

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна
Должность: Проректор по УР и НО
Дата подписания: 22.09.2023 22:11:08
Уникальный программный ключ:
bb52f959411e64617366ef2977b97e87139b1a2d



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

Методические указания по дисциплине «Техническая механика»
для обучающихся по заочной форме
специальности 15.02.16. Технология машиностроения.

Разработчики:

Преподаватель Авиационно-технологического колледжа ДГТУ

_____И.А. Золотухина

« ___ » _____ 2023 г.

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии «Технология машиностроения»

Протокол № _____ от « ___ » _____ 2023 г.

Председатель цикловой комиссии _____И.А. Золотухина

« ___ » _____ 2023 г.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся специальности 15.02.16. Технология машиностроения.

Тема 1 Плоская система сходящихся сил.

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 равнодействующих 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 .

Условия 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. Определение равнодействующей системы сил.

Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами (рис. 1).

Дано:

$$F_1 = 10 \text{ кН}; \quad F_2 = 15 \text{ кН}; \quad F_3 = 12 \text{ кН}; \quad F_4 = 8 \text{ кН}; \quad F_5 = 8 \text{ кН};$$

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

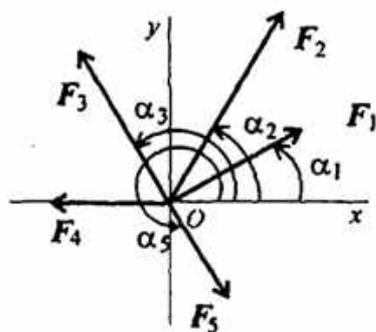


Рис 1

Решение.

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

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

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

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

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

Задание №1. Используя схему рис. 1, определить равнодействующую системы сил.

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1, \text{кН}$	12	8	20	3	6	11	8	20	3	6
$F_2, \text{кН}$	8	12	5	6	12	7	12	5	6	10
$F_3, \text{кН}$	6	2	10	12	15	6	3	10	12	15
$F_4, \text{кН}$	4	10	15	15	3	4	10	13	15	3
$F_5, \text{кН}$	10	6	10	10	18	10	6	10	11	18
$\alpha_1, \text{град}$	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
$\alpha_2, \text{град}$	45	45	60	60	15	45	45	60	60	15
$\alpha_3, \text{град}$	0	75	75	75	45	0	75	75	75	45
$\alpha_4, \text{град}$	60	30	150	150	150	60	30	150	150	150
$\alpha_5, \text{град}$	300	270	210	270	300	300	270	210	270	300

Тема 2. Плоская система произвольно расположенных сил.

Основные формулы и предпосылки расчета.

Виды опор балок и их реакции (рис. 2)

