

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

А.Я. Астахова

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Рабочая тетрадь по решению задач

МОСКВА 2019

УДК539.383+539.38+539.412
ББК 30.121
А 91

Рецензент

Доктор технических наук В.И. Андреев,
Зав. кафедрой сопротивления материалов
ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

Астахова, А.Я.

А 91

Техническая механика: рабочая тетрадь по решению задач / А.Я. Астахова ; М-во образования и науки Рос. Федерации. НИУ Моск. Гос. Строит. ун-т. – Москва : НИУ МГСУ, 2019. – **45 с.**

Разработано на основе многолетнего опыта преподавания на кафедре сопротивления материалов НИУ МГСУ. Представляет собой конспекты практических занятий по дисциплине «Механика. Техническая механика», в которых подготовленные схемы задач и текст дополняются самими студентами под руководством преподавателя. Использование данной формы конспекта целесообразно в целях облегчения усвоения курса, экономии времени в процессе объяснения решения задач, позволяет уделять больше внимания теоретической и физической сущности каждой задачи.

УДК539.383+539.38+539.412
ББК 30.121

1.ЦЕНТРАЛЬНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ ПРЯМОГО СТЕРЖНЯ

Центральное растяжение-сжатие стержня

.....

.....

Внутренние усилия определяются

который состоит в следующем:

—

—

.....

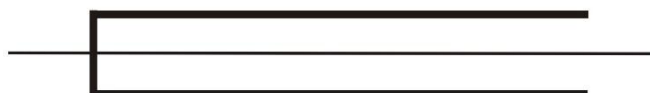
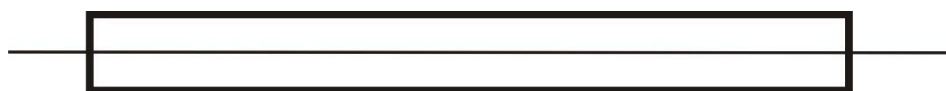
—

.....

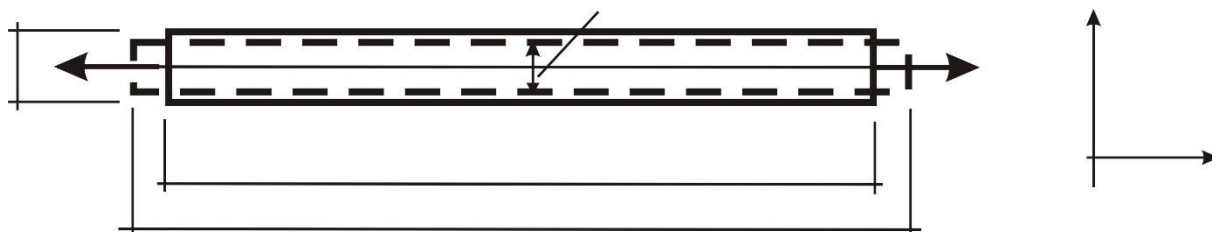
.....

.....

Правила знаков:.....



Деформации в стержне



.....

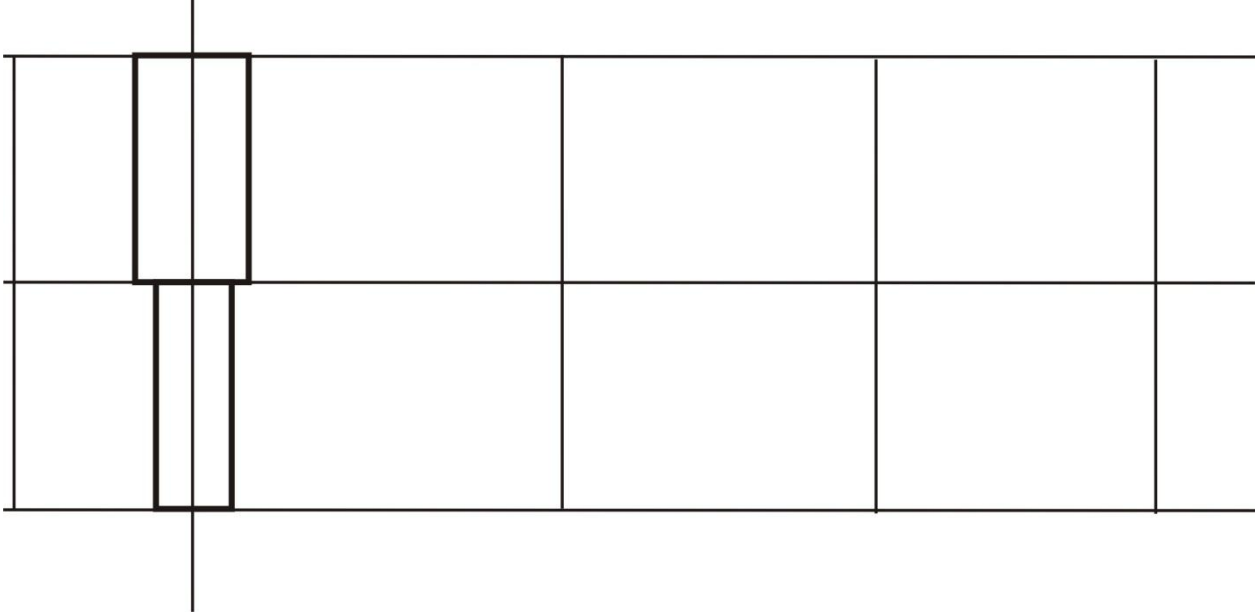
.....

.....

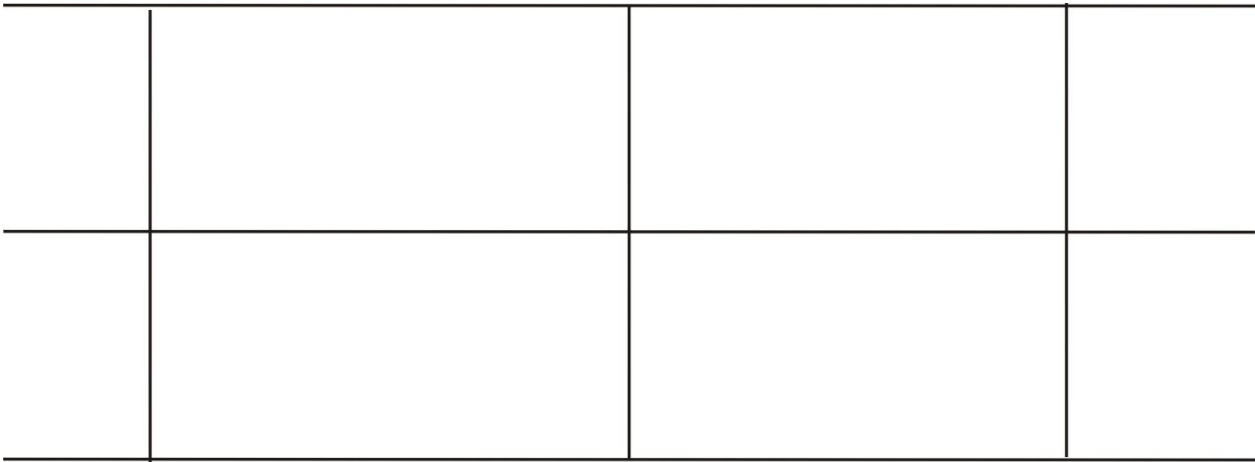
.....

.....

Задача 1.1 Для заданного стержня
.....
.....



$E =$



.....
.....
.....
.....
.....
.....

1.Определение

.....

2. Построение эпюры

Внутренние усилия определим.....

.....

3. Построение эпюры

.....

_____ $F = \dots\dots\dots \text{см}^2$, $\sigma = \text{---} = \text{---} = \dots\dots\dots$

.....

.....

.....

.....

.....

4. Построение эпюры

Определение

$\Delta = \text{---} = \text{---}$

$\Delta = \text{---} = \text{---}$

$\Delta = \text{---} = \text{---}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Задача 1.2 Абсолютно жесткая балка, имеющая шарнирное опирание в точке С, поддерживается стальным стержнем АВ, находится под действием сосредоточенной силы $P = \dots\dots\dots$ кН и собственного веса $G \dots\dots\dots$

Расчет произвести по первой группе предельных состояний, класс сооружения по ответственности принять КС-3, коэффициент надежности по, равен

Коэффициент надежности по нагрузке

– для силы

– для собственного веса

Поперечное сечение стержня АВ состоит из

....., марка стали

.....

– $\gamma_m = 1,025$

– $\gamma_c = 0,9$

Определить

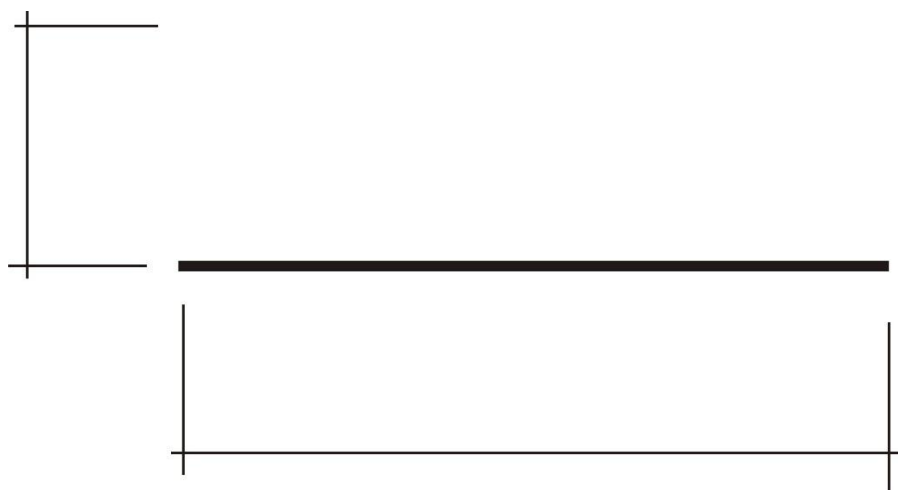
.....

