: Структурный анализ плоских механизмов.

Цель: Определить реакции стержней, удерживающих груз G .

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: учебник Вереина Л.И., Краснов М.М..

Техническая механика.

Содержание работы:

Задание:

Массой стержней пренебречь (рисунок 1, таблица 7) (вариант берется в соответствии порядкового номера студента, если порядковый номер двухзначный, то номер варианта берется по примеру: порядковый номер 13, тогда $1+3=4$, вариант задачи 4

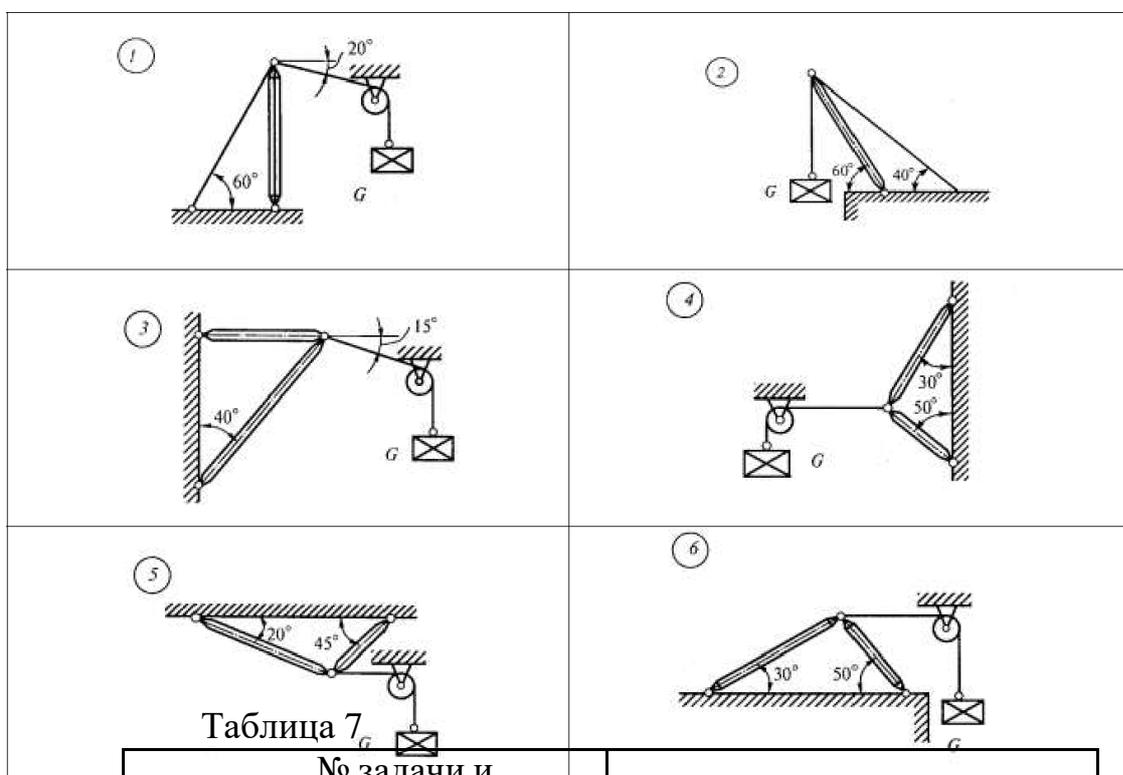


Таблица 7

№ задачи и № схемы	G , кН
1	0,4
2	0,6
3	0,5
4	0,4
5	0,8
6	0,3
7	0,2
8	0,8
9	1,2
10	0,9

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

Цель: – определить допустимое значение центрально-сжимающей силы.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: справочник материалов.

Содержание работы:

1. Определить величину расчетного сопротивления материала на сжатие R , как правило, по справочникам или строительным нормам. Для решения задач самостоятельной работы можно воспользоваться прил. VI.

2. Найти площадь поперечного сечения A стойки.

В задании для самостоятельной работы заданы размеры сечения или тип и номер профиля проката, по которым и находят площадь сечения.

3. Определить коэффициент продольного изгиба φ в следующем порядке:

а) вначале определяют расчетную (эффективную) длину стержня

$$l_{ef} = \mu l,$$

где μ – коэффициент приведения длины, который зависит от способа закрепления концов стержня (см. прил. III); l – геометрическая длина стержня;

б) потом определяют моменты инерции сечения J_x и J_y относительно главных центральных осей. Формулы для определения моментов инерции простых геометрических фигур относительно собственных осей приведены в прил. II. Моменты инерции профилей проката приведены в ГОСТах (см. прил. I);

в) найти радиусы инерции сечения относительно осей x и y :

$$i_x = \sqrt{J_x/A}; \quad i_y = \sqrt{J_y/A}.$$

Если i_x и i_y не равны между собой, то для дальнейших расчетов принимают наименьший из них, обозначив его i_{\min} . Если $i_x = i_y$, то расчет можно вести по любому из них. Для единообразия дальнейших расчетов принимают обозначение j_{\min} , которое для сечения с двумя осями симметрии будет равно i_x и i_y ;

г) определить гибкость стержня:

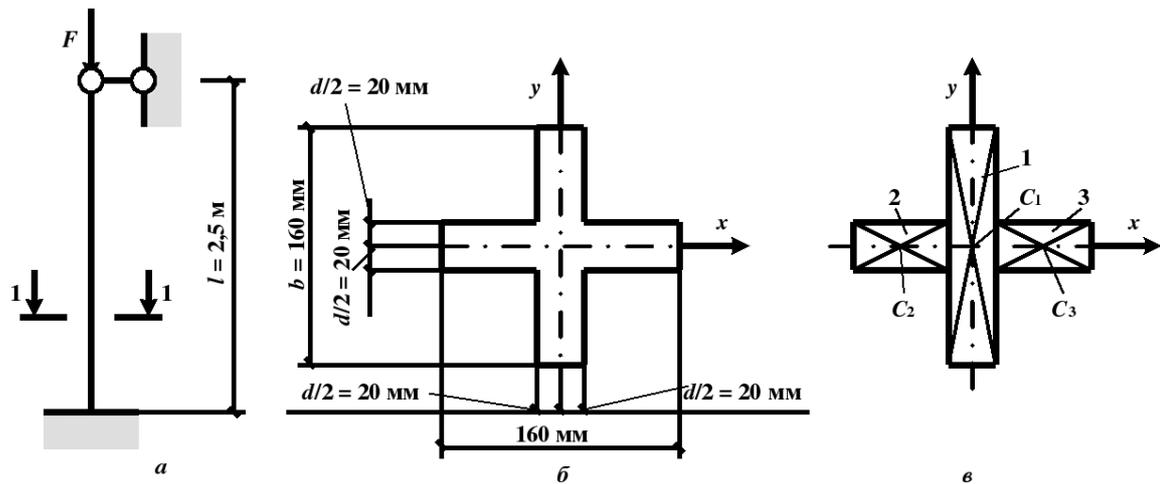
$$= l_{ef} / i_{\min};$$

д) по найденному значению гибкости в зависимости от материала стержня определить коэффициент продольного изгиба (см. прил. IV). При этом, как правило, приходится пользоваться интерполяцией (см. примеры 1,2).

$$N = R \cdot A.$$

4. Определить величину допускаемого значения сжимающей силы:

Пример 1. Определить значение допускаемой силы для центрально-сжатой стойки, показанной на рис. 1, а. Материал стойки – алюминий марки АД31Т.



Решение. 1. Расчетное сопротивление алюминия $R=54$ МПа (прил. VI).
 2. Площадь поперечного сечения стержня (рис. 1, б)

$$A = 16 \times 4 + 2 \times 6 \times 4 = 112 \text{ см}^2 = 112 \times 10^{-4} \text{ м}^2 .$$

3. Определим коэффициент продольного изгиба φ :

а) расчетная длина стержня

$$l_{ef} = \mu l = 0,7 \times 2,5 = 1,75 \text{ м},$$

где $\mu = 0,7$ (см. прил. III);

$$J_x = J_x^I + J_x^{II} + J_x^{III} = 1365 + 32 + 32 = 1429 \text{ см}^4,$$

$$\text{где } J_x^I = \frac{db^3}{12} = \frac{4 \times 16^3}{12} = 1365 \text{ см}^4;$$

б) моменты инерции сечения $J_x = J_y$, так как сечение имеет две оси симметрии (рис. 1)

$$J_x^{II} = J_x^{III} = \frac{\left(\frac{b-d}{2}\right)d^3}{12} = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32 \text{ см}^4 ;$$

$$i_x = i_y = i_{\min} = \sqrt{J_x/A} = \sqrt{\frac{1429}{112}} = 3,57 \text{ см};$$

в) радиус инерции сечения

г) гибкость стержня

$$= \frac{l_{ef}}{i_{\min}} = \frac{175}{3,57} = 46,7;$$

$$\varphi = 0,88 - \frac{0,88 - 0,835}{10} (46,7 - 40) = 0,85.$$

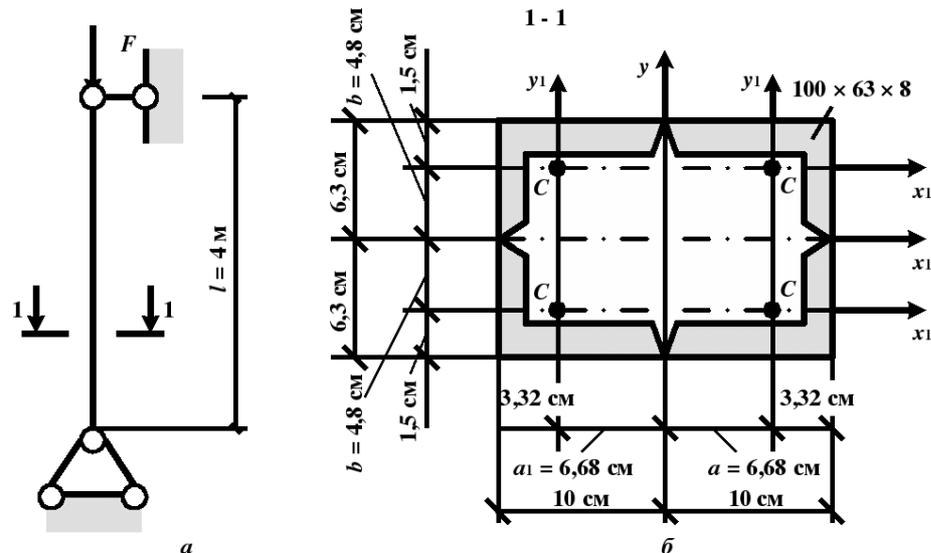
д) коэффициент продольного изгиба (см. прил. IV) с помощью интерполяции $\lambda = 40$ ($\varphi = 0,88$) и $\lambda = 50$ ($\varphi = 0,835$)

4. Определим величину сжимающей силы

$$N = R\varphi A = 54 \cdot 0,85 \cdot 112 \cdot 10^{-4} = 5141 \cdot 10^{-4} \text{ МН} = 514,1 \text{ кН.}$$

Ответ: $N = 514,1$ кН.

