

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна
Должность: Проректор по УР и НО
Дата подписания: 14.09.2021 08:47:21
Уникальный программный ключ:
bb52f959411e64617366ef2977b97e87139b1a2d



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)
АВИАЦИОННЫЙ КОЛЛЕДЖ**

УТВЕРЖДАЮ
Директор колледжа
А.И. Азарова
личная подпись инициалы, фамилия
« 21 » 01 2020 г.
Пер. № _____

Методические указания по выполнению лабораторных работ
по дисциплине ОП.03 Техническая механика
основной образовательной программы
по специальности СПО
15.02.15 Технология металлообрабатывающего производства
базовой подготовки


Ростов-на-Дону
2020 г.

Лист согласования

Методические указания по выполнению лабораторных работ по специальности (специальностям) среднего профессионального образования (далее - СПО) 15.02.15 Технология металлообрабатывающего производства разработан на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС)

Разработчик:

Преподаватель


личная подпись Т.А.Аникина
инициалы, фамилия
«21» 01 2020г.

Методические указания по выполнению лабораторных работ рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии «Общепрофессиональных дисциплин»

Протокол № 5 от «21» 01. 2020 г.

Председатель цикловой комиссии


личная подпись

Л.Н. Гончарова
инициалы, фамилия

Лабораторная работа №1

Тема: Плоская система сходящихся сил

Цель работы: Уметь определять равнодействующую плоской системы сходящихся сил, решать задачи на равновесие графическим, геометрическим и аналитическим способом, рационально выбирая координатные оси.

Расчетные формулы:

Равнодействующая системы сил

$$F_{\Sigma} = \sqrt{X_{\Sigma}^2 + Y_{\Sigma}^2}; \quad X_{\Sigma} = \sum X_k; \quad Y_{\Sigma} = \sum Y_k$$

Где X_{Σ} , Y_{Σ} - проекции равнодействующих на оси координат,

X_{kn} , Y_{kn} - проекции векторов-сил системы на оси координат

$$\cos(F_{\Sigma}, X) = \frac{X_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}; \quad \cos(F_{\Sigma}, Y) = \frac{Y_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}$$

Условия равновесия

$$\begin{cases} \sum X_k = 0 \\ \sum Y_k = 0 \end{cases}$$

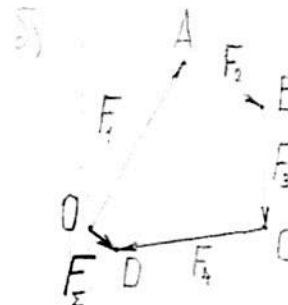
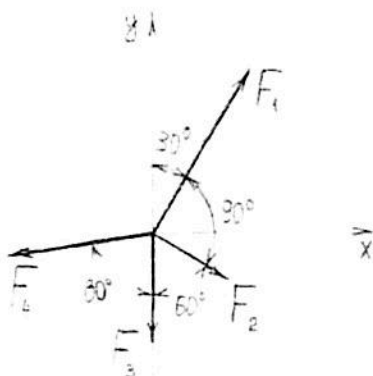
Если плоская система сходящихся сил находится в равновесии, многоугольник сил должен быть замкнут

Задание: К точке тела приложены четыре силы, лежащие в одной (вертикальной / горизонтальной) плоскости и образующие между собой данные углы (90° , 60° и 80°). Первая сила направлена (вправо и вверх / вправо и вниз / влево и вверх / влево и вниз) под данным углом α (30°) к (вертикали / горизонтали). Даны модули сил: F_1 (= 250 Н), F_2 (= 120 Н), F_3 (= 150 Н), F_4 (= 200 Н).

Плоскость	Направление	F_1 , Н	F_2 , Н	F_3 , Н	F_4 , Н	α	$F_1 F_2$	$F_2 F_3$	$F_3 F_4$
вертикаль		250	120	150	200	30°	90°	60°	80°

Определить модуль и направление равнодействующей: 1) графически
2) аналитически

1) Решение: Выбираем масштаб сил $\mu_F = 10$ Н/мм. Откладываем по заданным направлениям отрезки, изображающие векторы сил (рис. а). Из произвольной точки О проводим отрезок \vec{OA} , равный вектору силы F_1 (рис. б). Из конца А этого отрезка проводим отрезок $\vec{AB} = F_2$ и т. д. Замыкающая сторона \vec{OD} полученного таким образом силового многоугольника и будет изображать в выбранном масштабе главный вектор заданной системы сходящихся сил, равный их равнодействующей ($F_{гп} = F_{\Sigma}$) и направленный от точки О в точку D.



Длина замыкающей $\overline{OD} = 4,2$ мм, следовательно, модуль равнодействующей $F_{\Sigma} = \mu_F \cdot \overline{OD} = 10 \cdot 4,2 = 42$ Н. Измерив угол между вертикалью и направлением замыкающей, находим: равнодействующая F_{Σ} направлена вправо и вниз под углом 131° к вертикали.

2) Решение: Проецируя все силы на координатные оси, получим:

$$X_1 = F_1 \cos 60^{\circ} = 250 \cdot 0,5 = 125 \text{ Н,}$$

$$X_2 = F_2 \cos 30^{\circ} = 120 \cdot 0,866 = 103,9 \text{ Н,}$$

$$X_3 = F_3 \cos 90^{\circ} = 150 \cdot 0 = 0 \text{ Н,}$$

$$X_4 = -F_4 \cos 10^{\circ} = -200 \cdot 0,985 = -197 \text{ Н,}$$

$$Y_1 = F_1 \cos 30^{\circ} = 250 \cdot 0,866 = 216,5 \text{ Н,}$$

$$Y_2 = -F_2 \cos 60^{\circ} = -120 \cdot 0,5 = -60 \text{ Н,}$$

$$Y_3 = -F_3 \cos 0^{\circ} = -150 \cdot 1 = 150 \text{ Н,}$$

$$Y_4 = -F_4 \cos 80^{\circ} = -200 \cdot 0,174 = -34,8 \text{ Н}$$

$$X_{\Sigma} = \Sigma X_k = 31,9 \text{ Н,}$$

$$Y_{\Sigma} = \Sigma Y_k = -28,3 \text{ Н.}$$

$$F_{\Sigma} = \sqrt{X_{\Sigma}^2 + Y_{\Sigma}^2} = \sqrt{31,9^2 + (-28,3)^2} \approx 42,6 \text{ Н.}$$

$$\cos(F_{\Sigma}, x) = \frac{X_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{31,9}{42,6} = 0,749$$

