**7. ВНЕЦЕНТРЕННОЕ РАСТЯЖЕНИЕ ИЛИ СЖАТИЕ.**

На практике часто изгиб сочетается с растяжением (сжатием), что обусловлено внецентренном приложением нагрузки, параллельной оси стержня, когда равнодействующая *F* не совпадает с осью балки (рис. 7.1)

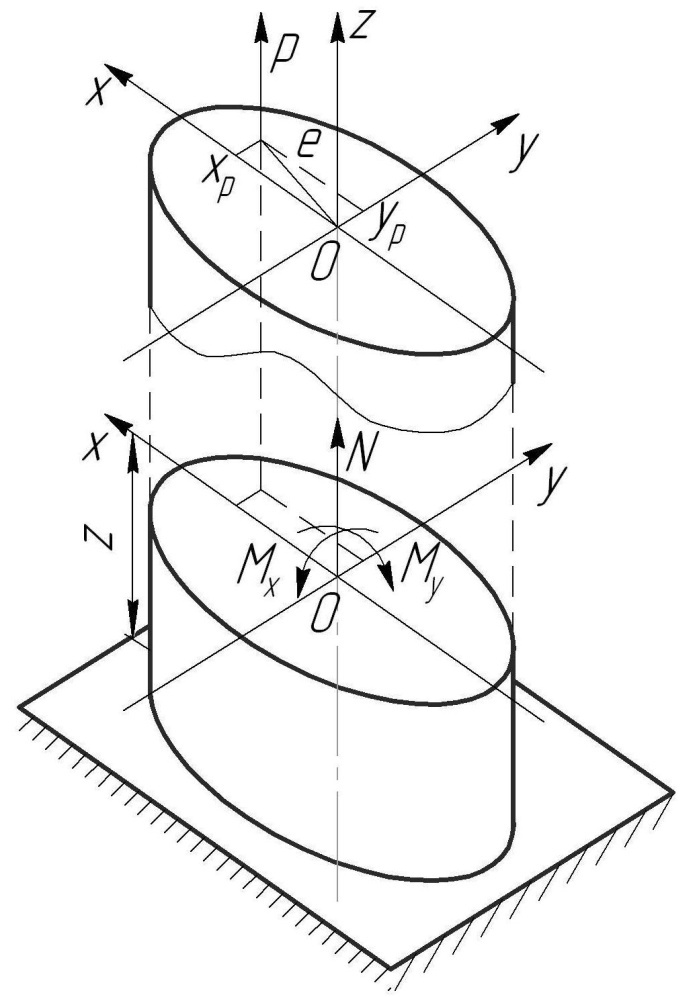


Рис. 7.1

Такая задача очень часто встречается в мостостроении при расчете опор мостов и в гражданском строительстве при расчете колонн зданий.

Обозначим координаты точки приложения действующих сил  и , а расстояние этой точки до оси z, называемое ***эксцентриситетом*** ***- e.*** Внутренние усилия в любом сечении равны:

; ; .

***Напряжения*** в произвольной точке сечения определяются формулой

 (7.1)

или

. (7.2)

Эту формулу можно выразит также через радиусы инерции

, (7.3)

где 

Уравнение нейтральной линии () находим из (7.3)

. (7.4)

Отрезки, отсекаемые нейтральной линией на осях  и  (рис. 7.2), найдем из (7.4), положив , 

; . (7.5)

Из (7.4) следует, что нейтральная линия пересекает координатные оси в точках, принадлежащих квадранту, противоположенному тому, в котором находится точка *F* приложения силы.

***Условия прочности*** для точек с наибольшими растягивающими и наибольшими сжимающими напряжениями (соответственно точек *A* и *B* на рис. 7.2) можно записать в виде:

 (7.6)

 (7.7)