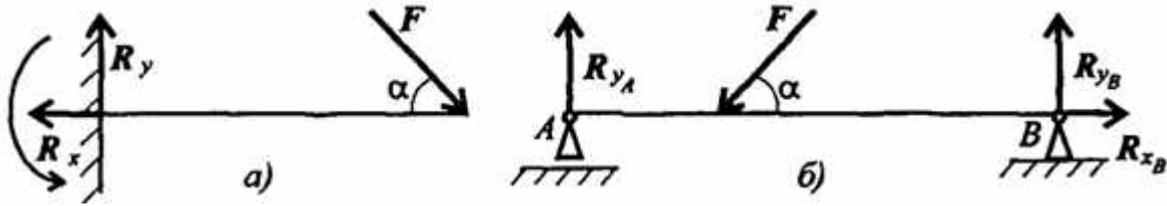


Рис.2

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

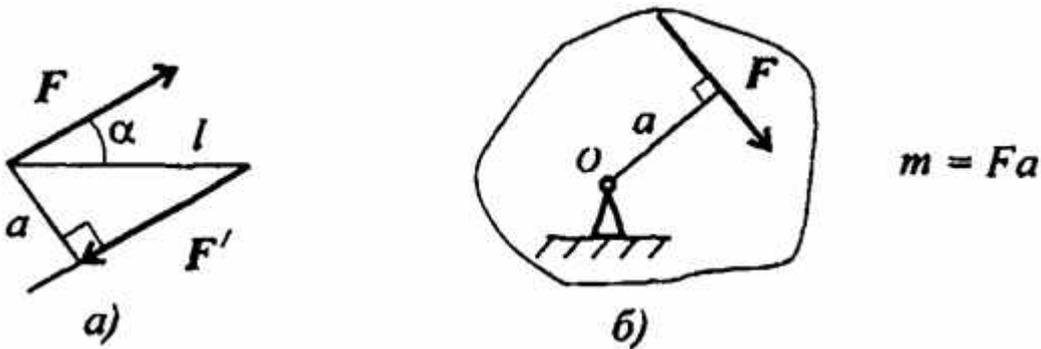


Рис.3

Главный вектор

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

Главный момент

$$M_{\text{гл}_o} = \sum_0^n m_{k_o}$$

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 №2 Определить величины реакций для балки с шарнирными опорами. Провести проверку правильности решения.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1, \text{кН}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$F_2, \text{кН}$	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
$m, \text{кН}\cdot\text{м}$	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
$\alpha, \text{м}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

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

Темы 3. Кинематика точки. Простейшие движения твёрдого тела.

Расчетные формулы для определения параметров поступательного движения тела.

Все точки тела движутся одинаково.

Закон равномерного движения $S = S_0 + vt$.

Закон равнопеременного движения: $S = S_0 + v_0t + \frac{\alpha_t t^2}{2}$.

Здесь S_0 - путь, пройденный до начала отсчета, м;

v_0 - начальная скорость движения, м/с;

α_t - постоянное касательное ускорение, м/с²

Скорость: $v = S'$; $v = v_0 + \alpha_t t$.

Ускорение: $\alpha_t = v'$.

Закон неравномерного движения: $S = f(t^3)$.

Кинематические графики поступательного движения представлены на рис. 4.

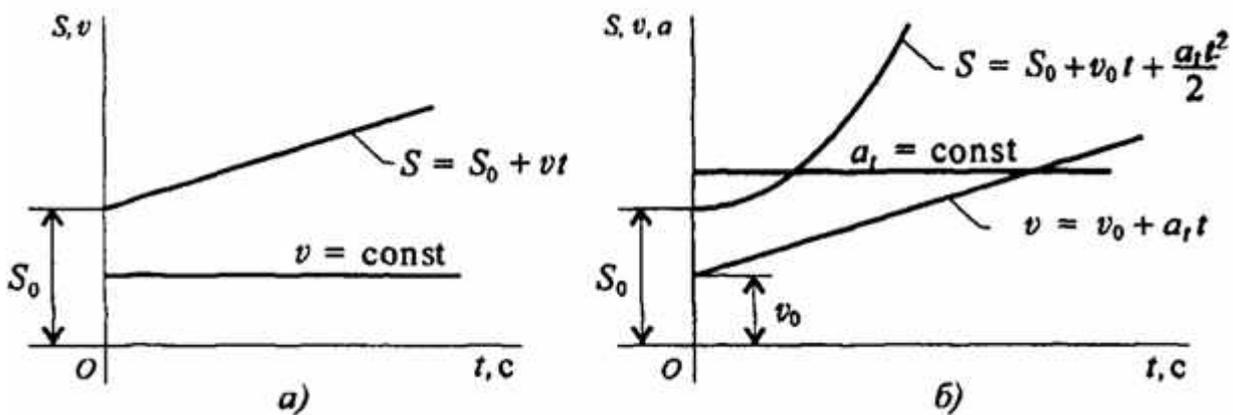


Рис.4

Расчетные формулы для определения параметров вращательного движения.

Точки тела движущегося по окружности вокруг неподвижной оси (оси вращения).

Закон равномерного вращательного движения: $\varphi = \varphi_0 + \omega t$.

Закон равнопеременного вращательного движения: $\varphi = \varphi_0 + \varphi_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Закон неравномерного вращательного движения: $\varphi = f(t^3)$.