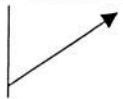
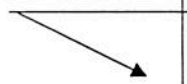
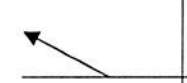
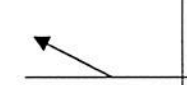
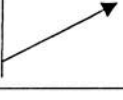


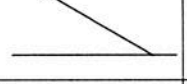




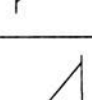

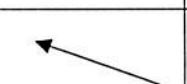
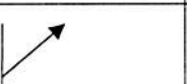



$$\cos(F_{\Sigma}, y) = \frac{Y_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = -\frac{28,3}{42,6} = -0,664$$

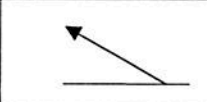
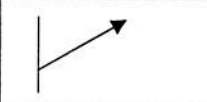

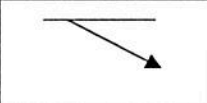
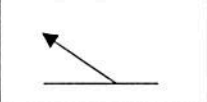

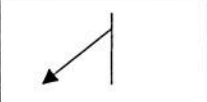

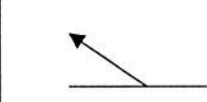

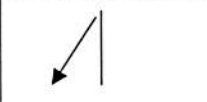
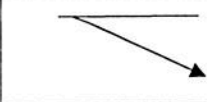
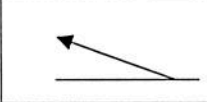

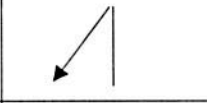
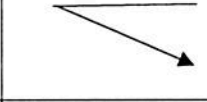
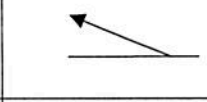
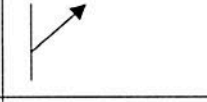
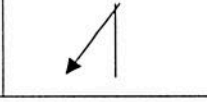
Отсюда находим углы между линией действия равнодействующей F_{Σ} и положительным направлением осей координат:


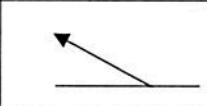
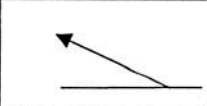
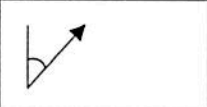

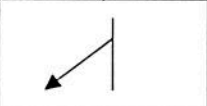
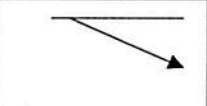

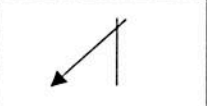
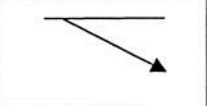
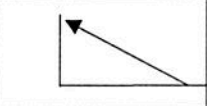
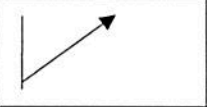
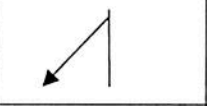

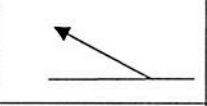
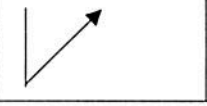
$$(F_{\Sigma}, x) = \arccos(0,749) = 41^{\circ}30'$$

$$(F_{\Sigma}, y) = \arccos(-0,664) = 131^{\circ}36'$$

	Плоскость	Направление	F1	F2	F3	F4	$\angle \alpha$	F1^F2	F2^F3	F3^F4
1	Вертикаль		250	120	150	200	60	75	45	120
2	Вертикаль		250	120	150	200	30	90	60	80
3	Вертикаль		200	250	120	150	30	90	60	80
4	Вертикаль		250	120	150	200	30	90	60	80
5	Горизонтал b		120	250	200	150	30	90	60	80
6	Вертикаль		120	250	200	150	30	90	60	80
7	Горизонтал b		200	250	120	150	75	60	45	110
8	Горизонтал b		250	120	150	200	75	60	45	110

9	Вертикаль		120	250	200	150	75	60	45	110
10	Горизонталь		200	250	120	150	60	75	45	120
11	Горизонталь		250	120	150	200	60	75	45	120
12	Горизонталь		120	250	200	150	60	75	45	120
13	Вертикаль		200	250	120	150	50	85	45	60
14	Вертикаль		250	120	150	200	50	85	45	60
15	Горизонталь		120	250	200	150	50	85	45	60
16	Горизонталь		200	250	120	150	45	75	60	90
17	Вертикаль		250	120	150	200	45	75	60	90
18	Вертикаль		120	250	200	150	45	75	60	90
19	Горизонталь		200	250	120	150	30	90	60	80
20	Горизонталь		250	120	150	200	30	90	60	80
21	Вертикаль		120	250	200	150	30	90	60	80
22	Вертикаль		200	150	120	150	75	60	45	110
23	Горизонталь		250	120	150	200	75	60	45	110
24	Горизонталь		120	250	200	150	75	60	45	110
25	Вертикаль		200	250	120	150	60	75	45	120
26	Вертикаль		250	120	150	200	60	75	45	120
27	Горизонталь		120	250	200	150	60	75	45	120

28	Горизонтал ь		200	250	120	150	50	85	45	60
29	Вертикаль		250	120	150	200	50	85	45	60
30	Вертикаль		120	250	200	150	50	85	45	60
31	Горизонтал ь		200	250	120	150	45	75	60	90
32	Горизонтал ь		250	120	150	200	45	75	60	90
33	Вертикаль		120	250	200	150	45	75	60	90
34	Вертикаль		200	250	120	150	30	90	60	80
35	Горизонтал ь		250	120	150	200	30	90	60	80
36	Горизонтал ь		120	250	200	150	30	90	60	80
37	Вертикаль		200	250	120	150	75	60	45	110
38	Вертикаль		250	120	150	200	75	60	45	110
39	Горизонтал ь		120	250	200	150	75	60	45	110
40	Горизонтал ь		220	250	120	150	60	75	45	120
41	Вертикаль		250	120	150	200	60	75	45	120
42	Вертикаль		120	250	200	150	60	75	45	120
43	Горизонтал ь		200	250	120	150	50	85	45	60
44	Горизонтал ь		250	120	150	200	50	85	45	60
45	Вертикаль		120	250	200	150	50	85	45	60
46	Вертикаль		200	250	120	150	45	75	60	90