.....

.....

.....

$E = \dots\dots\dots$



1. Определение расчетной

$P \dots\dots = \dots\dots\dots$

2. Определение расчетного значения

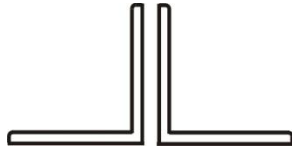
$\dots\dots = \dots\dots\dots$

.....
3. Определение продольного усилия в стержне

$\Sigma M =$

.....
4. Подбор сечения стержня AB

Условие прочности при центральном растяжении-сжатии стержня



.....
.....
.....

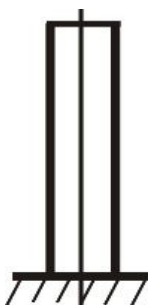
5. Определение удлинения Δl стержня AB

$\Delta l =$

.....



Задача 1.3 Определить размеры поперечного сечения, учитывая

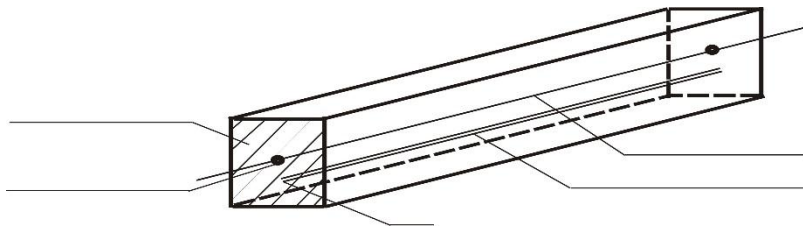


.....

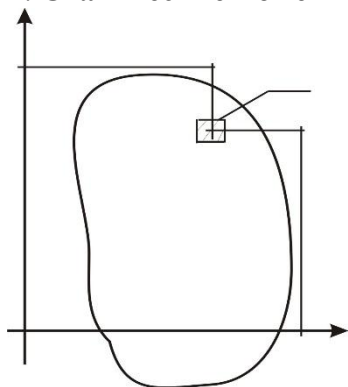
.....

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЙ

1. Площадь сечения $F = \iint$

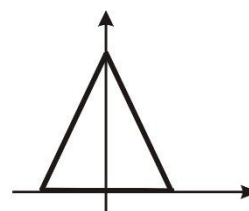


2. Статические моменты.



$$S =$$

$$S =$$



Величина S :,, =

Центральными осями называются оси, проходящие через центр тяжести сечения.

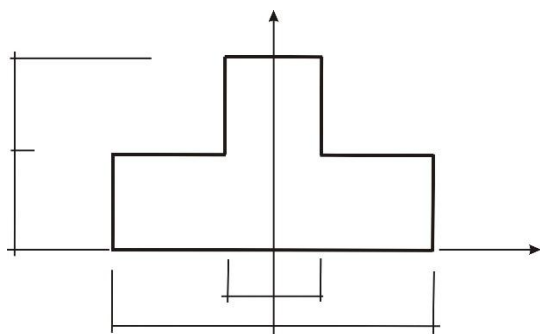
$\sum S_x = 0, \sum S_y = 0$ - статические моменты относительно центральных осей равны нулю. Это соотношение используется для проверки правильности определения координат центра тяжести сечения.

Формулы для определения координат центра тяжести сечения

$$x = \frac{\sum S_y}{F}, \quad y = \frac{\sum S_x}{F}$$

Где $\sum S_x, \sum S_y$ - статические моменты сечения относительно произвольно выбранных осей. Сечение разделяется на простые элементы, обозначаются центры тяжести этих элементов. Произвольные оси проводятся так, чтобы расстояния от центров тяжести элементов сечения до выбранных осей было известно.

Задача 2.1 Определить центр тяжести сечения.



$x =$

$$F_1 = \dots, F_2 = \dots$$

$$F = \dots$$

$$y = \dots, y = \dots$$

$$\sum S_x = \dots$$

$$\dots$$

$$y = \dots = \dots = \dots$$

$$\text{Проверка: } \sum S_x = \dots$$

$$y = \dots\dots\dots, y = \dots\dots\dots$$

$$\sum S = \dots\dots\dots$$

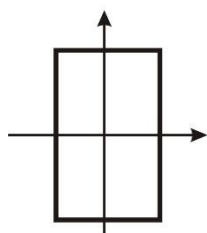
$$\dots\dots\dots$$

3. Моменты инерции сечения.

$J = \iint \dots\dots d\dots\dots$ Осевые моменты инерции сечения, **величины только**
положительные.

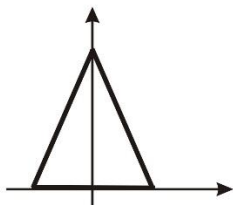
$J = \iint \dots\dots d\dots\dots$ - момент инерции относительно оси y

$J = \iint \dots\dots d\dots\dots$ центробежный момент инерции
сечения относительно осей x, y

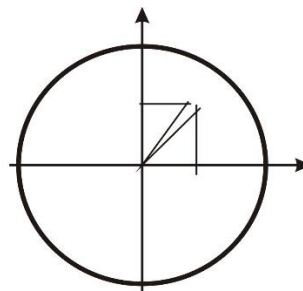


$J_x \dots J_y$

$J_{xy} \dots$



$J \dots\dots\dots$

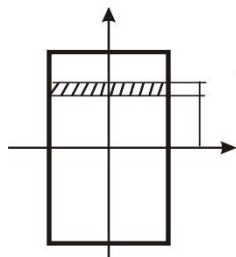


$r^2 = \dots\dots\dots$

$$J_p = \iint \dots d \dots \iint (\dots \dots \dots) d \dots =$$

Моменты инерции сечения простейших фигур

Прямоугольник.

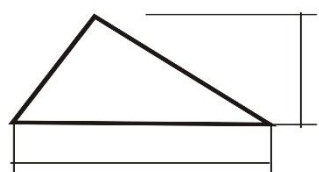


$$dF = \dots\dots\dots$$

$$J = \iint \dots d\dots = \int \dots d\dots = b \cdot \left| \dots \right| = \dots [(\dots) - (\dots)] =$$

$$J = \dots, J = \dots$$

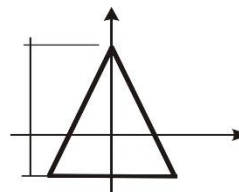
Треугольник.



$J = \dots$ - момент инерции

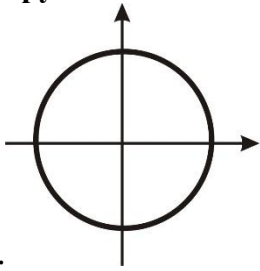
$\dots\dots\dots$

Равнобедренный треугольник



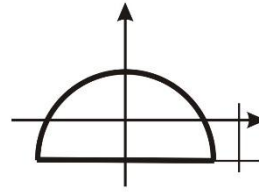
$$J = \dots, J = \dots$$

Круг



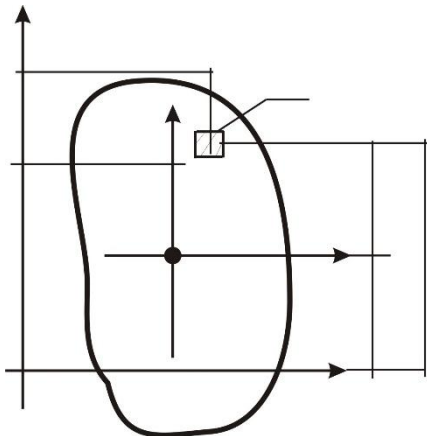
$J_x = J_y = \text{_____},$

Полукруг.



$J_x = \text{.....}, J_y = \text{_____}$

Зависимости между моментами инерции сечения относительно параллельных осей



Дано : x, y – центральные оси,
 J_x, J_y, J_{xy} – моменты инерции относительно центральных осей

$J_x', J_y', J_{x'y'} - ?$

$y = \text{.....} - \text{.....}$

.....

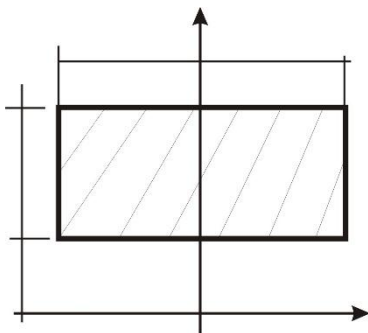
$J_x' = \iint y'^2 dF = \iint (\dots + \dots) dF = \dots \iint \dots dF + a^2 \iint dF + 2a \iint y dF$

$J_x' = J_x + a^2 F$

$J_y' = J_y + b^2 F$

$J_{x'y'} = J_{xy} + abF$

Задача 2.2 Записать выражения моментов инерции заданного сечения относительно осей u и v .



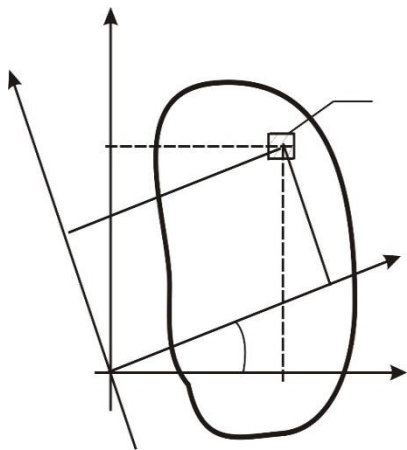
Дано: $b, h, d \text{}$

$J_x = \text{.....}$

$J_y = \text{.....}$

.....