Пример 2. Определить допускаемое значение сжимающей силы для центрально-сжатого стержня, показанного на рис. 2, а. Материал стержня сталь – марки С-245.



Сечение стержня состоит из четырех уголков 100х63х8.

Решение. 1. Расчетное сопротивление стали $R = 240$ МПа (прил. VI).

2. Площадь поперечного сечения стержня (рис. 2, б)

$$A = 4 \times 12,6 = 50,4 \text{ см}^2 = 50,4 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ (см. табл. 1, прил. I).}$$

3. Определим коэффициент продольного изгиба φ :

а) расчетная длина стержня

$$l_{ef} = \mu l = 1 \times 4,0 = 4 \text{ м,}$$

где $\mu = 1$ (прил. III);

б) определим моменты инерции сечения относительно

осей x и y . Поскольку сечение состоит из неравнополочных уголков, то момент инерции относительно оси x не будет равен моменту инерции относительно оси y . Момент инерции относительно оси y

$$J_y = 4J_{y1}^1 + 4a_1^2 A_1 = 4 \times 127 + 4 \times 6,68^2 \times 12,6 = 2757 \text{ см}^4,$$

$$\text{где } J_{y1}^1 = 127 \text{ см}^4, \text{ принято по табл. 1 и 2, прил. I.}$$

$$J_x = 4J_{x1}^1 + 4b_1^2 A_1 = 4 \times 39,2 + 4 \times 4,8^2 \times 12,6 = 1318 \text{ см}^4,$$

где $J_{xI}^1 = 39,2 \text{ см}^4$, принято по табл. 1 и 2, прил. I.

Момент инерции относительно оси x

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{1318}{50,4}} = 5,1 \text{ см};$$

Момент инерции относительно оси x является наименьшим;

в) минимальный радиус инерции сечения

г) наибольшая гибкость стержня

$$= \frac{l_{ef}}{i_{\min}} = \frac{400}{51} = 78,4;$$

д) коэффициент φ определим по прил. IV, интерполируя значения гибкости $\lambda = 70$ ($\varphi = 0,754$) и $\lambda = 80$ ($\varphi = 0,686$):

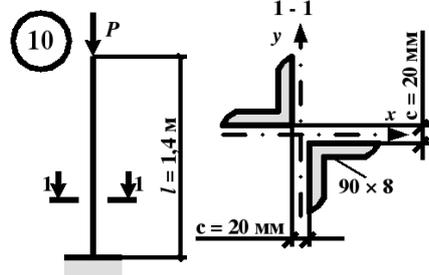
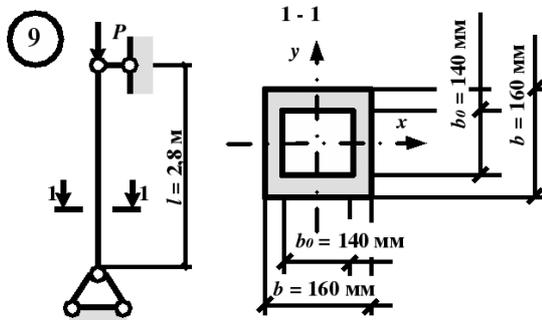
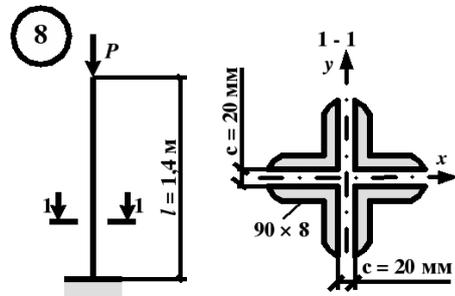
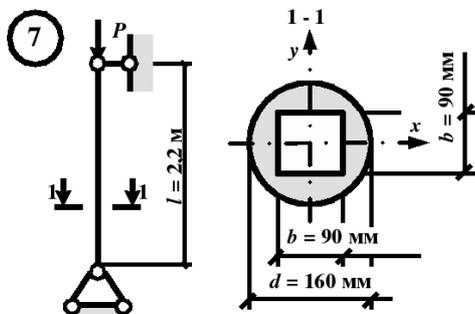
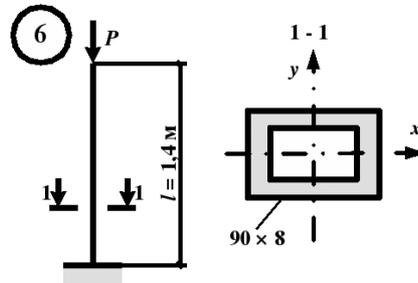
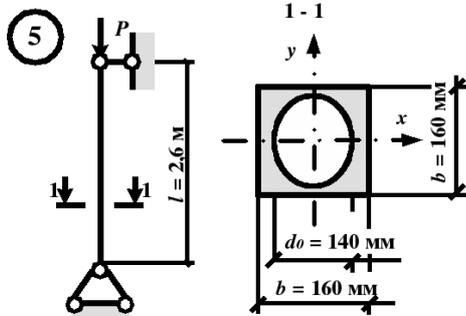
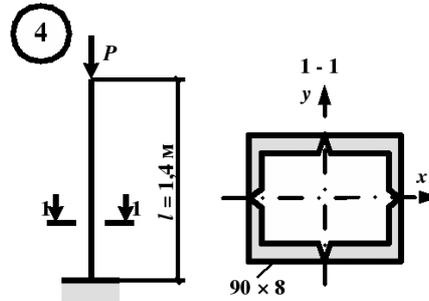
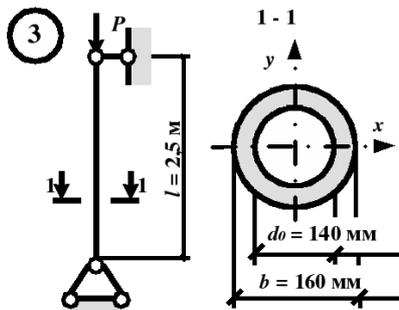
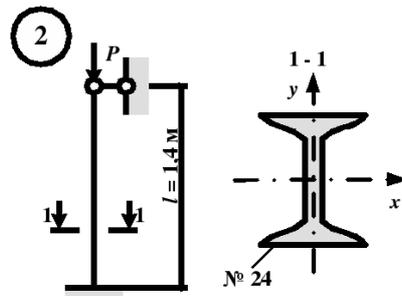
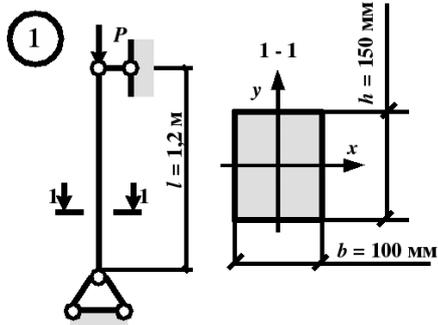
4. Допустимая сжимающая сила