47	Горизонтал ь		250	120	150	200	45	75	60	90
48	Горизонтал ь		120	250	200	150	45	75	60	90
49	Горизонтал ь		200	250	120	150	75	60	45	110
50	Вертикаль		250	120	150	200	75	60	45	110
51	Вертикаль		120	250	200	150	75	60	45	110
52	Вертикаль		200	250	120	150	60	75	45	120
53	Горизонтал ь		250	120	150	200	60	75	45	120
54	Вертикаль		120	250	200	150	60	75	45	120
55	Вертикаль		200	250	120	150	50	85	45	60
56	Горизонтал ь		250	120	150	200	50	85	45	60
57	Горизонтал ь		120	250	200	150	50	85	45	60
58	Вертикаль		200	250	120	150	45	75	60	90
59	Вертикаль		250	120	150	200	45	75	60	90
60	Горизонтал ь		120	250	200	150	45	75	60	90
61	Горизонтал ь		200	250	120	150	30	90	60	80
62	Вертикаль		250	120	150	200	30	90	60	80

Лабораторная работа №2

Тема: Плоская система произвольно расположенных сил.

Цель работы: Уметь приводить произвольную плоскую систему сил к точке, определяя величины главного вектора и главного момента системы. Знать уравнения равновесия и уметь ими пользоваться при определении реакций в опорах балочных систем. Расчетные формулы: Виды опор балок и их реакции (рис. 2)

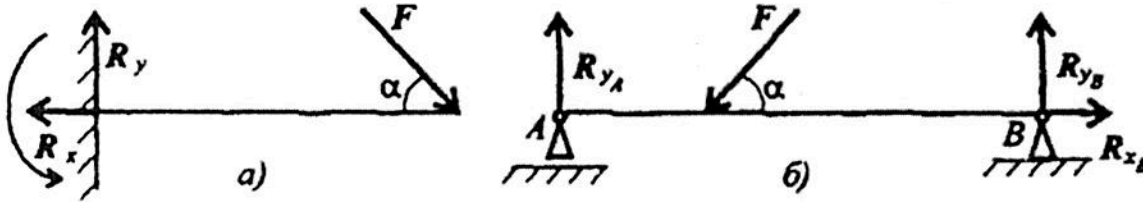


Рис.2

Моменты пары сил и силы относительно точки (рис. 3)

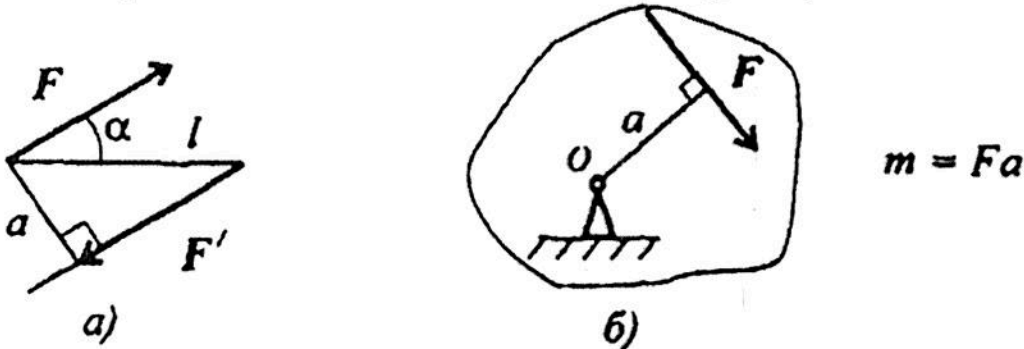


Рис.3

Главный вектор

$$F_{\text{гл}} = \sqrt{(\sum_0^n F_{kx})^2 + (\sum_0^n F_{ky})^2}$$

Главный момент

$$M_{\text{гло}} = \sum_0^n m_{ko}$$

Условия равновесия

$$1. \sum_0^n F_{kx} = 0; \sum_0^n F_{ky} = 0; \sum_0^n m_{kA} = 0.$$

Проверка: $\sum_0^n m_{kB} = 0.$

$$2. \sum_0^n F_{kx} = 0; \sum_0^n m_{kA} = 0; \sum_0^n m_{kB} = 0.$$

Проверка: $\sum_0^n F_{ky} = 0.$

Задание Определить величины реакций для балки с шарнирными опорами. Провести проверку правильности решения.

№ варианта		№ варианта	
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

Лабораторная работа №3

Тема: Центр тяжести.

Цель работы: *Знать методы определения центра тяжести тела и плоских сечений, формулы для определения положения ЦТ плоских сечений*

Уметь определять положение центра тяжести фигур, составленных из стандартных профилей.

Расчетные формулы:

Методы расчета:

- метод симметрии;
- метод разделения на простые части;
- метод отрицательных площадей.