Моменты инерции сечения при повороте осей



$$J = \iint \dots d\dots, \quad J = \iint \dots d\dots, \quad J = \iint \dots d\dots$$

$$J = J \cos^2 \alpha + J \sin^2 \alpha - J \sin 2\alpha$$

$$J = J \sin^2 \alpha + J \cos^2 \alpha + J \sin 2\alpha$$

$$J = \frac{J - J}{2} \sin 2\alpha + J \cos 2\alpha$$

$$J + J = J + J -$$

Главные оси и главные моменты инерции сечения

Главными осями называются оси ,

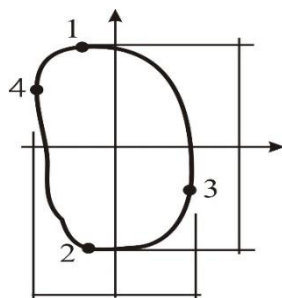
$$- 2 J \sin \alpha \cos \alpha + 2 J \cos \alpha \sin \alpha - 2 J \cos 2\alpha = 0,$$

$$- 2 \left(\frac{J - J}{2} \sin 2\alpha + J \cos 2\alpha \right) = 0, \quad \operatorname{tg} 2\alpha = - \frac{J - J}{J + J}$$

$$\text{Главные моменты инерции : } J = \frac{J + J}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J - J}{2} \right)^2 + J^2 \sin^2 2\alpha}$$

$$\text{Положение главных осей : } \operatorname{tg} \alpha = \frac{J - J}{2J}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{J - J}{2J}.$$

4. Моменты сопротивления сечения -



$$W = \frac{J}{y}, \quad W = \frac{J}{x},$$

$$W = \frac{J}{y}, \quad W = \frac{J}{x}.$$

5. Радиусы инерции сечения.

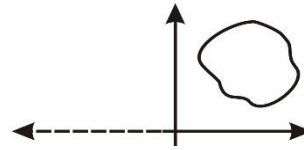
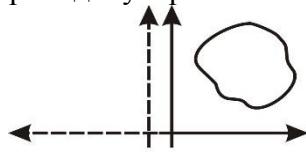
$$i = \sqrt{\frac{J}{A}}, \quad i = \sqrt{\frac{J}{A}}.$$

Главные радиусы инерции сечения

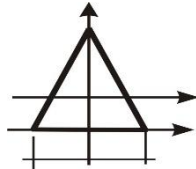
$$i = \sqrt{\frac{J}{A}}, \quad i = \sqrt{\frac{J}{A}}.$$

Свойства моментов инерции сечения

Знак центробежного момента инерции сечения меняется на противоположный, если две взаимно перпендикулярные оси повернуть на 90°



Пару главных осей представляют ось симметрии и любая ось ей перпендикулярная



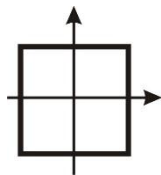
$$\begin{aligned} J &= \dots\dots\dots \\ J &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Для точки лежащей на главной центральной оси пару главных осей составляют главная центральная ось и любая ось ей перпендикулярная.



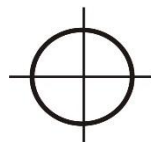
$$\begin{aligned} J &= \dots\dots\dots \\ J &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Если относительно двух взаимно перпендикулярных главных осей осевые моменты инерции одинаковы, то все оси проходящие через эту точку главные и моменты инерции относительно них равны между собой.

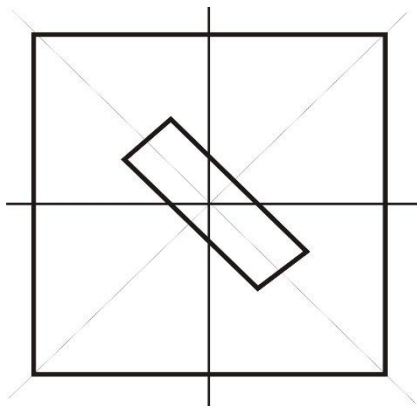


$$\begin{aligned} J &= J = \text{---} & J &= \\ J &= J \end{aligned}$$

Если в некоторой точке сечения имеется более одной пары несовпадающих главных осей, тогда все оси проходящие через эту точку являются главными.



Задача 2.3 Для заданного симметричного сечения определить.....



.....

.....

.....

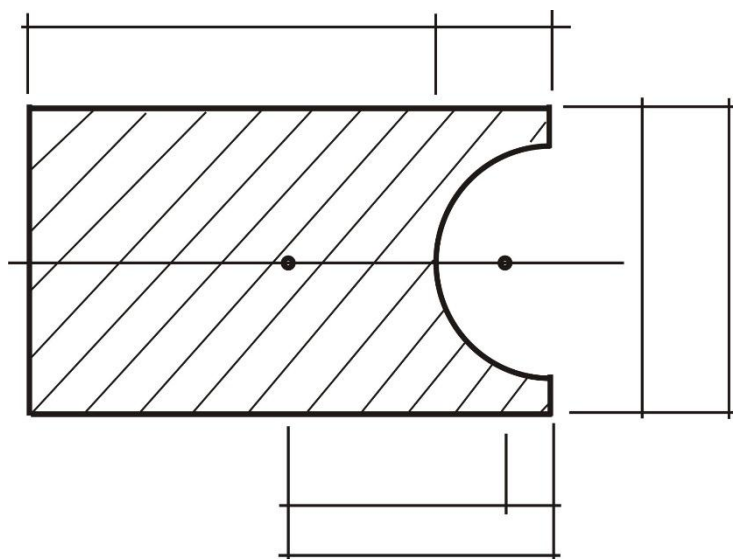
.....

.....

.....

.....

1) центр тяжести сечения; 2) моменты инерции относительно центральных главных осей; 3) моменты сопротивления сечения верхних и нижних волокон; 4) главные радиусы инерции сечения.



$\frac{1}{x^2} = x^{-2}$

$$F_1 = 42 \cdot 30 \dots\dots\dots$$

$$F_2 = \frac{3,14 \cdot 12^2}{2} = \dots\dots\dots$$

$$F = \dots \dots = \dots \dots \dots$$

Выбираем положение оси, относительно которой

$X = \dots\dots\dots, X = \dots\dots\dots$

$$\Sigma S = \dots = -3594,67, \quad x = \dots = -3.48 \text{ cm}$$

Проверка: $\sum S = \dots\dots\dots$, $\dots x_1 = \dots\dots\dots$, $x_2 = \dots\dots\dots$

$$\Sigma S = \dots = 1260 \dots - 226,08 \dots = 4384,8 - 4381,43 = \dots$$

$$\Delta = \underline{\hspace{10cm}}$$

x, y

Определение моментов инерции относительно.....

$$J_{x_1} = \frac{1}{12} \pi \cdot 10^4 \cdot 10^4 = 94500 \text{ cm}^4, J_{x_2} = \frac{1}{12} \pi \cdot 10^4 \cdot 10^4 = 8138,88 \text{ cm}^4,$$

$$J_{y_1} = \frac{1}{2} \cdot 185220 \text{ cm}^4, J_{y_2} = \frac{1}{2} \cdot 2280,96 \text{ cm}^4$$

$$\dots = \dots = \dots = 86361,12 \text{ cm}^4 \dots$$

$$= 200479,10 - 87193,08 = 113286,02 \text{ cm}^4,$$

Моменты сопротивления сечения

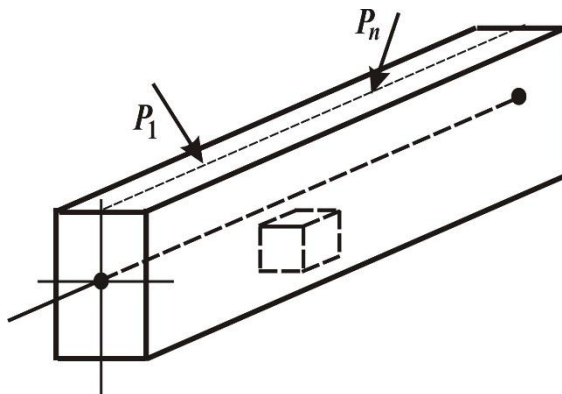
Главные радиусы инерции сечения равны

$$i_2 = \sqrt{\quad} = \quad = 9.14 \text{ cm.}$$

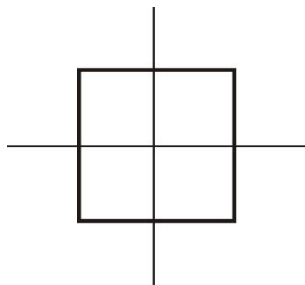
[illegible]

[illegible]

3. НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ТОЧКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА



Задача 3.1 Задано напряженное состояние в точке тела



Главными площадками называются площадки.....

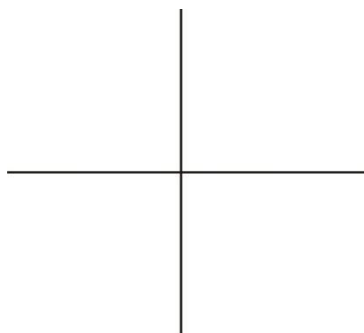
.....