Здесь φ – угол поворота тела за время t , рад;

ω - угловая скорость, рад/с;

φ_0 - угол поворота, на который развернулось тело до начала отсчета;

ω_0 - начальная угловая скорость;

ε - угловое ускорение, рад/с²;

Угловая скорость: $\omega = \varphi'$; $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$;

Угловое ускорение: $\varepsilon = \omega'$.

Кинематические графики вращательного движения представлены на рис. 5.

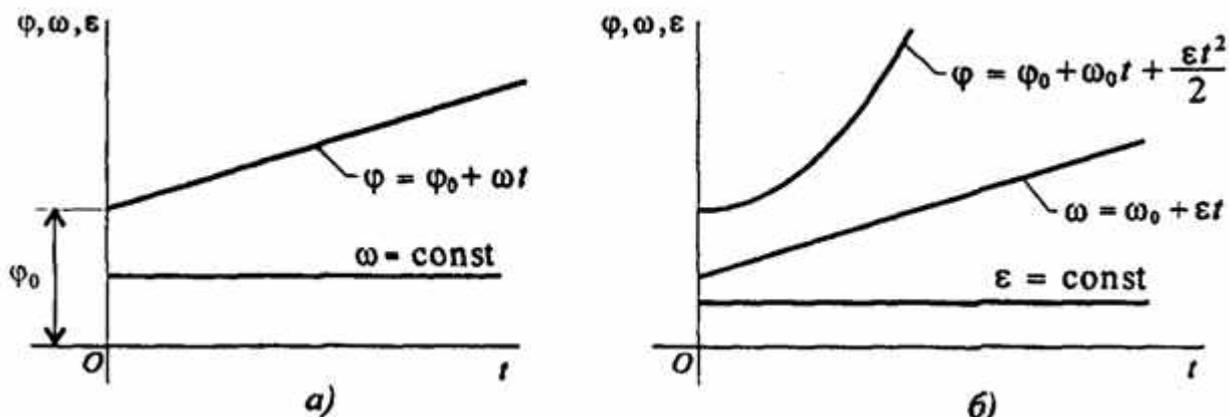


Рис.5

Число оборотов вращения тела: $z = \varphi/2\pi$.

Угловая частота вращения: n , об/мин.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$$

Задание № 3. Движение груза A задано уравнением $y = \alpha t^2 + bt + c$, где $[y] = \text{м}$, $[t] = \text{с}$. Определить скорость и ускорение груза в моменты времени t_1 и t_2 .

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha, \text{м/с}^2$	2	0	3	0	3	3	2	0	4	0
$b, \text{м/с}^2$	0	3	4	2	0	4	0	3	4	2
$c, \text{м}$	3	4	0	5	2	0	4	2	0	3
$t_1, \text{м}$	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$t_2, \text{м}$	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4

Темы 4. Работы и мощность. Общие теоремы динамики.

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, Н·м; ω – угловая скорость, рад/с.

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

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: $F = ma.$

Вращательное движение твердого тела: $M_z = J\varepsilon,$

где M_z – суммарный момент внешних сил относительно оси вращения, Н·м; J – момент инерции относительно оси вращения, кг·м² ε – угловое ускорение, рад/с².

Задание №4. Скорость кабины лифта массой m изменяется согласно графику (Рис. 6). Определить величину натяжения каната, на котором подвешен лифт, при подъеме и опускании. По максимальной величине натяжения каната определить требуемую мощность электродвигателя, если КПД известно.

<i>Параметр</i>	<i>Вариант</i>									
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
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

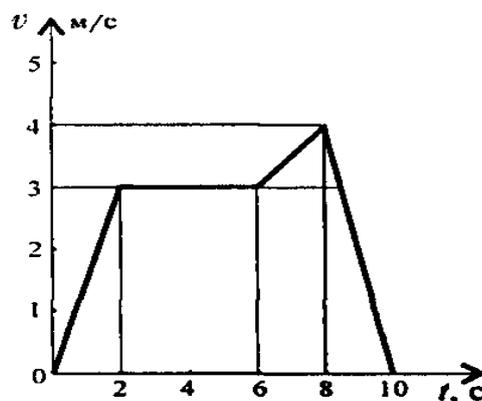


Рис.6

«Сопротивление материалов»

Темы 5. Расчеты на прочность при растяжении и сжатии.