Координаты центров тяжести сложных и составных сечений

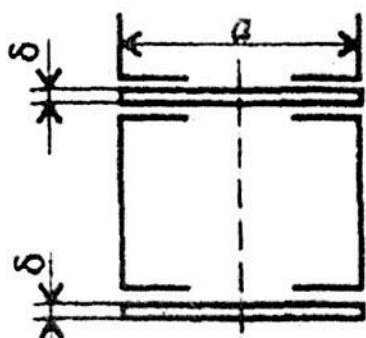
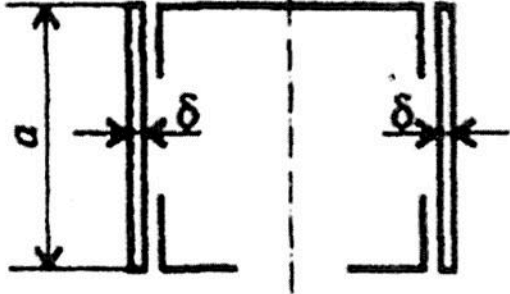
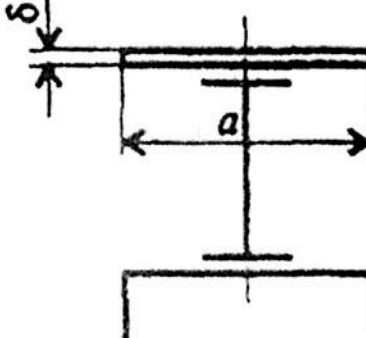
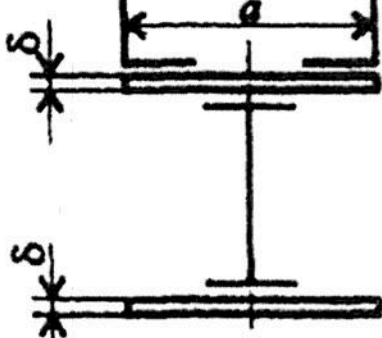
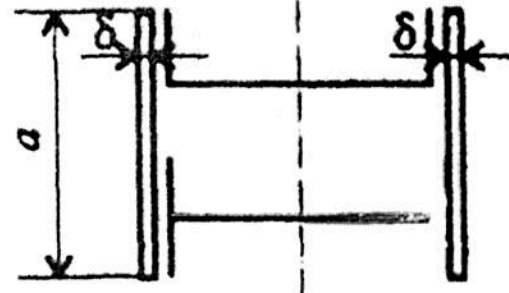
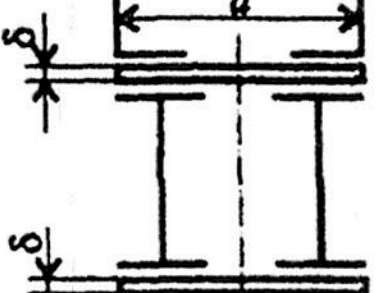
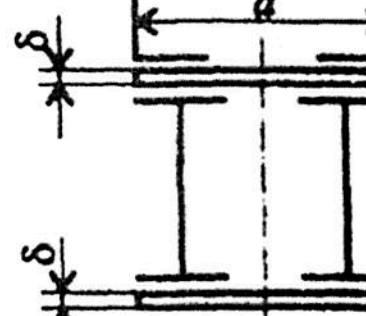
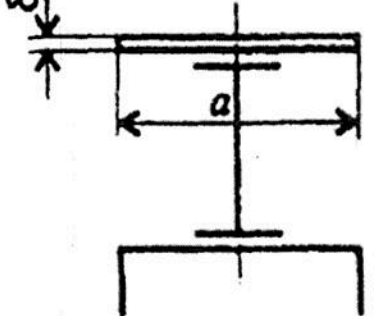
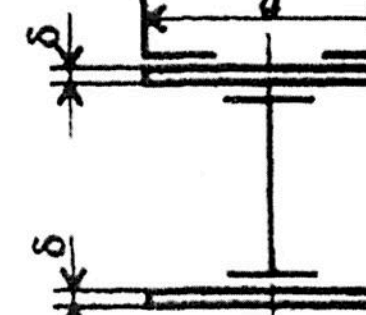
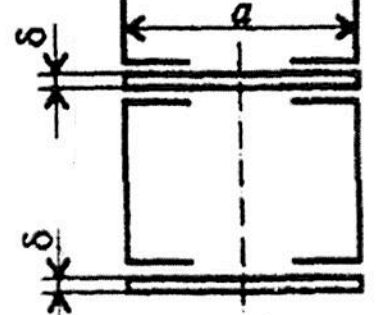
$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{S}; Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot S_i}{S}$$

где S_i — площади частей сечения; X_i, Y_i — координаты ЦТ частей сечения; S — суммарная площадь сечения.

Геометрические характеристики стандартных прокатных профилей в ГОСТ.

Задание Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечения состоят из листов с поперечными размерами а X 8 и прокатных профилей по ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89 и ГОСТ 8509-86. Уголок выбирается наименьшей толщины.

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
а, мм	180	200	200	220	220	240	240	260	270	300
δ, мм	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6

№ варианта	№ варианта
<p>1</p> 	<p>6</p> 
<p>2</p> 	<p>7</p> 
<p>3</p> 	<p>8</p> 
<p>4</p> 	<p>9</p> 
<p>5</p> 	<p>10</p> 

Лабораторная работа №4

Тема: Кинематика точки. Простейшие движения твердого тела.

Цель работы: Знать формулы для определения параметров поступательного движения и кинематические графики. Уметь определять кинематические параметры тела при поступательном движении, определять параметры любой точки тела.

Расчетные формулы: Все точки тела движутся одинаково. Закон равномерного движения $s = s_0 + vt$.

Закон равнопеременного движения: $s = s_0 + v_0t + \frac{a_t t^2}{2}$.

Здесь s_0 - путь, пройденный до начала отсчета, м;

v_0 - начальная скорость движения, м/с;

a_t - постоянное касательное ускорение, м/с²

Скорость: $v = s'$; $v = v_0 + a_t t$.

Ускорение: $a_t = v'$.

Закон неравномерного движения: $s = \int v dt$.

Кинематические графики поступательного движения представлены на рис. 4.

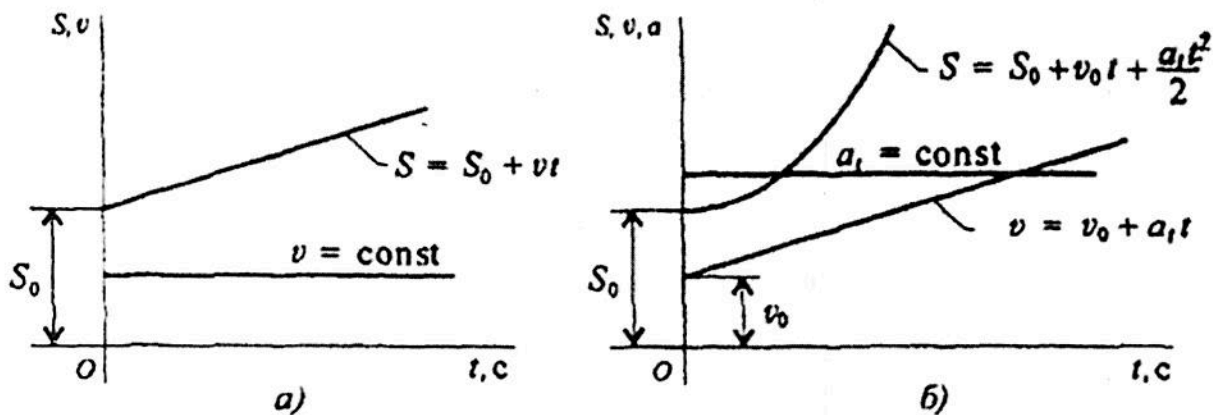


Рис.4

Задание Движение груза A задано уравнением $S(t) = at^2 + bt + c$, где $[S] = \text{м}$, $[t] = \text{с}$. Определить скорость и ускорение груза в моменты времени t_1 и t_2 .