Определение главных напряжений

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

Определение положения



$$\tan \alpha_1 = \frac{\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} = \dots$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} = \dots$$

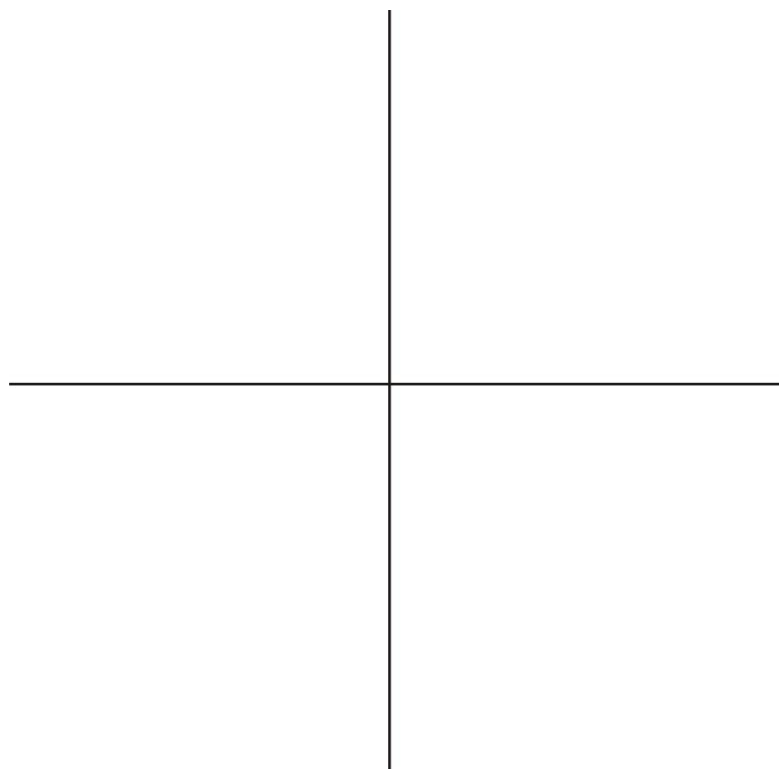
Площадки, на которых действуют наибольшие касательные напряжения, наклонены к главным площадкам

$$\tau_{1,2} = \pm \sqrt{-}$$

$$\sigma =$$

Круг напряжений – графическое определение

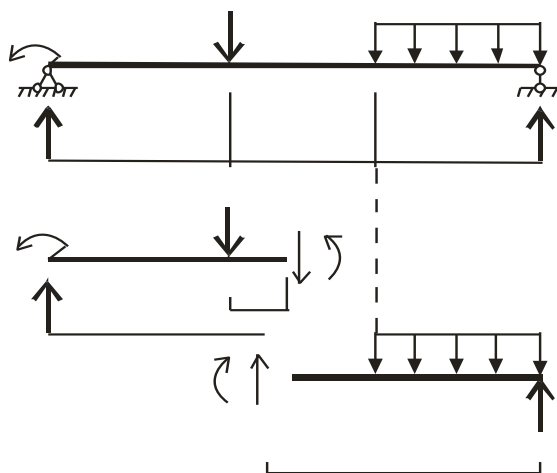
.....



.....

4. ПЛОСКИЙ ПРЯМОЙ ИЗГИБ СТЕРЖНЯ

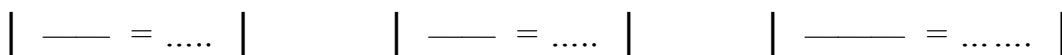
Определение внутренних усилий



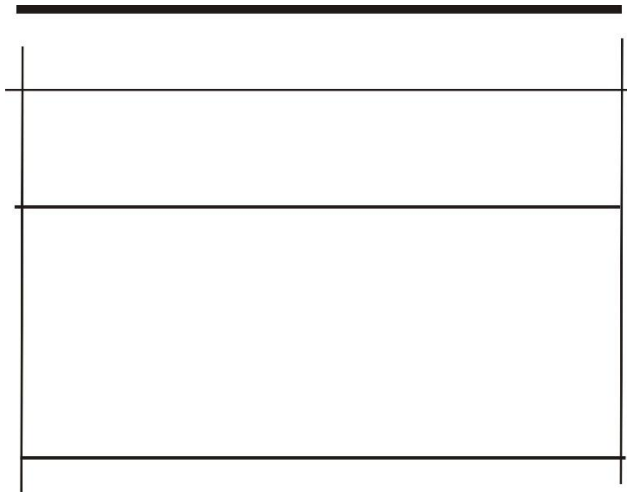
Поперечная сила в сечении равна алгебраической сумме проекций всех сил, на ось Поперечная сила считается положительной, если она вращает балку относительно рассматриваемого сечения по часовой стрелке, и отрицательной, если вращает балку против часовой стрелки.



Изгибающий момент в сечении равен алгебраической сумме от сечения. Изгибающий момент считается положительным, если балки и отрицательным, если растягивает волокна балки. Эпюра изгибающих моментов строится



Задача 4.1 Расчет консольной балки



Определение опорных реакций.....

.....

.....

Эпюра “ “

.....

.....

.....

Эпюра “ “

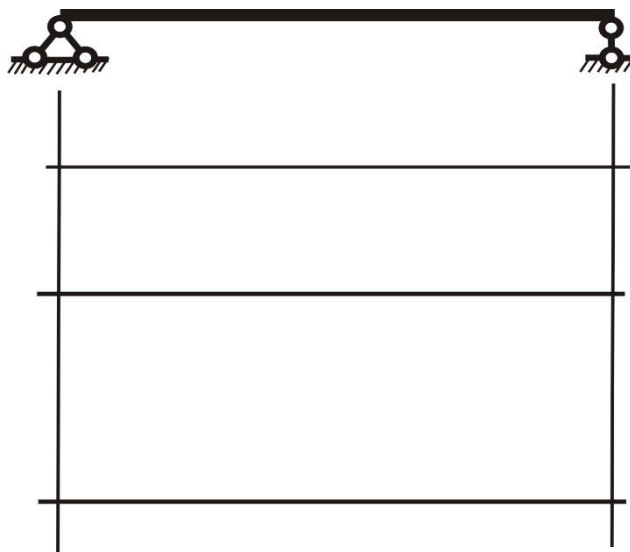
$M =$

$M =$

.....

.....

Задача 4.2 Расчет шарнирно-опертой балки



Определение опорных реакций.

$\Sigma = (),$

$R =$

$\Sigma = (),$

.....

$R =$

Проверка: $\Sigma \dots = \dots,$

.....

Эпюра “ “

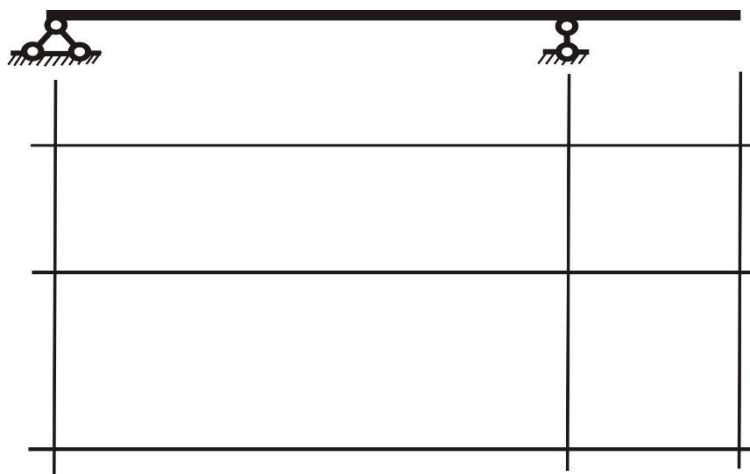
.....

.....

Эпюра “ “

.....

Задача 4.3 Расчет шарнирно-опертой балки с консолью



Определение опорных реакций.

$\Sigma \dots\dots\dots (\quad) , \dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

$$R = \dots\dots\dots$$

$\Sigma \dots\dots\dots (\quad) , \dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

$$R = \dots\dots\dots$$

Проверка: $\Sigma \dots\dots = \dots\dots, \dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

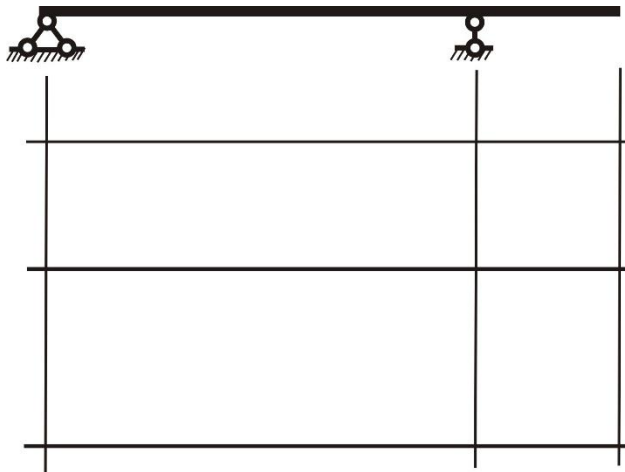
Эпюра “ “ $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Эпюра “ “ $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

[illegible]

Напряжения при плоском прямом изгибе стержня.

Задача 4.5 Для заданной балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов “Q” и “M” (задача 4.3), подобрать поперечное сечение в форме
, проверить
 ,,....., построить эпюры нормальных и касательных напряжений, определить
 ,.....



1) Подбор поперечного сечения в форме

Условие прочности
при изгибе $\sigma_{нб} = \text{_____}$

$W = \text{_____}$,

$M_{нб} = \text{_____}$

.....

$W = \text{_____}$, по сортаменту принимаем :

$$W = \dots \dots \dots \text{см}^3, J = \dots \dots \dots \text{см}^4, S = \dots \dots \dots \text{см}^3$$

$$h = \dots \dots \text{см}, b = \dots \dots \text{см}, d = \dots \dots \text{см}, t = \dots \dots \text{см}$$

Проверка.....