Необходимые 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

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

$[S]$ – допускаемой запас прочности.

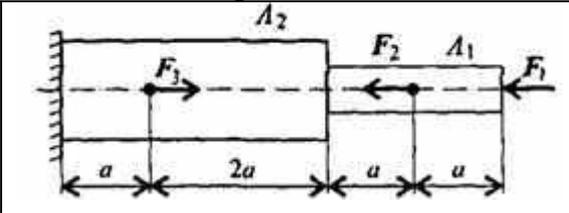
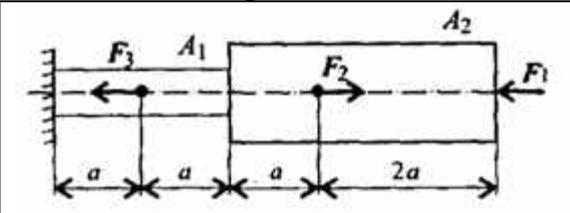
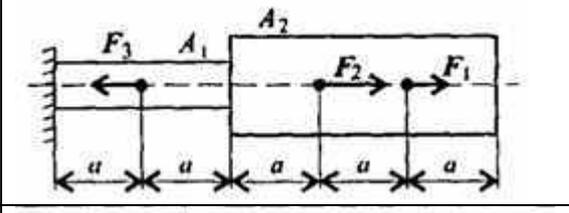
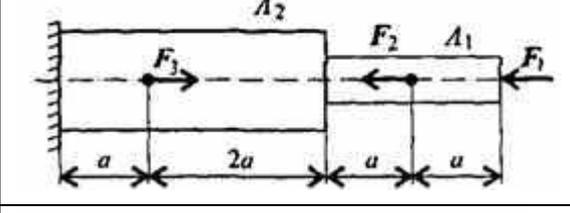
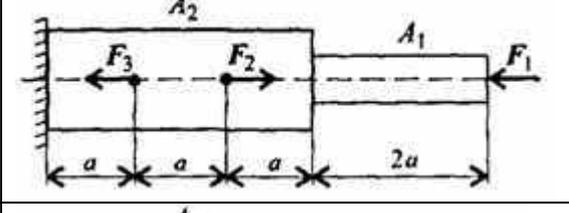
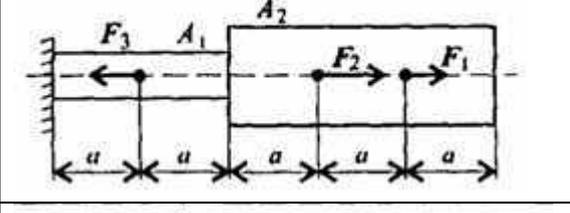
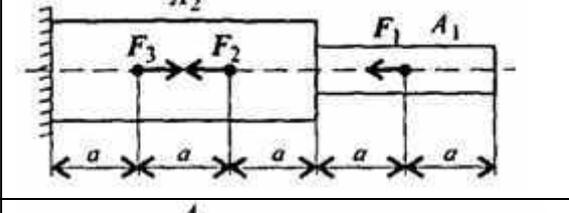
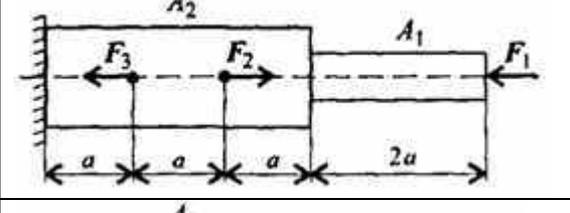
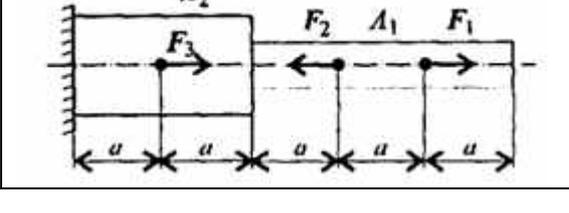
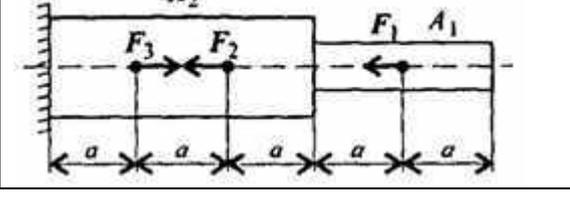
Условие прочности при растяжении и сжатии:

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

Задание №5. 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	

Тема 6. Кручение. Расчеты на прочность и жесткость при кручении.

Основные положения расчетов при кручении.

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

Касательное напряжение в точке A :

$$\tau_A = \frac{M_k \rho_A}{J_\rho},$$

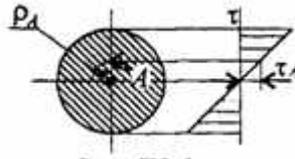


рис. 7

Где ρ_A – расстояние от точки A до центра сечения.

Условия прочности при 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, Н·м, 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;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр кольцевого сечения; $c = d_{\text{вн}}/d$.

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

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

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

Сравнить затраты металла для случая круглого и кольцевого сечений. Сравнение провести по площади поперечных сечений валов.

Площади валов рассчитать в наиболее нагружаемом сечении (по максимальному крутящему моменту на эпюре моментов). (Пример решения в лекции 28.)

Задание №6. Для стального вала круглого поперечного сечения определить значение 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 жесткость. Полученный больший результат округлить до ближайшего четного .

При расчете использовать следующие данные: вал вращается с угловой скоростью 25 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	

Тема 7. Расчеты на прочность при изгибе.

Основные положения и расчеты формулы при изгибе.

Распределение нормальных и касательных напряжений при изгибе

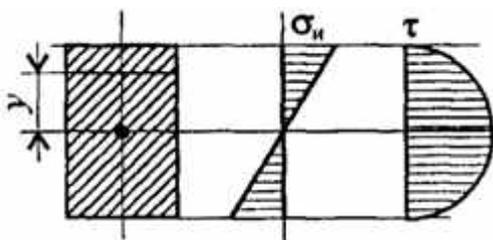


рис.8

$$\sigma_{и} = \frac{M_{и}y}{J_x};$$
$$\tau_{max} = \frac{1,5Q}{A},$$

где $M_{и}$ – 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

$$\sigma_{и}^{max} = \frac{M_{и}}{W_x} \leq [\sigma_{и}],$$

где $[\sigma_{и}]$ – допускаемое напряжение.

Знаки изгибающих моментов и поперечных сил (рис. 9)

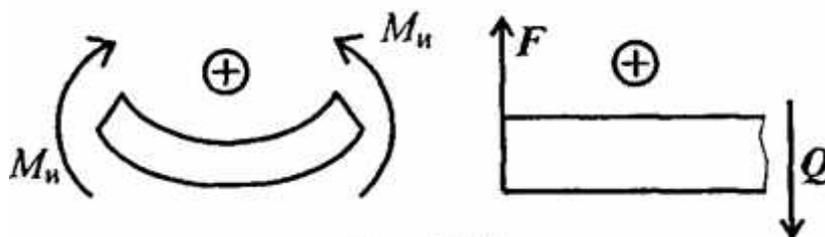


Рис 9

Задание №7. Для одноопорной балки, нагруженной сосредоточенными силами и парой сил с моментом m , построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Найти максимальный изгибающий момент и из условия прочности подобрать поперечное сечение для балки в виде двутавра и прямоугольника с соотношением сторон $h=2b$. Материал — сталь, допускаемое напряжение 160 МПа. Рассчитать площади поперечных сечений и сделать вывод о целесообразности применения сечения.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1 , кН	10	12	14	16	18	10	22	24	26	28
F_2 , кН	4,4	4,8	7,8	8,4	12	12,8	17	18	22,8	24
m , кН·м	8	7	6	5	4	8	7	6	5	4
a , 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	