Параметр	a	b	c	t_1, c	t_2, c
Вариант №					
1	0	2	5	1	4
2	3	0	6	2	5
3	4	3	0	3	6
4	0	4	7	1	4
5	5	0	8	2	5
6	6	5	0	3	6
7	0	6	9	1	4
8	7	0	2	2	5
9	8	7	0	3	6
10	0	8	3	1	4
11	9	0	4	2	5
12	2	9	0	3	6
13	0	6	5	1	4
14	5	0	8	2	5
15	4	3	0	3	6
16	0	4	7	1	4
17	5	0	8	2	5
18	6	5	0	3	6
19	0	5	8	1	4
20	7	0	2	2	5
21	8	7	0	3	6
22	0	8	3	1	4
23	9	0	4	2	5
24	3	7	0	3	6
25	0	3	7	1	4
26	4	0	7	2	5
27	4	3	0	3	6
28	0	4	7	1	4
29	6	0	8	2	5
30	7	5	0	3	6

Лабораторная работа №5

Тема: Работы и мощность. Общие теоремы динамики.

Цель работы: Знать зависимости для определения мощности при поступательном движении и КПД. Знать основные уравнения динамики при поступательном движении твердого тела. Уметь рассчитывать мощность с учетом потерь на трение и сил инерции. Уметь определять параметры движения с помощью теорем динамики.

Расчетные формулы:

Мощность при поступательном движении $P = Fv \cos \alpha$,

где F - постоянная сила, Н; v — скорость движения, м/с; α — угол между направлениями силы и перемещения.

Мощность при вращении $P = M\omega$,

где M -вращающий момент, Нм; ω —угловая скорость, рад/с.

Коэффициент полезного действия КПД = $\frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{затр}}}$,

где $P_{\text{пол}}$ — полезная мощность, Вт; $P_{\text{затр}}$ — затраченная мощность, В.

Сила инерции $F_{\text{ин}} = -ma$, где a - ускорение точки, м/с²; m — масса, кг.

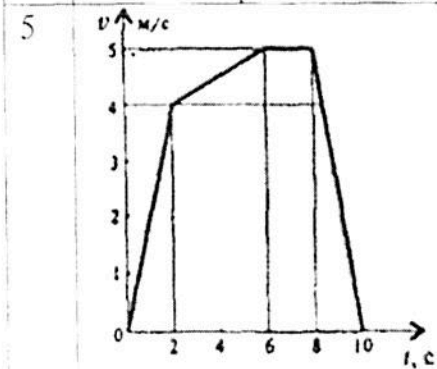
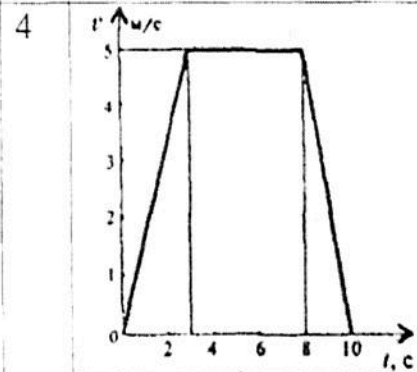
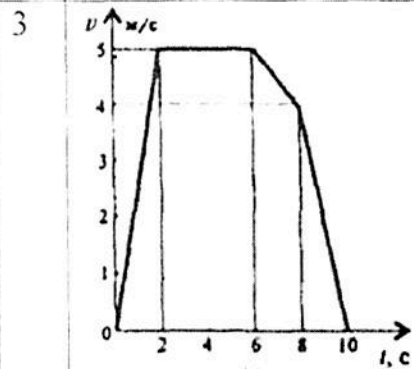
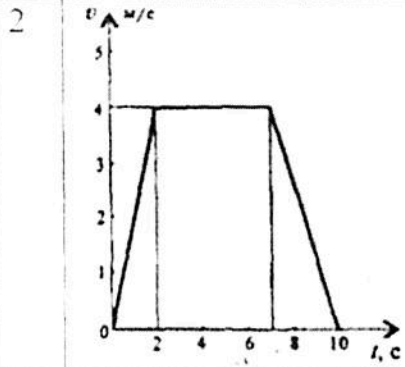
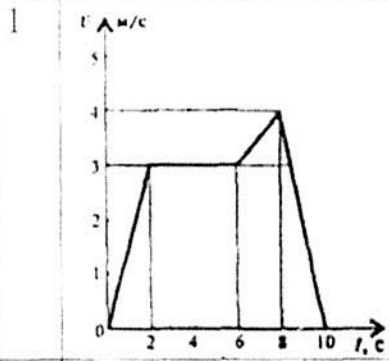
Основные уравнения динамики

Поступательное движение твердого тела: $F = ma$.