1) по нормальным напряжениям

$$\sigma_{нб} = \text{_____} = \text{_____} = \text{_____}$$

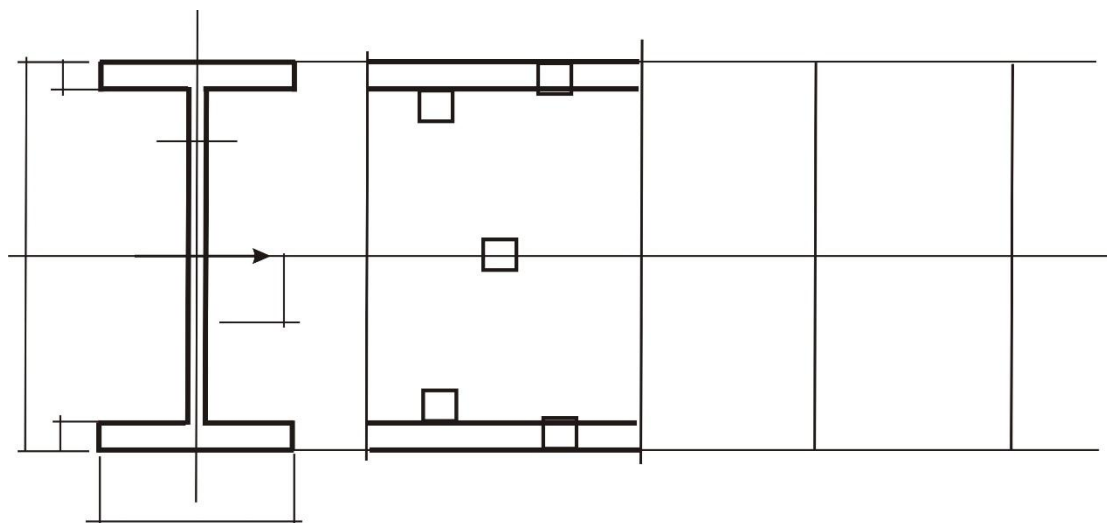
2) по касательным напряжениям $Q_{нб} = \text{_____}$

.....

$$\tau_{нб} = \text{_____}$$

$$\tau_{нб} = \text{_____}$$

Построение эпюр.....



Нормальные напряжения при изгибе меняются по

$\sigma = \text{_____} = \text{_____}$

T. 1

T. 2

T. 3

T. 4

T. 5

Касательные напряжения

$\tau = \text{_____}$

T. 1

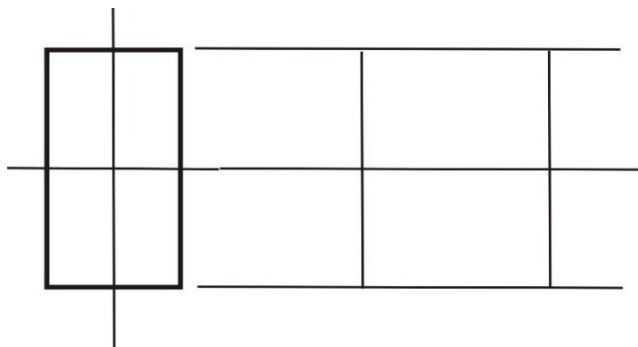
T. 2

T. 3

T.4 T.5

2) Подбор поперечного сечения в форме

Дано: ... $h/b =$



$W^{np} =$

$W_z = \text{-----} = \text{-----} = \text{-----}$, $b = \text{---}$, $.. W_z = \text{-----} =$

$h =$

Принимаем:

$W_z = \text{-----} = \text{-----}$

$J_z = \text{-----} = \text{-----}$

$S_z =$

Проверка прочности выбранного сечения:

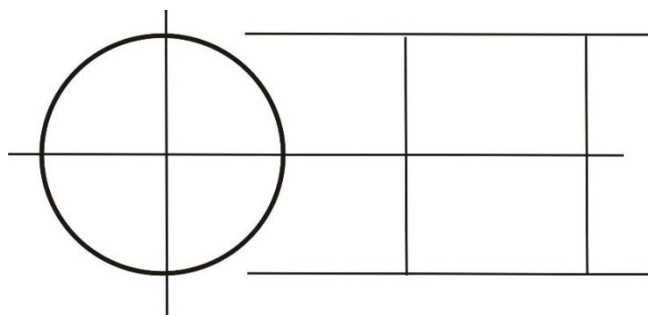
1) по нормальным напряжениям

$\sigma_{нб} = \text{-----} = \text{-----} =$

2) по касательным напряжениям

$\tau_{нб} = \text{-----}$

3) Подбор поперечного сечения в форме



$$W^{\text{tp}} = \dots\dots\dots$$
$$W_z = \frac{1}{2} \frac{d}{dz} \left(\frac{1}{z} \right) = -\frac{1}{2z^2} = -\frac{1}{2} z^{-2} = \dots$$
$$R = \dots\dots\dots$$

Принимаем:

$$W_z = \frac{1}{2} \frac{d}{dz} \left(\frac{1}{z} \right) = -\frac{1}{2z^2}$$
$$J_I = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} dx e^{-x^2} x^I = \begin{cases} \sqrt{\pi} & I=0 \\ 0 & I=1, 2, \dots \end{cases}$$
$$S_z = \dots\dots\dots$$

Проверка прочности подобранного сечения:

1) по нормальным напряжениям:

$$\sigma_{H\bar{b}} = \frac{\sigma_{H\bar{b}}}{\sigma_{H\bar{b}}} = \frac{\sigma_{H\bar{b}}}{\sigma_{H\bar{b}}} = \dots$$

2) по касательным напряжениям

$$\tau_{H0} = \frac{1}{\Gamma_H}$$

Сравнение вариантов расчета

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.СДВИГ. КРУЧЕНИЕ ПРЯМОГО СТЕРЖНЯ

Кручение

.....

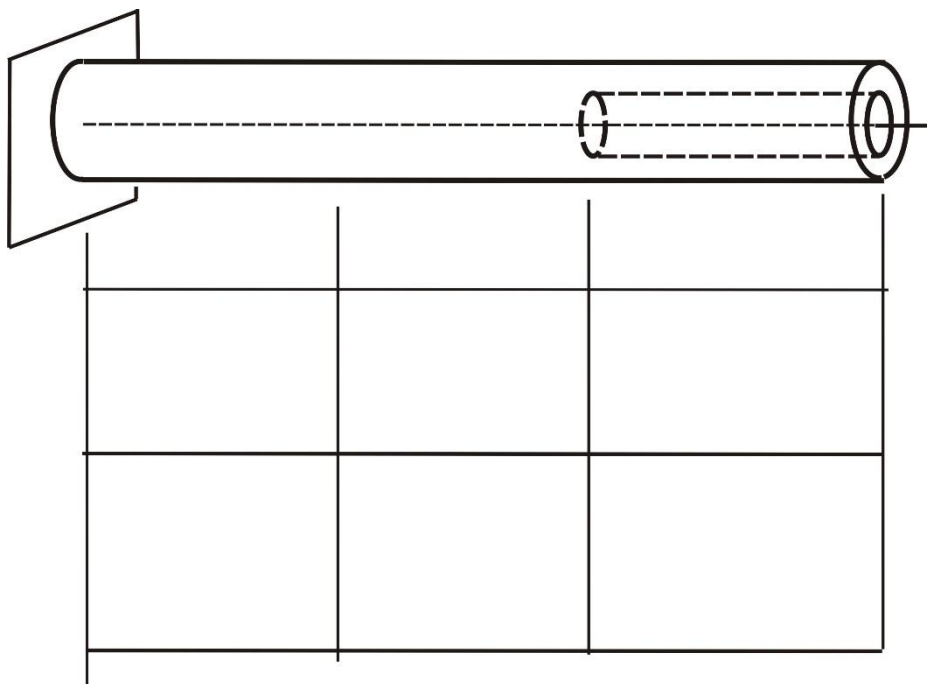
.....

Задача 5.1 Для заданного прямого стержня построить эпюру

.....

.....

[.....]



[.....]

G

.....

1.Определение опорной реакции.....

.....

.....

2.Построение эпюры

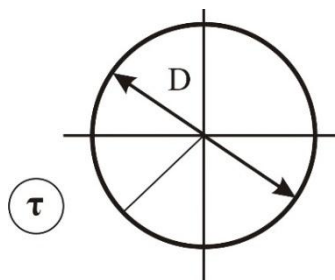
.....

.....

.....

3.Подбор сечения стержня из условия прочности.

a) участок, поперечное сечение в форме круга.....



Условие прочности при

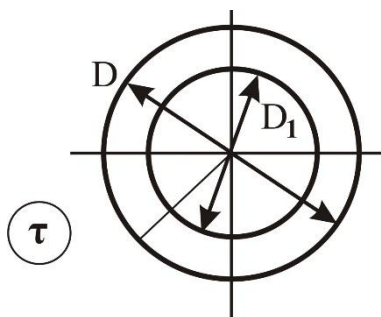
$$\tau_{\text{нб}} = \dots\dots\dots$$

$$M_{\text{к}}^{\text{нб}} = \dots\dots\dots$$

$$W^{\text{тп}} \dots\dots\dots W_p = \dots\dots\dots$$

$$D \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

b) участок, кольцевое поперечное сечение



$$M_{\text{к}}^{\text{нб}} = \dots\dots\dots,$$

$$W_p = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$D \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

2)Определение диаметра из условия жесткости.

a) участок, поперечное сечение в форме круга.....

$$\text{Условие жесткости} = \frac{\dots\dots\dots}{GJ_p}$$

$$J_p \dots\dots\dots$$

a) участок, поперечное сечение в форме круга.....

$$J_p \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$D \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

b) участок, кольцевое поперечное сечение

$$J_p = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$D \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

Принимаем: – для сплошного сечения
 – для кольцевого сечения

3. Построение эпюры

$$\varphi_i = \varphi_{0i} + \frac{\Omega_{M_{kl}}}{GJ_p}$$

– сплошное сечение $J_p = \text{-----} = \text{-----}$

– кольцевое сечение $J_p = \text{-----} = \text{-----}$

Определение углов закручивания.....