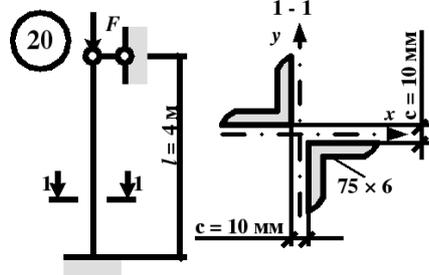
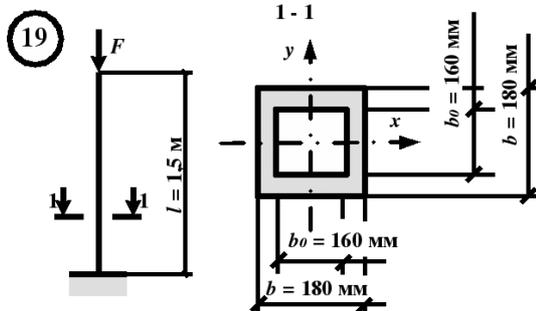
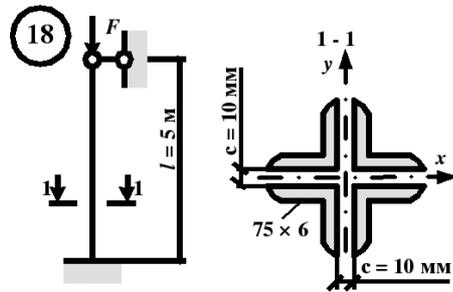
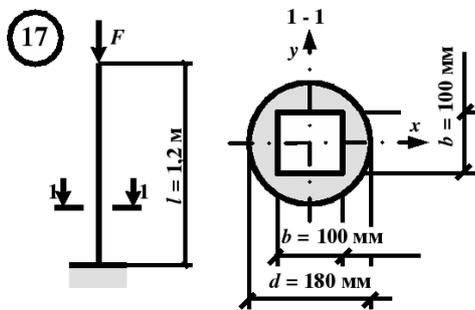
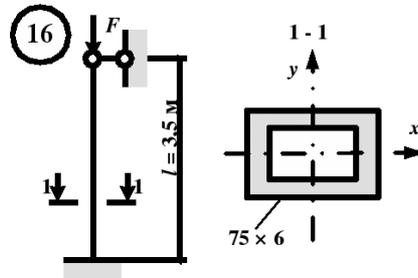
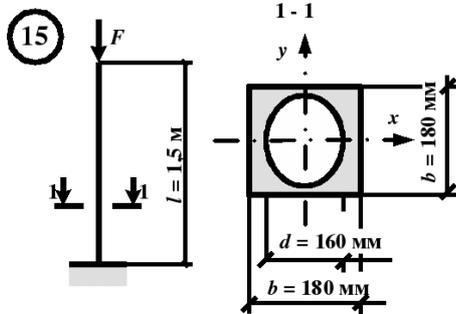
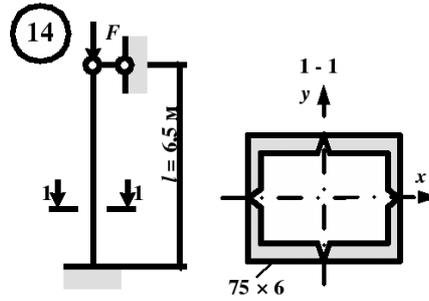
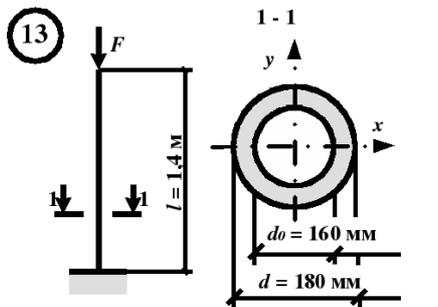
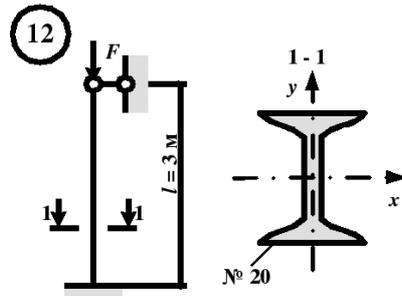
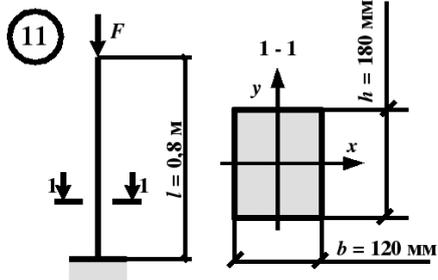
$$= 0,754 - \frac{0,754 - 0,686}{10} (78,4 - 70) = 0,697.$$