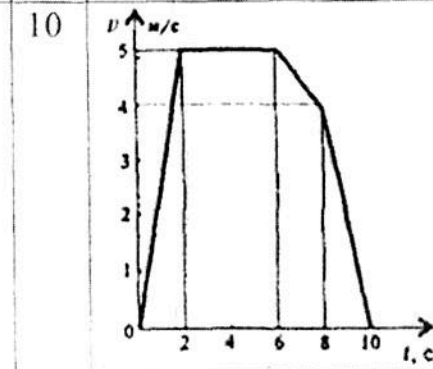
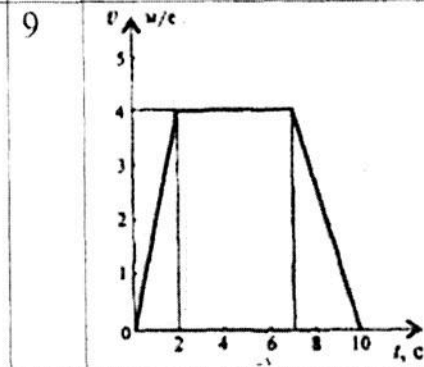
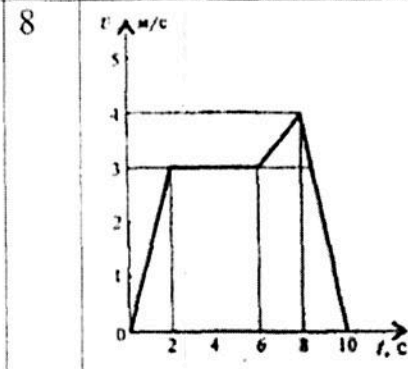
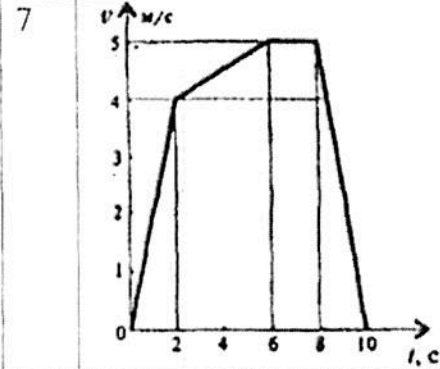
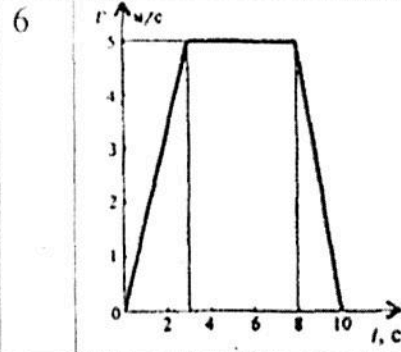
Задание. Скорость кабины лифта массой m изменяется согласно графику. Определить величину натяжения каната, на котором подвешен лифт, при подъеме и опускании. По максимальной величине натяжения каната определить требуемую мощность электродвигателя, если КПД известно.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса m , кг	500	700	750	800	600	800	600	450	900	850
КПД механизма	0,8	0,75	0,8	0,75	0,8	0,75	0,8	0,75	0,8	0,75

№ варианта



№ варианта



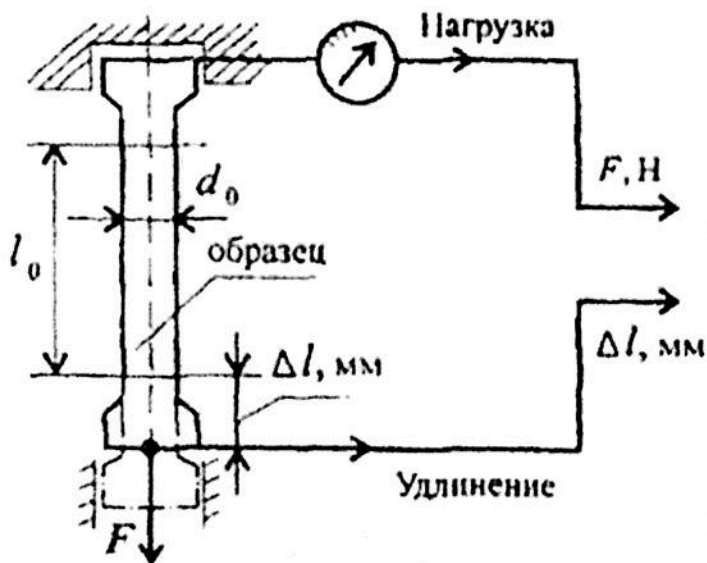
Лабораторная работа №6

Тема: Определение механических свойств материала.

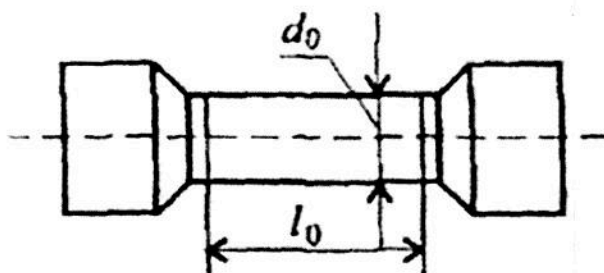
Цель работы: Получить диаграмму растяжения и исследовать процесс вплоть до разрушения. Экспериментально подтвердить закон Гука и определить значение модуля упругости. Определить материал образца.

Порядок выполнения работы:

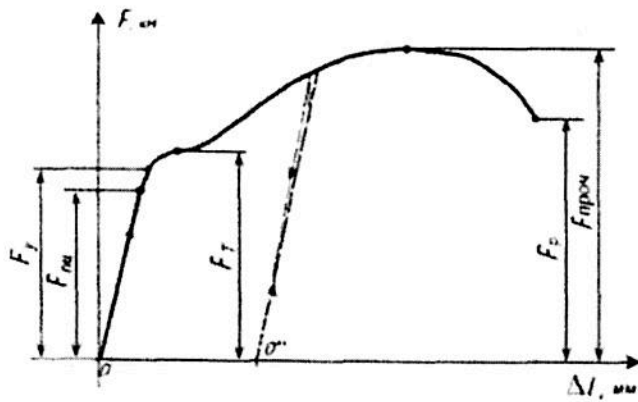
1. Ознакомьтесь с испытательной машиной. Схема испытаний имеет вид



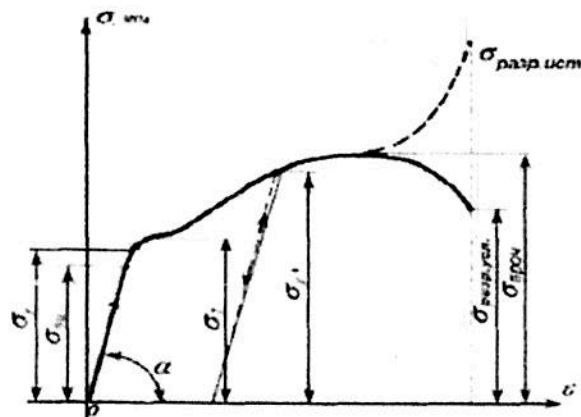
2. Измерить, с помощью штангенциркуля, длину и диаметр рабочей части образца.