$\varphi = \text{.....}$ $\varphi = \text{.....}$ $\text{-----} = \text{-----}$

$\varphi = \text{.....}$ $\text{-----} = \text{.....}$ $\text{-----} = \text{.....}$

$\varphi = \text{.....}$ $\text{-----} = \text{.....}$ $\text{-----} = \text{.....}$

.....

Проверка прочности выбранного сечения

, – сплошное сечение

$\varphi = \text{.-----} = \text{-----}$

– кольцевое сечение

$\varphi = \text{.-----} = \text{-----}$

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of approximately 20 horizontal rows. Each row is defined by two parallel dotted lines, creating a series of uniform gaps for letter height. The entire page is otherwise blank, with no margins, text, or other markings.

6.СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ СТЕРЖНЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Кинематический анализ стержневых систем позволяет определить

.....
где D –

$\Pi =$
.....

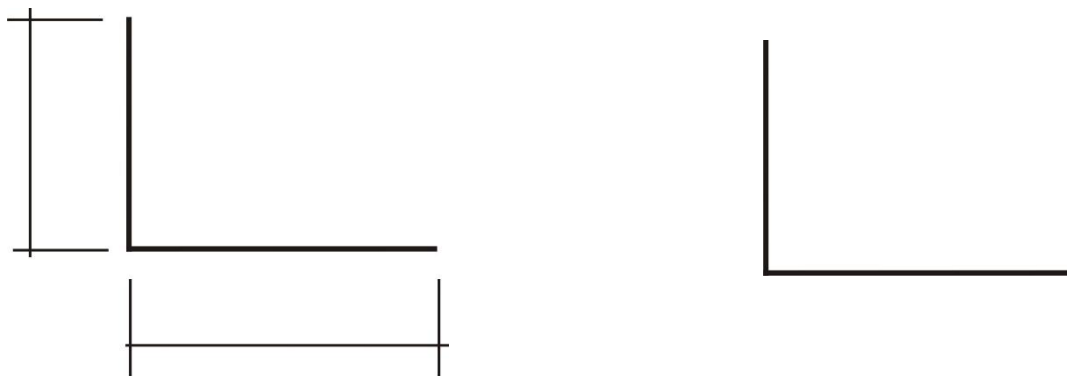
$C_0 =$

$W > 0$
.....

$W =$

$W <$
.....
.....

Задача 6.1 Построить эпюры внутренних усилий “...”, “...”, “...”



Кинематический анализ.....
.....

Определение опорных реакций: Σ

Σ

Σ

Эпюра “ M ”

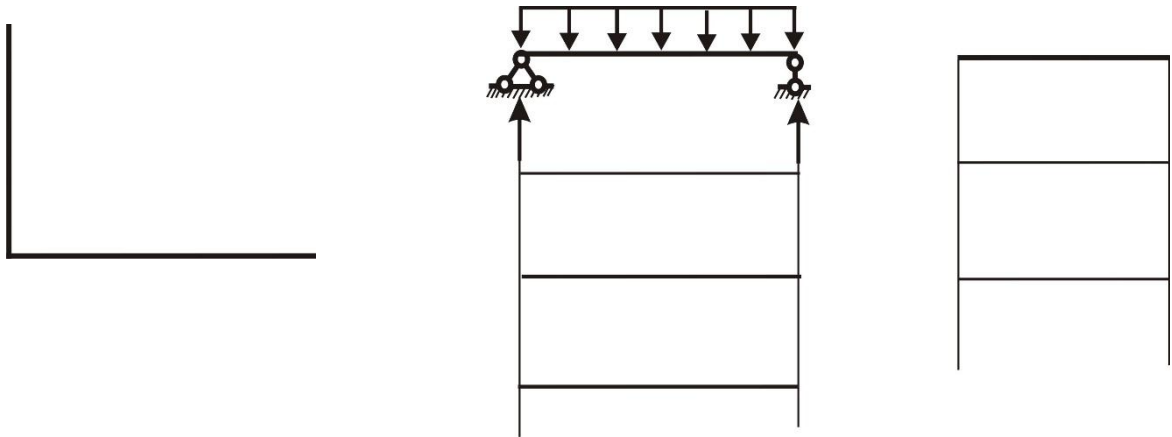
.....

.....

.....

.....

Эпюра “Q”

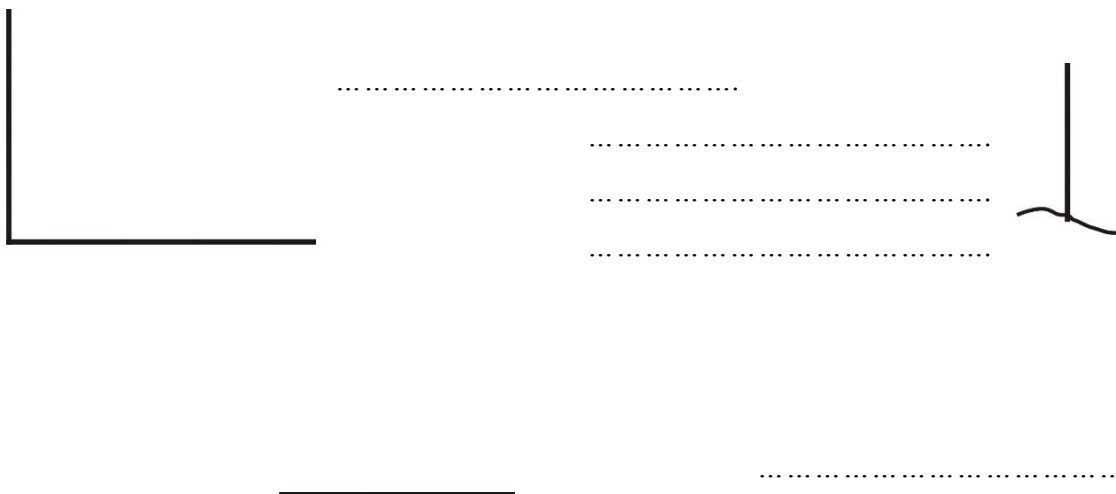


.....

.....

.....

Эпюра “N”



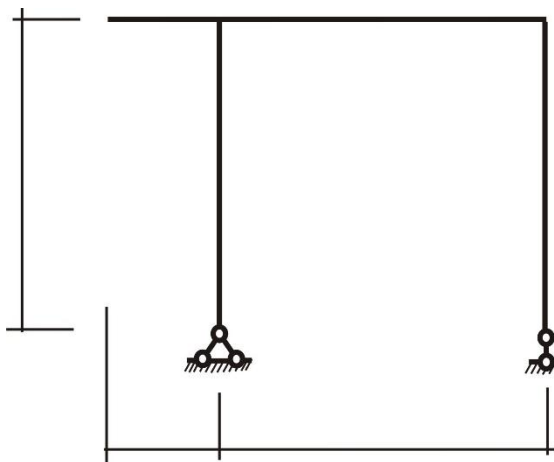
.....

.....

.....

Задача 6.2 Построить эпюры внутренних усилий “...”, “...”, “...”

.....



Кинематический анализ стержневой системы.....

.....

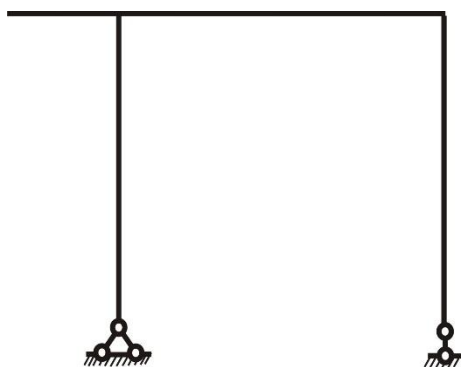
Определение опорных реакций: Σ

Σ

Σ

.....

Эпюра “М”



.....

.....

.....

.....

.....

.....

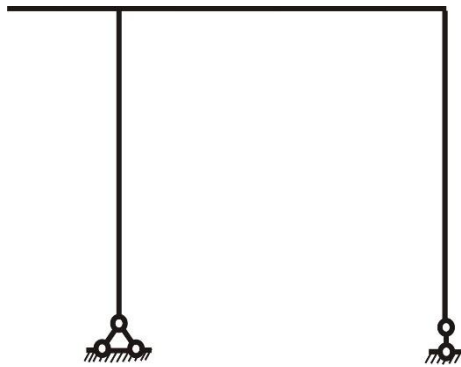
.....

.....

.....

.....

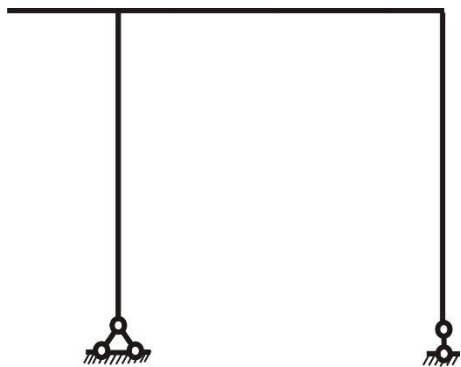
Эпюра “Q”



.....

.....

Эпюра “N”



—

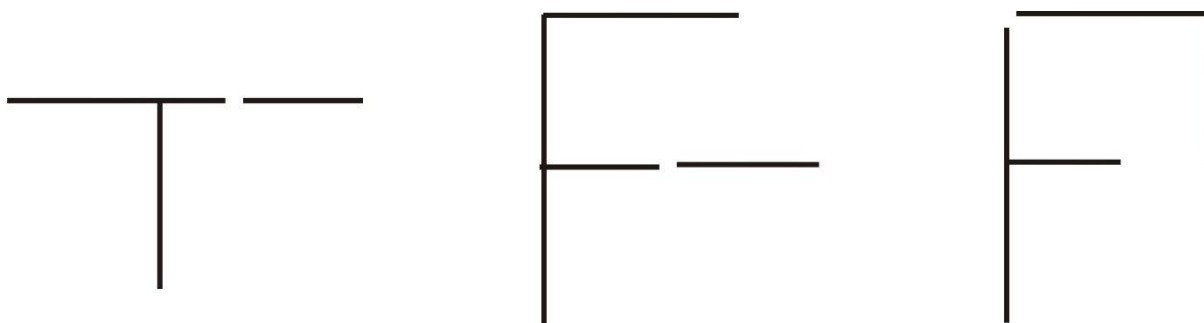


.....