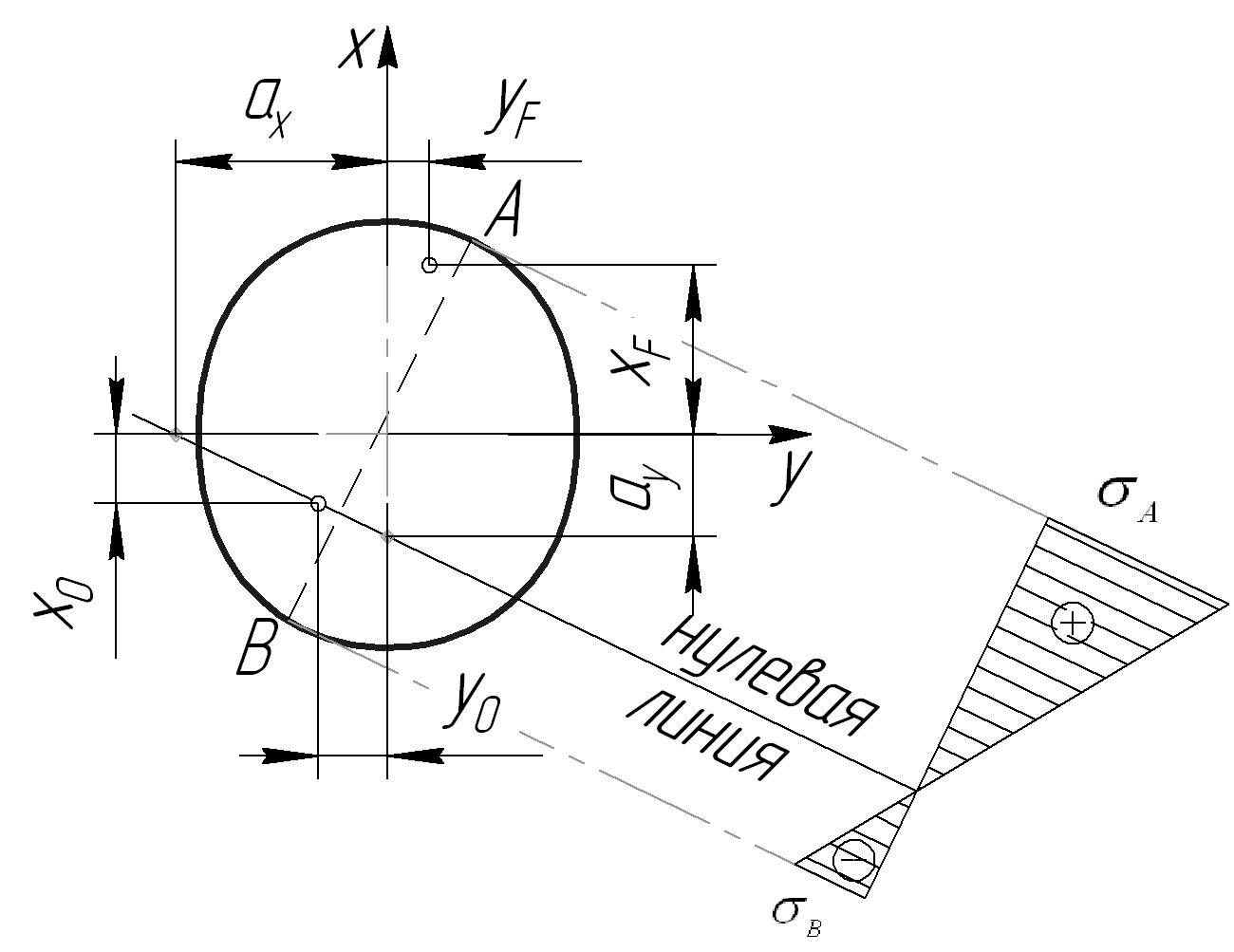


Рис. 7.2

Эпюра напряжений приведена на рис. 7.2.

Для стержня прямоугольного сечения условие прочности удобно представить следующим образом:

. (7.8)

Формулы (7.6)-(7.8) справедливы и в случае, когда сила *F* является сжимающей, при условии, что нет опасности потери ее устойчивости.

Расстояние нейтральной оси от центра тяжести и величины зон сечения, испытывающих растягивающие и сжимающие усилия, зависят от эксцентриситета *e*, Очевидно, одна из зон может отсутствовать (при растяжении - зона сжатия, при сжатии - зона растяжения), а нейтральная линия не будет пересекать сечение.

Представляет большой практический интерес, особенно при внецентренном сжатии колонн из материалов, плохо сопротивляющихся растяжению (например, кирпичной кладки). Знать то максимальное значение эксцентриситета, при котором в сечении не будут возникать напряжения растяжения, т.е. нейтральная линия будет касательной к сечению.