3. Установить образец в испытательную машину и провести эксперимент.
4. Получить диаграмму растяжения в координатах нагрузка (F, кН)-абсолютная деформация (Δl, мм)



и преобразовать её в диаграмму напряжений в координатах напряжение (σ , МПа) - относительная деформация (ϵ). Используя формулы $\sigma = \frac{F}{S}$, $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$.



5. Используя закон Гука для упругих деформаций $\sigma = E\epsilon$, определить модуль упругости материала $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ и сам материал образца.

Лабораторная работа №7

Тема: Расчеты на прочность при растяжении и сжатии.

Цель работы: Знать порядок расчетов на прочность и жесткость и расчетные формулы. Уметь проводить проектировочные и проверочные расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии.

Расчетные формулы:

Нормальное напряжение

$$\sigma = \frac{N}{A},$$

где N - продольная сила; A - площадь поперечного сечения.

Удлинение (укорочение) бруса.

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE} \text{ или } \Delta l = \frac{\sigma l}{E},$$

E - модуль упругости; l - начальная длина стержня.

Допускаемое напряжение

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{прод}}}{[S]},$$

$[S]$ - допускаемый запас прочности.

Условие прочности при растяжении и сжатии:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma].$$

Задание Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами F_1, F_2, F_3 . Площади поперечных сечений A_1 и A_2 . Принять $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1, \text{ кН}$	20	26	20	17	16	10	26	40	14	28
$F_2, \text{ кН}$	10	20	8	13	25	12	9	55	16	14
$F_3, \text{ кН}$	5	10	4	8	28	13	3	24	10	5
$A_1, \text{ см}^2$	1,8	1,6	1,0	2,0	1,2	0,9	1,9	2,8	2,1	1,9
$A_2, \text{ см}^2$	3,2	2,4	1,5	2,5	2,8	1,7	2,6	3,4	2,9	2,4
$a, \text{ м}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,3	0,2	0,5	0,6

№ варианта		№ варианта	
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

Лабораторная работа №8

Тема: Механические испытания на кручение.

Цель работы: *Научиться определять модуль сдвига из механических испытаний на кручение.*

Порядок выполнения работы:

1. Измерить, с помощью штангенциркуля, длину и диаметр рабочей части стального образца.

2. Закрепить образец в испытательную машину, которая обеспечивает: свободное кручение образцов без каких-либо дополнительных нагрузок на образце в течение всего процесса испытания. К неподвижному захвату прикреплен силомер, а к подвижному - угломер, который измеряет $\angle\varphi$. Для фиксирования малых углов поворота используется угломер Баяршинова.

3. Проводим нагружение с шагом $\Delta M = 10 \text{ Н/м}$ и фиксируем угол поворота $\angle\varphi$, в зоне упругих деформаций. Выписываем предел упругости $M_{уп} = ?$, $\angle\varphi = ?$

4. После упругой зоны снимаем угломер Баяршинова и при дальнейшем нагружении с шагом $\Delta\varphi = 90^\circ$ фиксируем нагрузку M . После первого оборота нагрузку фиксировали только на каждом обороте. После разрушения выписываем предел прочности $M_{пр} = ?$, $\angle\varphi = ?$

5. Вынимаем образец и изучаем гладкий срез образованный касательными напряжениями.

6. Аналогично проводим испытания для чугунного образца и изучаем срез в форме геликоиды, полученный нормальными напряжениями для упругого участка.

7. По полученным результатам строим графики нагружения.

8. На упругом участке находим модуль сдвига по формуле $G = \frac{M \cdot l}{\varphi I_p}$

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a = b = c, \text{ м}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$P_1, \text{ кВт}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
$P_2, \text{ кВт}$	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
$P_3, \text{ кВт}$	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0

Лабораторная работа №9

Тема: Расчеты на прочность и жесткость при кручении

Цель работы: Знать формулы для расчета напряжений в точке поперечного сечения бруса, условия прочности и жесткости при кручении. Уметь выполнять проектировочные и проверочные расчеты круглого бруса для статически определимых систем, проводить проверку на жесткость. **Расчетные**

формулы:

Распределение касательных напряжений по сечению при кручении (рис. 7)

Касательное напряжение в точке A :

$$\tau_A = \frac{M_{кр} \rho_A}{J_\rho},$$

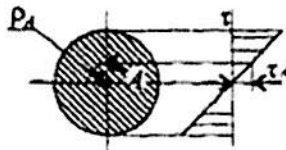


рис. 7

Где ρ_A - расстояние от точки A до центра сечения. **Условия прочности про кручении**

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_\rho} \leq [\tau_k]; \quad W_\rho = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3 (\text{круг}),$$

$$W_\rho = \frac{\pi d^3}{16} (1 - c^4) (\text{кольцо}),$$

M_k - крутящийся момент в сечении, Нм, Н мм;

W_ρ - момент сопротивления при кручении, м³, мм³;

$[\tau_k]$ - допускаемое напряжение при кручении, Н/мм², Н/мм².

Проектировочный расчет, определение размеров поперечного сечения

Сечение - круг: $d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2[\tau_k]}}$

Сечение - кольцо: $d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2(1-c^4)[\tau_k]}}$

где d - наружный диаметр круглого сечения;

$d_{вн}$ - внутренний диаметр кольцевого сечения; $c = d_{вн}/d$.

Определение рационального расположения колес по валу.

Рациональное расположение колес - расположение, при котором максимальное значение крутящегося момента на валу - наименьшее из возможных.

Для экономии металла сечение бруса рекомендуется выполнить кольцевым.

Условия жесткости при кручении

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GJ_p} \leq [\varphi_0]; \quad G \approx 0.4E,$$

G - модуль упругости при сдвиге, $\frac{H}{m^2}, \frac{H}{mm^2}$;

E - модуль упругости при растяжении, $H/m^2, H/mm^2$

$[\varphi_0]$ - допускаемый угол закручивания, $[\varphi_0] \cong 0,5 \div 1$ град/м;

J_p - полярный момент инерции в сечении, m^4, mm^4 **Проектировочный расчет, определение наружного диаметра сечения**

$$J_p \geq \frac{M_k}{G[\varphi_0]}; \quad J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4 (\text{круг}); \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32J_p}{\pi}}.$$

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - c^4) (\text{кольцо}); \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32J_p}{\pi(1 - c^4)}}.$$

Задание. Для стального вала круглого поперечного сечения определить значения внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент.