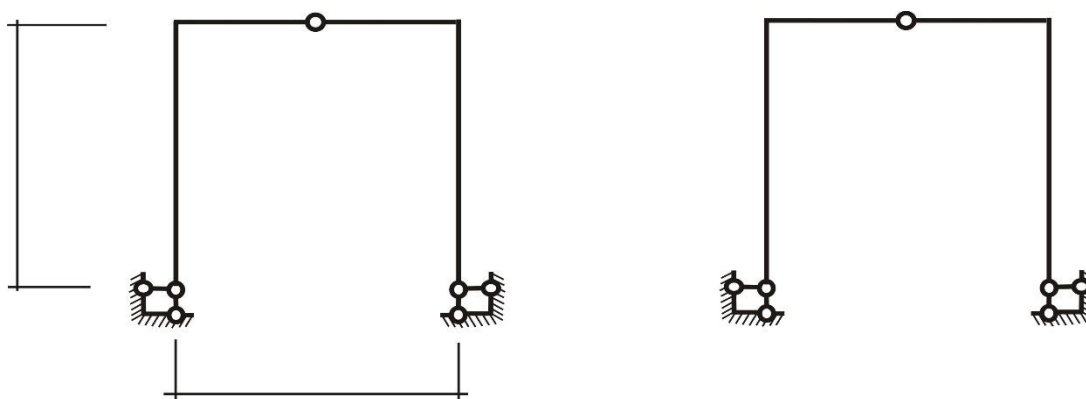
.....

Трехшарнирные рамы



Задача 6.3 Построить эпюры внутренних усилий “...”, “...”, “...”

.....



Кинематический анализ стержневой системы.....

.....

Определение опорных реакций: Σ

Σ

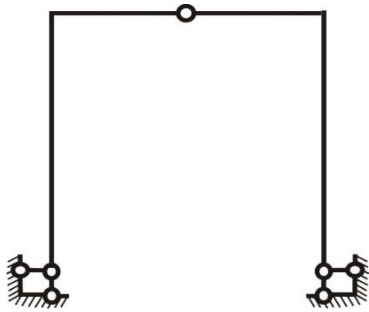
Σ

Эпюра “М”

.....

.....

Эпюра “Q”

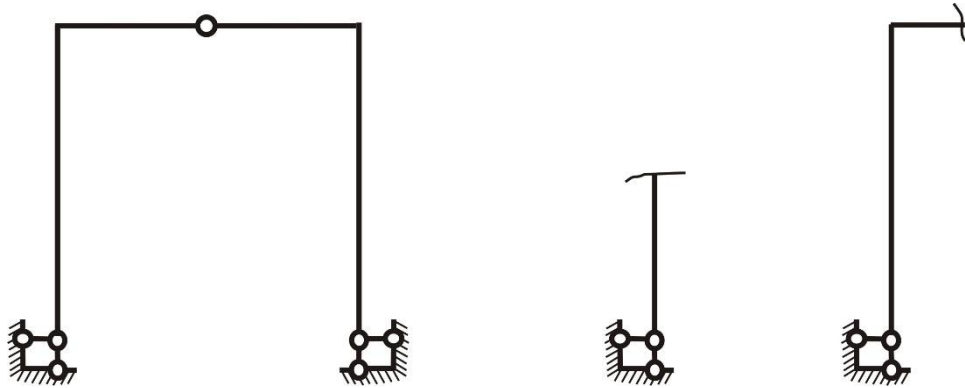


.....

.....

.....

Эпюра “N”



.....

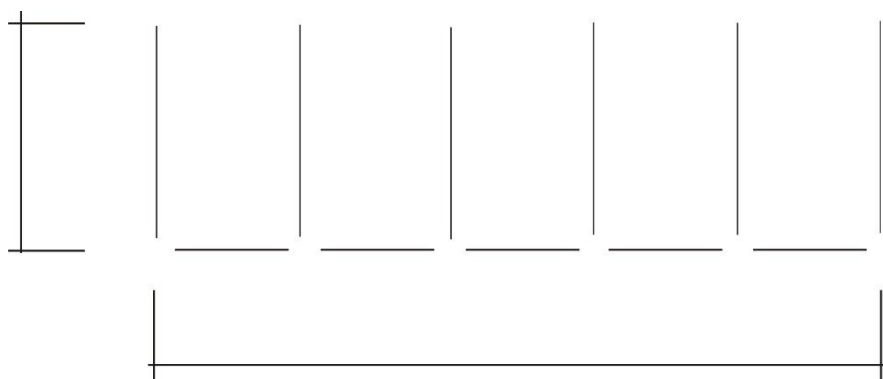
.....

.....



Расчет фермы

Задача 6.4 Определить продольные усилия в отмеченных узлах фермы.

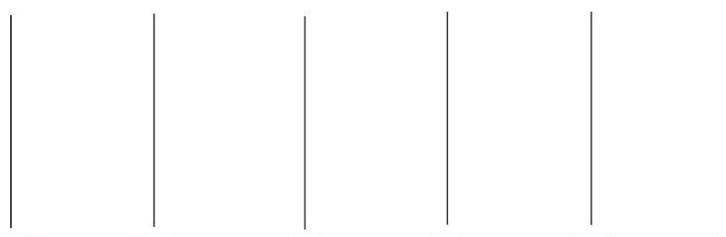


Определение опорных реакций

.....

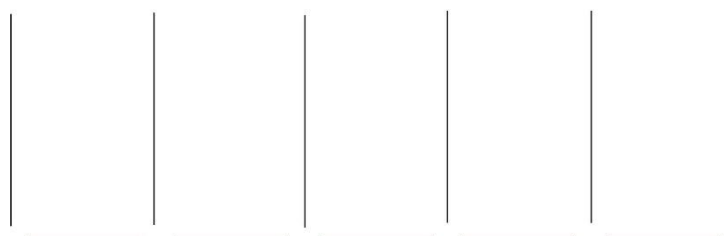
.....

.....



.....

.....



.....

.....



.....

7.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ

Интегральная формула для определения прогибов и
углов поворота сечений балки

$$\Delta = \int \frac{M}{EI} dx = \sum \frac{M \cdot l}{EI}$$

Δ – обобщенное..... $\frac{M \cdot l}{EI}$ $\frac{M \cdot l}{EI}$ $\frac{M \cdot l}{EI}$
 u v ϕ

M_p – эпюра изгибающих моментов в заданной балке.....

M – эпюра изгибающих моментов в заданной балке

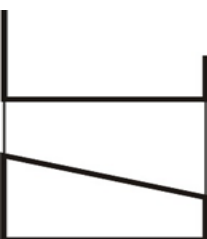
Для определения горизонтального и вертикального перемещений
в рассматриваемой точке.....

Для определения угла поворота сечения ϕ в рассматриваемой точке

.....

Для Δ знак плюс $+$ в результате расчета означает, что перемещение
направлено

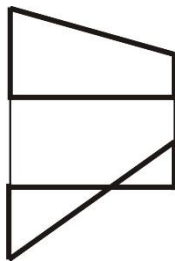
знак минус $-$ в результате расчета означает, что перемещение
направлено



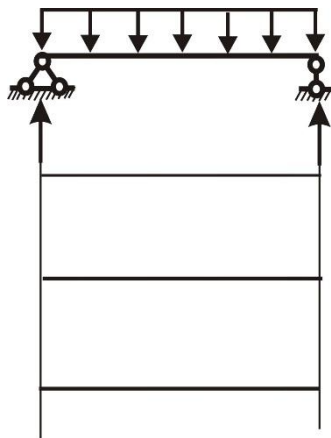
Правило Верещагина А.Н.: интеграл от произведения
криволинейной функциина линейную.....равен
произведению площади эпюры(.....) на ординату....
из эпюры, которая находится

Произведение ($\omega \times y$) принимается со знаком $\boxed{+}$, если обе эпюры M_p и M расположены.....
и со знаком $\boxed{-}$, если обе эпюры расположены

Формула трапеций используется при перемножении двух линейных функций на рассматриваемом участке

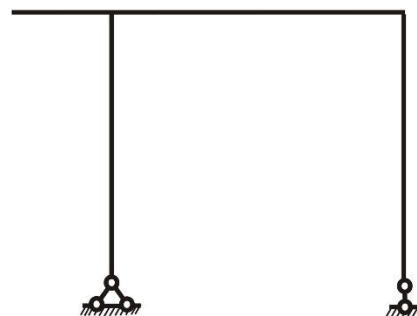
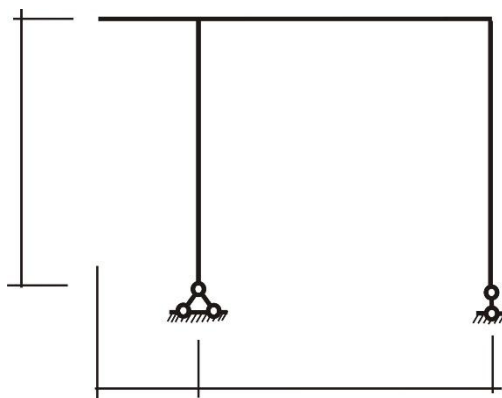


$$\int M_p \cdot M dx = - (\dots\dots\dots)$$

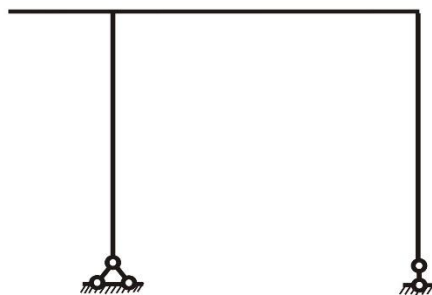
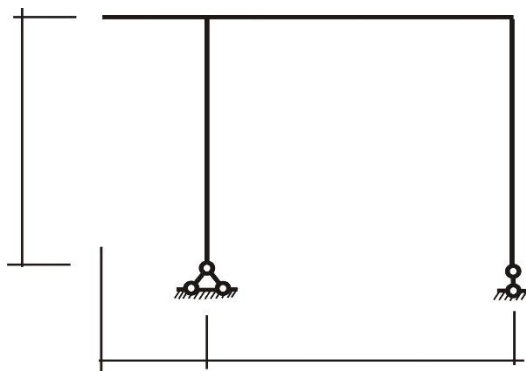


.....
.....
.....
.....