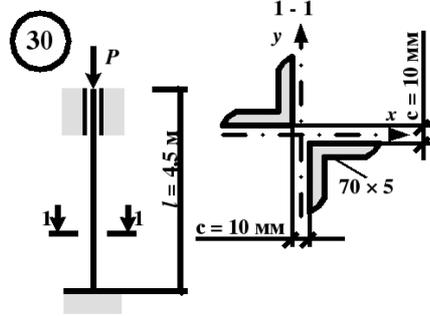
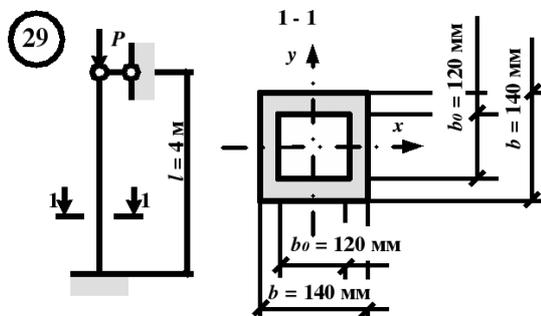
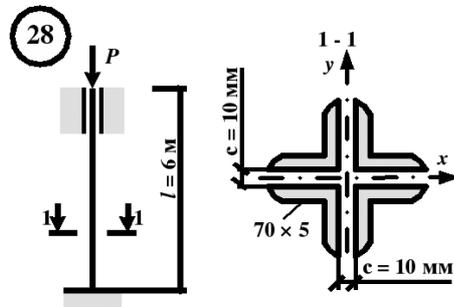
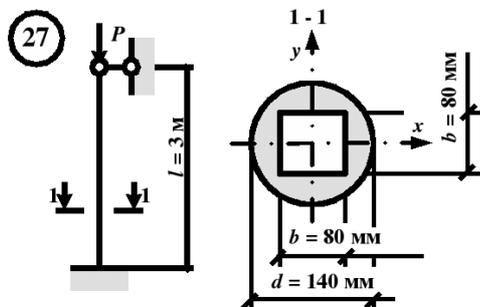
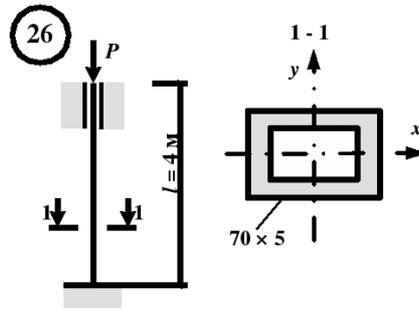
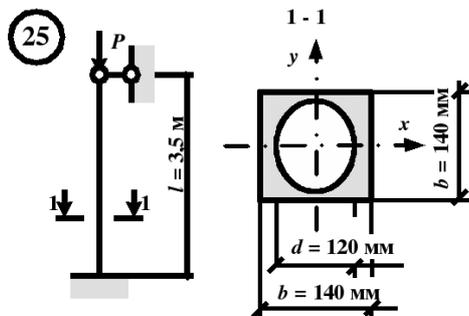
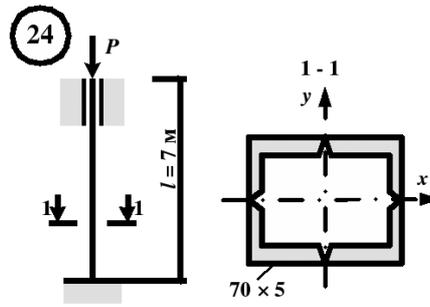
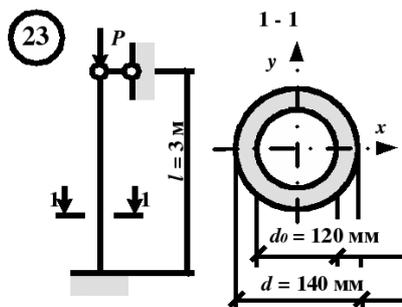
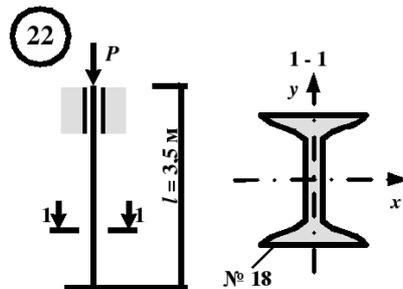
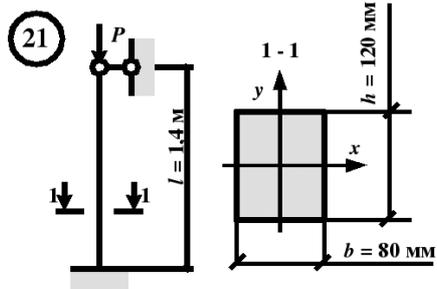
$$N = R A = 240 \times 0,697 \times 50,4 \times 10^{-4} = 8431 \times 10^{-4} \text{ МН} = 843,1 \text{ кН}.$$

Задание

Определить величину допускаемого значения центрально-сжимающей силы по данным одного из вариантов, показанных на рис. 3. Для нечетных вариантов материал для стержня – алюминий марки АМг2М, для четных – сталь марки С-345.







ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

Цель: определение коэффициента запаса устойчивости.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Содержание работы:

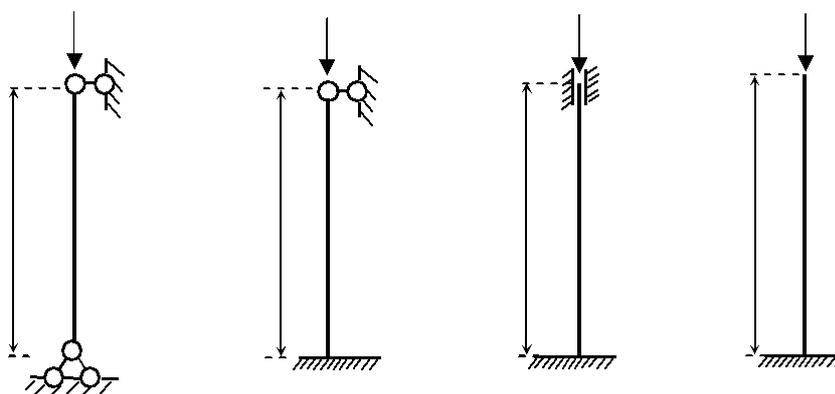
Задание 1: Провести расчет на устойчивость сжатых стержней

Задание 2: ответить на контрольные вопросы:

1. Какое равновесие называется устойчивым?
2. Какие брусья следует рассчитывать на устойчивость?
3. Какую силу при расчете на устойчивость называют критической?
4. Напишите формулу Эйлера для расчета критической силы и назовите входящие величины и их единицы измерения.
5. Что называют гибкостью стержня, какой смысл заложен в этом названии? Назовите категории стержней в зависимости от гибкости.
6. От каких параметров стержня зависит предельная гибкость?
7. При каких условиях можно использовать формулу Эйлера для расчета критической силы?
8. В чем заключается расчет сжатого стержня на устойчивость? Напишите условие устойчивости. Чем отличается допускаемая сжимающая сила от критической?

Задание:

Для заданной расчетной схемы центрально-сжатого стержня требуется определить коэффициент запаса устойчивости. Для всех вариантов задачи принять: сечение прямоугольное размером $b \times h$, материал стойки, размеры поперечного сечения, длину стойки, величину нагрузки – по табл. 5, расчетные схемы стоек показаны в табл. 3.



Закрепление концов стержня во всех плоскостях принять одинаковым.

Таблица 5

Исходные данные к заданию

Номер строки	b , м	h , см	H , м	F , кН	Закрепление по табл. 3	Материал
1	4	5	3,2	400	I	сталь С245
2	5	7	3,6	420	II	сталь С235
3	6	9	6,2	440	III	дерево 3-й сорт
4	7	12	6,4	465	IV	сталь С245
5	8	13	6,6	480	I	сталь С235
6	9	9	4,4	500	II	сталь С345
7	10	14	4,6	525	III	дерево 2-й сорт
8	12	20	5,4	540	IV	сталь С275
9	14	30	4,9	560	I	сталь С235
10	13	15	5,3	580	II	дерево 3-й сорт
11	15	11	4,5	600	III	сталь С235
12	16	8	6,3	340	IV	сталь С345
13	4	8	7,2	360	I	сталь С275
14	5	5	5,5	380	II	дерево 2-й сорт
15	6	14	4,0	410	III	дерево 2-й сорт
16	7	10	3,9	430	IV	сталь С275
17	8	15	5,7	450	I	сталь С345
18	9	20	6,0	470	II	сталь С275
19	10	30	4,8	490	III	дерево 3-й сорт
20	12	12	3,4	510	IV	сталь С345
21	14	15	3,8	630	I	сталь С245
22	13	6	5,2	530	II	дерево 3-й сорт
23	15	20	5,8	550	III	дерево 2-й сорт
24	16	22	7,9	570	IV	сталь С275

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

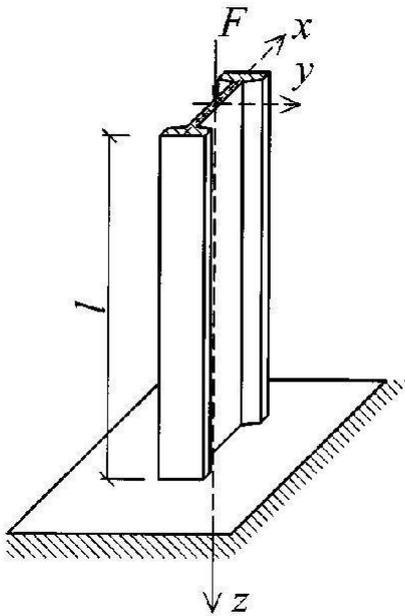
Цель: решить задачу.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Содержание работы:

Задание : Центально-сжатая стойка, используемая в конструкции здания, длиной $l = 4$ м выполнена из двутавра № 40 по 15 ГОСТ 8239-89 (рис. 4) из стали марки С245 имеет одинаковое закрепление концов стержня в различных плоскостях. Требуется определить величину допускаемой силы.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