Построить эпюру крутящих моментов по длине вала.

Определить диаметры вала по сечениям из расчетов на прочность и жесткости. Полученный больший результат округлить.

При расчете использовать следующие данные: вал вращается с угловой скоростью 2 рад/с; металл вала - сталь, допускаемое напряжение кручения 30 МПа, модуль упругости при сдвиге $8 \cdot 10^4$ МПа; допускаемый угол закручивания $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м.

Провести расчет для вала кольцевого сечения, приняв $c = 0,9$. Сделать выводы о целесообразности выполнения вала, круглого или кольцевого сечения, сравнив площади поперечных сечений.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a = b = c, \text{ м}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$P_1, \text{ кВт}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
$P_2, \text{ кВт}$	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
$P_3, \text{ кВт}$	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0

№ варианта		№ варианта	
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

Лабораторная работа №10

Тема: Расчеты на прочность при изгибе.

Цель работы: Знать распределение нормальных напряжений при чистом изгибе, расчетные формулы. Уметь строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, выполнять проектировочные и проверочные расчеты на прочность, выбирать рациональные формы поперечных сечений.

Расчетные формулы: Распределение нормальных и касательных напряжений при изгибе

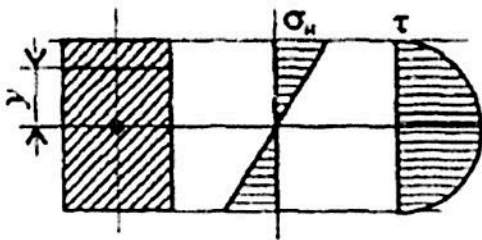


рис 8

$$\sigma_n = \frac{M_n y}{J_x};$$

$$\tau_{max} = \frac{1,5Q}{A},$$

где M_n - изгибающий момент в сечении; Q - поперечная сила в сечении; y - расстояние до нейтрального слоя; J_x - осевой момент инерции сечения (рис. 8);

W_x - осевой момент сопротивления сечения; A - площадь сечения.

Условия прочности при изгибе

$$\sigma_n^{max} = \frac{M_n}{W_x} \leq [\sigma_n],$$

где $[\sigma_n]$ - допускаемое напряжение.

Знаки изгибающих моментов и поперечных сил (рис. 9)

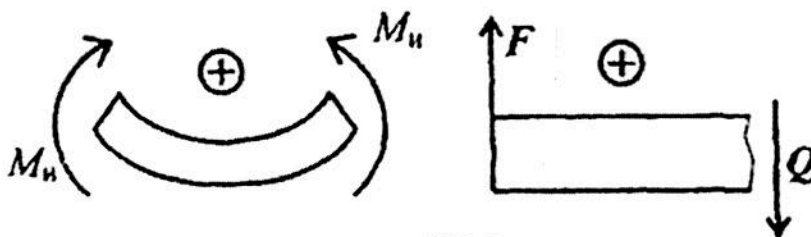


Рис 9

Задание Для одноопорной балки, нагруженной сосредоточенными силами и парой сил моментом m , построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Найдите максимальный изгибающий момент и из условия прочности подберите

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1, \text{кН}$	10	12	14	16	18	10	22	24	26	28
$F_2, \text{кН}$	4,4	4,8	7,8	8,4	12	12,8	17	18	22,8	24
$m, \text{кН}\cdot\text{м}$	8	7	6	5	4	8	7	6	5	4
$a, \text{м}$	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

№ варианта		№ варианта	
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

Лабораторная работа №11

Тема: Определение критической силы при расчетах на устойчивость.

Цель работы: Знать расчетные формулы для определения критической силы. Уметь выполнять расчет на устойчивость. Расчетные формулы:

$$\text{Расчетная гибкость стержня } \lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}},$$

где μ - коэффициент приведенной длины, i_{\min} - минимальный радиус инерции сечения (для стандартных профилей из ГОСТ).

$$\text{Формула Эйлера } F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 E I_{\min}}{(\mu l)^2}, \text{ Допускаемая}$$

$$\text{сжимающая сила } [F_y] = \frac{F_{\text{кр}}}{[s_y]},$$

$$\text{Условие устойчивости } F \leq [F_y].$$

Задание Проверить устойчивость стержня. Стержень длиной l , м заземлен одним концом, сечение — швеллер ГОСТ 8240-89, материал — Ст3, запас устойчивости трехкратный. Стержень нагружен сжимающей силой F (рис. 9)

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	100	85	82	93	105	120	112	130	98	145
№ швеллера	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30
l, м	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6

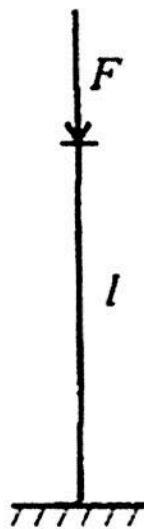


Рис.9

Лабораторная работа №12

Тема: Определение параметров зубчатых колес по их размерам.

Цель работы: *Получить практические навыки при определении параметров зубчатых колес.*

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотреть кинематическую схему передачи.
2. Определить число зубьев шестерни $z_1 =$
3. Определить число зубьев колеса $z_2 =$
4. Определить передаточное отношение $U = z_1 / z_2$
5. Замерить межосевое расстояние a_ω измерительным инструментом.
6. Передача прямозубая, угол наклона зубьев отсутствует $\beta = 0$
7. Определить модуль зацепления $m = \frac{2a_\omega}{z_1 + z_2}$
8. Определить геометрические параметры передачи .

$$d_1 = m * z_1$$

Делительные диаметры $d_2 = m * z_2$

9. Уточнить межосевое расстояние с помощью формулы $a_\omega = \frac{d_1 + d_2}{2}$

10. Определить вершины зубьев

$$d_{a1} = d_1 + 2 * m$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 * m$$

$$d_{f1} = d_1 - 2.5 * m$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5 * m$$

11. Определить диаметры впадин

12. Сделать выводы о геометрических параметрах передачи, модуле зацепления и межосевом расстоянии.

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a_w, \text{мм}$	710	1120	2500	800	630	125	400	200	250	315
Z_1	39	43	25	50	38	48	40	30	40	42