*Область вокруг центра тяжести сечения, внутри которой приложение силы F вызывает во всех точках поперечного сечения напряжения одного знака, называется* ***ядром сечения****.* Для определения ядра сечения необходимо задаваться различными положениями нейтральной линии [9], проводя ее касательно к контуру и нигде не пересекая его, и вычислять координаты соответствующих точек приложения силы по следующим, вытекающим из (7.5), формулам:

;  .

Вычисленные таким образом точки и определяют контур сечения.

Для построения ядра сечения какой-либо фигуры, например прямоугольник (рис.7.3), необходимо рассмотреть ряд положений нейтральной линии, совпадающих со сторонами сечения. Совместив нейтральную линию со стороной *CD* (положение 1 - 1) получим: , ; тогда на основании (7.5)

; 

где

, .

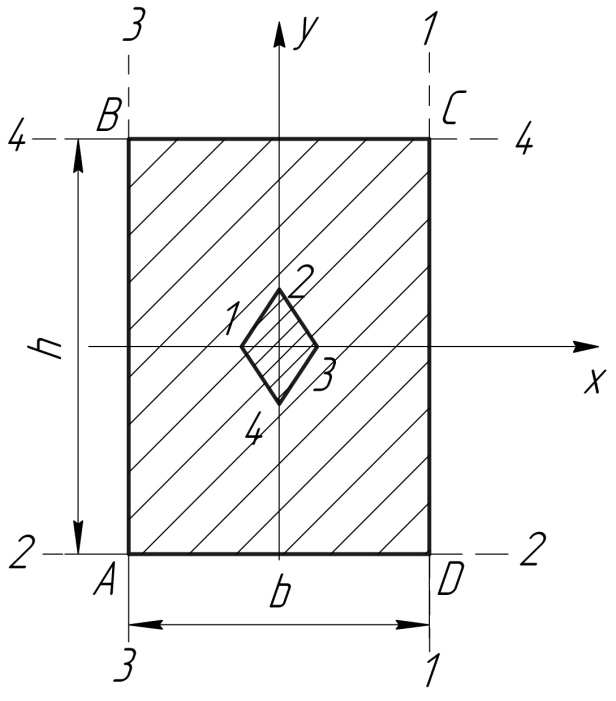


Рис. 7.3

Таким образом, мы определим координату точки 1 ядра сечения. Совмещая положение нейтральной линии со стороной *AD* (положение 2 - 2), аналогично получим

,.,

а координатами точки 2 ядра будут

; 

Задаваясь соответствующими положениями нейтральной линии 3 - 3 и 4 - 4, по аналогии определим координаты точек ядра 3 и 4.

**7.1 Задача №7.**

На столб заданного поперечного сечения в точке верхнего торца *D* действует растягивающая или сжимающая нагрузка *F*=100кН (рис.7.4). Растягивающая сила обозначена точкой в кружке, а сжимающая – крестом.

Требуется:

-показать положение главных центральных осей инерции вычислить значения осевых моментов инерции, радиусов инерции сечения и площадь поперечного сечения;

-найти положение нулевой линии и показать ее на схеме сечения;

-определить наибольшие (растягивающие и сжимающие) напряжения в поперечном сечении и построить эпюру напряжений;

-построить ядро сечения и указать координаты его характерных точек.

Все расчетные схемы необходимо выполнять, строго соблюдая масштаб.

Таблица 7

Исходные данные к задаче №7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I | II | III | IV |
| Номер строки | Номер схемы на рис.7 | *b*, см | *c,* см | *a/b* |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  0 | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  0 | 110  120  130  140  150  160  170  180  190  200 | 25  30  35  40  45  50  55  60  65  70 | 0,40  0,30  0,25  0,20  0,15  0,40  0,30  0,25  0,20  0,15 |