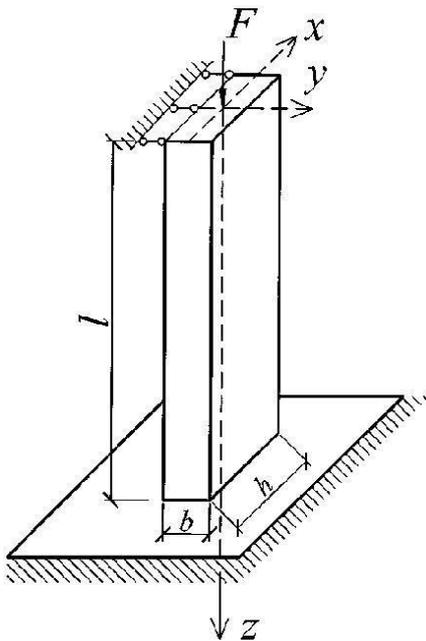
Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Содержание работы:

Задание : Централно-сжатая стойка длиной $l = 2$ м выполнена из прямоугольного деревянного бруса сечением $b = 10$ см, $h = 20$ см из сосны 2-го сорта. Схема закрепления стержня приведена на рис. 5. Требуется определить величину допускаемой силы.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

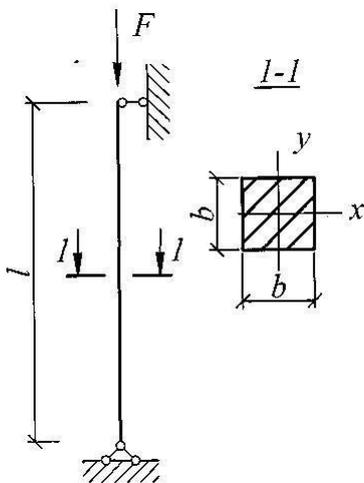
Цель: решить задачу.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Содержание работы:

Задание : Центально-сжатая стойка квадратного сечения 50x50 мм из стали марки С345 длиной 2 м используется в мостовой конструкции. Стержень нагружен силой 250 кН. Схема закрепления стержня во всех плоскостях одинаковая и приведена на рис. 6. Требуется определить коэффициент запаса устойчивости.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15

Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

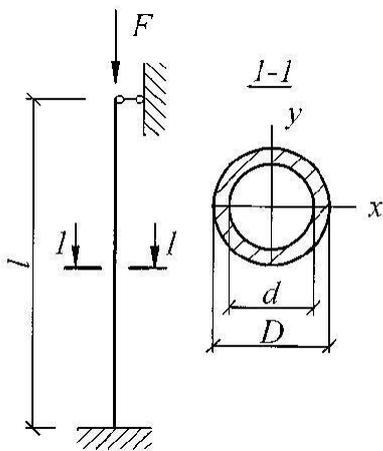
Цель: решить задачу.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочник:

Содержание работы:

Задание : Центрально-сжатая стойка выполнена из трубы диаметром $D = 133$ мм и толщиной 5 мм по ГОСТ 10704-91 из стали марки ВСтЗпс (С235) длиной 4,2 м. Стержень нагружен силой 300 кН. Схема закрепления стержня во всех плоскостях одинаковая и приведена на рис. 7. Требуется определить коэффициент запаса устойчивости.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16

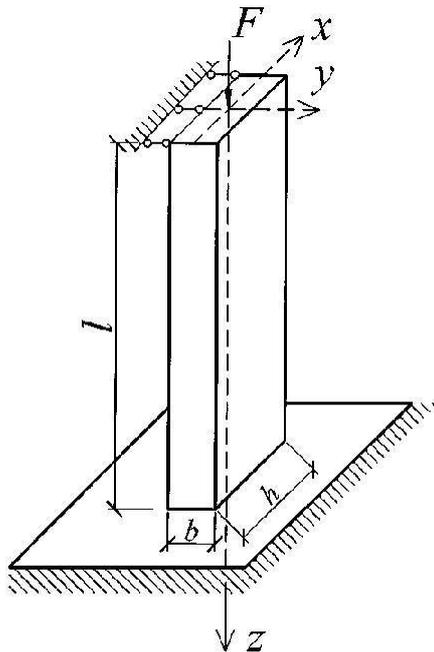
Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

Цель: решить задачу.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Задание : Центально-сжатая стойка прямоугольного сечения длиной $l = 3,5$ м нагружена силой $F = 400$ кН и выполнена из стали класса прочности С345. Стойка используется в мостовой конструкции. Схема закрепления стержня приведена на рис. 8. Требуется определить размеры поперечного сечения b и h , если соотношение $h / b = 2$.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17

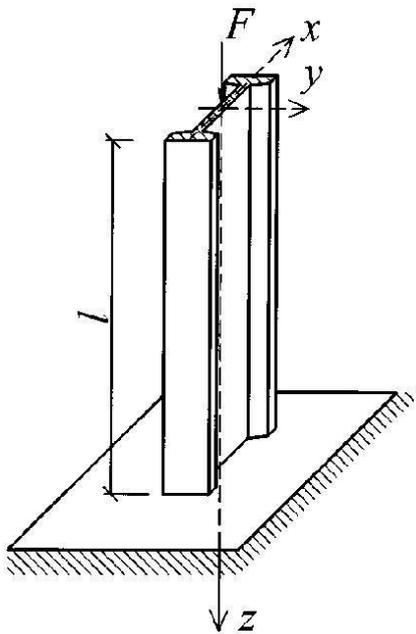
Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

Цель: решить задачу.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Содержание работы:

Задание : Центрально-сжатая стойка из двутавра по ГОСТ 8239 длиной $l = 2,5$ м нагружена силой $F = 420$ кН и выполнена из стали марки С245. Стойка используется в конструкции здания. Схема закрепления стержня приведена на рис. 9. Требуется определить номер двутавра.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 18