Задача 7.1 Определить.....
.....
.....

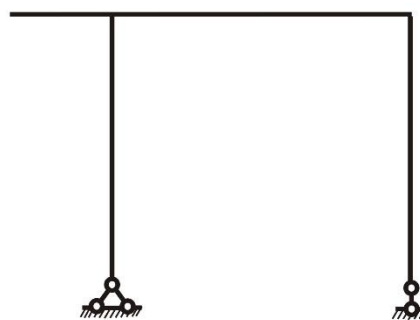
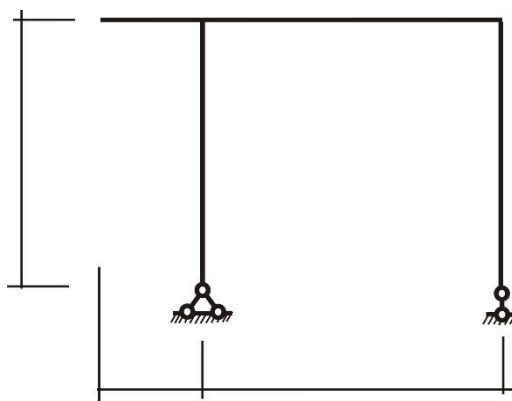


.....



$$v_K = \int \frac{M_p \bar{M}}{EI} dx = \Sigma \dots\dots\dots$$

$$u_K = \int \frac{M_p \bar{M}}{EI} dx = \Sigma \dots\dots\dots$$



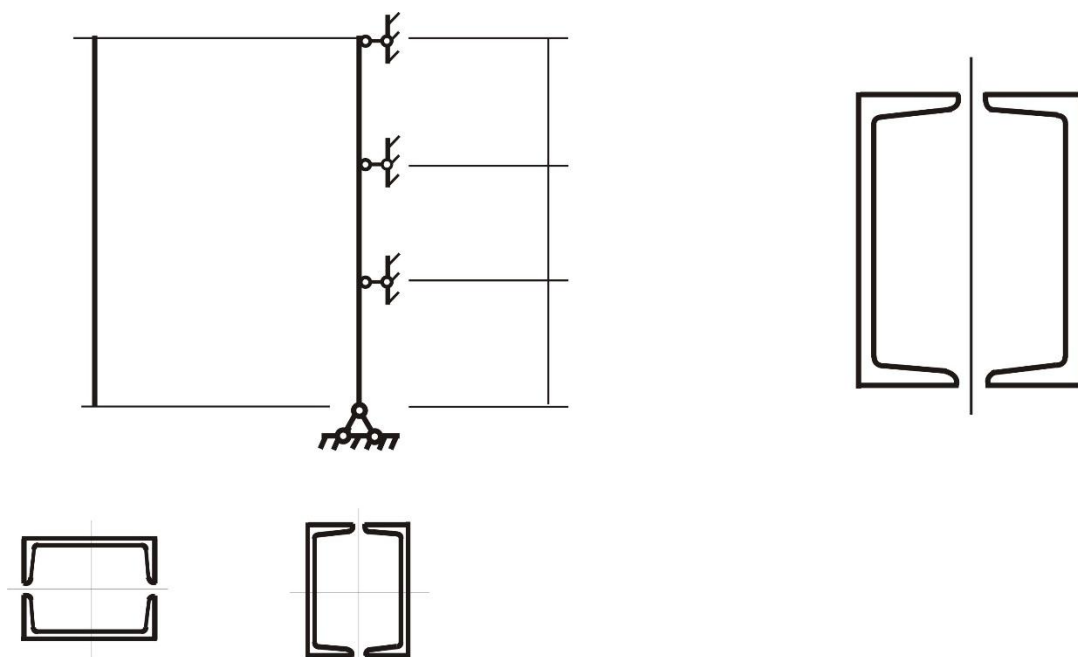
$$\varphi_K = \int \frac{M_p \bar{M}}{EI} dx = \Sigma \dots\dots\dots$$

8. УСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТОГО СТЕРЖНЯ

Задача 8.1. Подобрать сечение стержня из расчета

.....

.....



1. Определение геометрических характеристик поперечного сечения.

$$F = \dots\dots\dots J = \dots\dots\dots i = \sqrt{\dots\dots\dots} = \sqrt{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

$$J = \dots\dots\dots i = \sqrt{\dots\dots\dots} = \sqrt{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

2. Определение

$$P = \dots\dots\dots$$

3. Подбор сечения

$$\sigma = \dots\dots\dots \text{условие устойчивости}$$

$$\varphi = \dots\dots\dots$$

$$F = \dots\dots\dots$$

.....

.....

.....

.....

1-е

F = ————— F = ———

По сортаменту принимаем

.....
.....

Определение

.....

ℓ = λ = ——— = —————

ℓ = λ = ——— = —————

λ = Коэффициент

.....

λ φ

λ φ φ

Проверка устойчивости

σ = ——— = ————— =

.....

2-е

F = ————— F = ———

По сортаменту принимаем

.....
.....

Определение

.....

ℓ = λ = ——— = —————

ℓ = λ = ——— = —————

λ = Коэффициент

.....

λ φ

λ φ φ

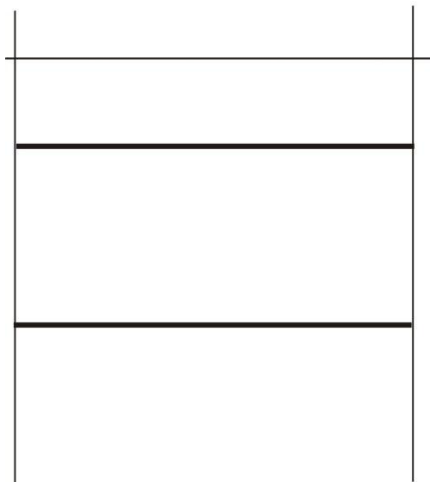
Проверка устойчивости

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{100 \times 9.8}{100 \times 10^{-6}} = 9.8 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$
[illegible]

Задача 8.2 . Расчет подобранного сечения

.....

.....



Определение расчетной нагрузки

.....

.....

Условие прочности при продольно-
поперечном изгибе.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Библиографический список

1. Техническая механика: учебник для подготовки бакалавров по направлению 270800 - "Строительство" / В. И. Андреев, А. Г. Паушкин, А. Н. Леонтьев. - [Изд. 2-е испр. и доп.]. - Москва: Изд-во АСВ, 2013. - 251 с.: - (Учебник XXI век. Бакалавр).
2. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: учебник для вузов / Г. С. Варданян, В.И. Андреев, Н.М. Атаров, А.А. Горшков; под ред. Г. С. Варданяна, Н. М. Атарова. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Инфра-М, 2013. - 637 с. - (Высшее образование).
3. Варданян, Г. С. Сопротивление материалов (с основами строительной механики) [Текст] : учеб. для вузов / Г. С. Варданян, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна. - М. : ИНФРА-М, 2011. - 478 с.
4. Ильяшенко А.В., Астахова А.Я. "Центральное растяжение и сжатие стержней в тестах": методические указания к самостоятельной работе студентов/ М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва: МГСУ, 2013. МГСУ - 52 с.
5. Ильяшенко А.В., Астахова А.Я. "Геометрические характеристики поперечных сечений стержней в тестах": учебное пособие / – М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва: МГСУ, 2014. 68с.
6. Ильяшенко А.В., Астахова А.Я. "Внутренние усилия и напряжения при прямом изгибе стержней в тестах": учебное пособие / – М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва: МГСУ, 2014. 82с.
7. Ильяшенко А.В., Астахова А.Я. "Перемещения в балках и рамах при прямом изгибе в тестах": учебное пособие / – М., ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru/36207.html>, 2015 - 83 стр.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Раздел 1. Центральное растяжение и сжатие прямого стержня.....</i>	<i>3</i>
<i>Раздел 2. Геометрические характеристики сечений.....</i>	<i>8</i>
<i>Раздел 3. Напряженное состояние в точке твердого тела.....</i>	<i>16</i>
<i>Раздел 4. Плоский прямой изгиб стержня.....</i>	<i>18</i>
<i>Раздел 5. Сдвиг. Кручение прямого стержня.....</i>	<i>27</i>
<i>Раздел 6. Статически определимые стержневые системы.....</i>	<i>30</i>
<i>Раздел 7. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах.....</i>	<i>37</i>
<i>Раздел 8. Устойчивость центрально сжатого стержня.....</i>	<i>40</i>

Августина Яковлевна АСТАХОВА

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Рабочая тетрадь по решению задач