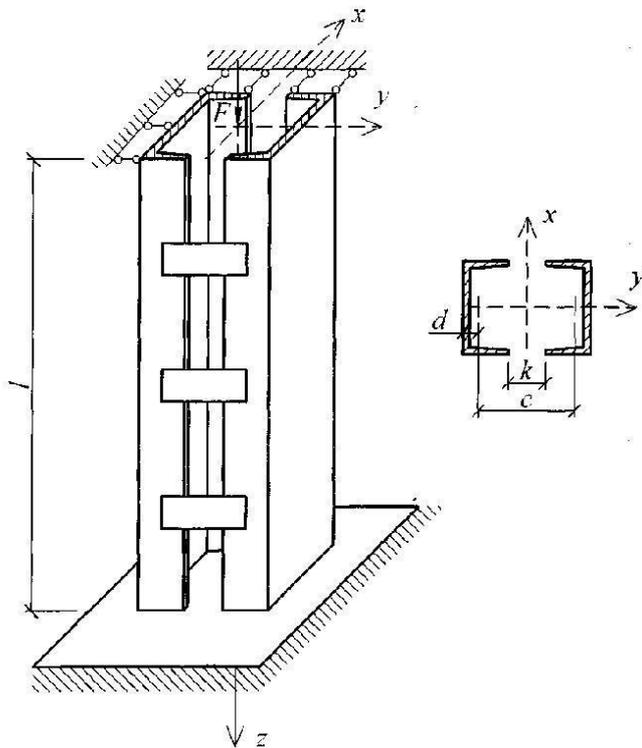
Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: справочник «Материалы и сортаменты»

Содержание работы:

Задание : Центральна сжатая стойка из двух швеллеров по ГОСТ 8240 длиной $l = 3,8$ м нагружена силой $F = 500$ кН и выполнена из стали марки С255. Стойка используется в конструкции для промышленно-гражданского строительства. Схема закрепления стержня приведена на рис. 10.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 19

Тема: Выполнение расчета на устойчивость сжатых стержней.

Цель: выполнить задание

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: справочник «Материалы и сортаменты»

Задание : Для заданной расчетной схемы центрально-сжатого стержня требуется:

1) из условия равноустойчивости назначить размеры поперечного сечения двухветвевой стойки (ветви объединены соединительными планками), применяя метод последовательных итераций;

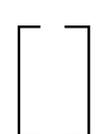
2) установить возможность применения формул Эйлера или Ясинского-Тетмайера для определения критической силы;

3) определить величину критической силы по формуле Эйлера или Ясинского;

4) найти коэффициент запаса устойчивости.

Типы сечений двухветвевых стоек

Таблица 1

Тип сечения	А	В	С
Профиль			

Исходные данные к заданию 1

Таблица 2

Номер строки	Тип сечения	H , Н	F , Н	Марка стали	Номер строки	Тип сечения	H , Н	F , кН	Марка стали
2	B	5,0	630	C245	14	B	3,6	840	C275
3	C	5,5	610	C255	15	C	6,2	950	C345
4	A	6,0	600	C275	16	A	6,4	970	C235

5	<i>B</i>	3,5	650	C345	17	<i>B</i>	6,6	960	C245
6	<i>C</i>	4,0	640	C235	18	<i>C</i>	4,4	870	C255
7	<i>A</i>	4,2	670	C245	19	<i>A</i>	4,6	830	C275
8	<i>B</i>	4,8	660	C255	20	<i>B</i>	5,4	910	C345
9	<i>C</i>	3,4	780	C275	21	<i>C</i>	4,9	730	C245
10	<i>A</i>	3,8	740	C345	22	<i>A</i>	5,3	840	C255
11	<i>B</i>	5,2	680	C235	23	<i>B</i>	4,5	690	C275
12	<i>C</i>	5,8	800	C245	24	<i>C</i>	6,3	570	C345

Информационное обеспечение обучения

Основная литература

1. Зиомковский, В. М. Техническая механика: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. М. Зиомковский, И. В. Троицкий; под научной редакцией В. И. Вешкурцева. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 288 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10334-2. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>
2. Иванов М.Н. Детали машин: учебник для СПО /М.Н. Иванов, В.А. Финогенов.- 16-е изд., испр. и доп.- Москва: Изд.- во Юрайт, 2019.- 409с.- (Серия:Профессиональное образование). ISBN 978-5-534-10937-5
3. Балдин, В. А. Детали машин и основы конструирования. Передачи : учебник для среднего профессионального образования / В. А. Балдин, В. В. Галевко ; под редакцией В. В. Галевко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 333 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10935-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

Дополнительные источники

4. Кривошاپко, С. Н. Сопротивление материалов. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / С. Н. Кривошاپко, В. А. Копнов. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 353 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-8043-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>
Теоретическая механика. Краткий курс : учебник для среднего профессионального образования / В. Д. Бертяев, Л. А. Булатов, А. Г. Митяев, В. Б. Борисевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-1

Учебно-методические материалы:

- 1.Методические указания к практическим/лабораторным работам (Электронный ресурс)/ Коровин Ю.И., Горохов Д.В., – Москва: РГАУ-МСХА, 2021 – ЭБС – «РГАУ-МСХА»

Интернет – ресурсы

1. Электронно-библиотечная система РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (далее ЭБС) сайт www.library.timacad.ru
2. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» - <https://cyberleninka.ru/>
3. Сетевая электронная библиотека аграрных вузов - <https://e.lanbook.com/books>