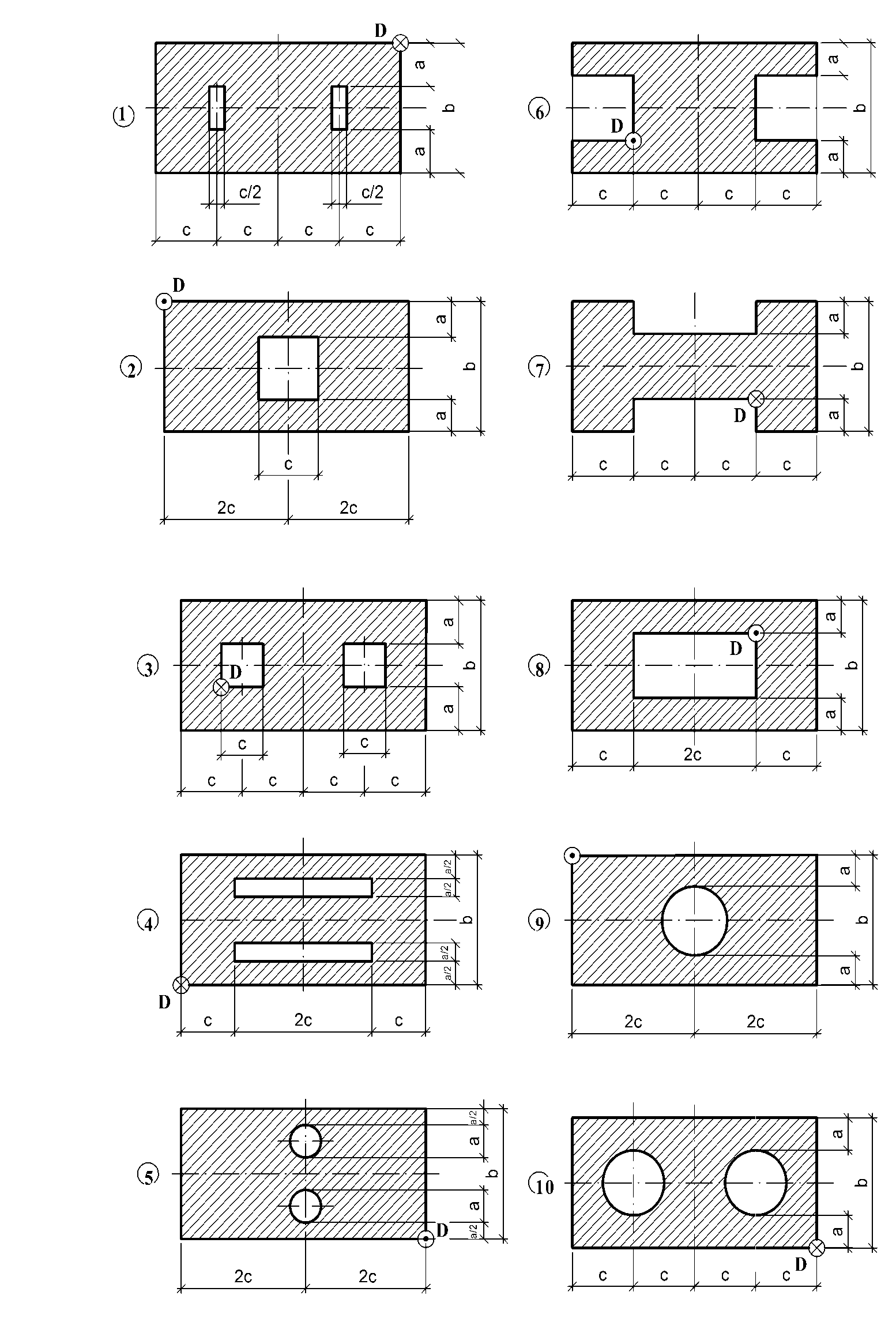


Рис. 7.4 Расчетная схема к задаче №7

**7.2 Пример расчета (*Задача №7)***

На столб заданного поперечного сечения в точке верхнего торца *D* действует растягивающая нагрузка *F*=100кН.

Требуется:

-показать положение главных центральных осей инерции вычислить значения осевых моментов инерции и радиусов инерции сечения;

-найти положение нулевой линии и показать ее на схеме сечения;

-определить наибольшие (растягивающие и сжимающие) напряжения в поперечном сечении и построить эпюру напряжений;

-построить ядро сечения и указать координаты его характерных точек.

Принятьb = 140 см=1,4м; c = 55см =0,55м; a/b = 0,2 →a = 28см = 0,28 м.

*Решение:*

***1. Определение положения главных центральных осей инерции, вычисление значений осевых моментов инерции, радиусов инерции и площади сечения.***

Главными осями инерции являются оси *х* и *у*, так как сечение симметрично относительно этих осей, и они проходят через центр тяжести сечения.

Осевые моменты инерции равны:

Площадь поперечного сечения *А*:

Квадраты главных радиусов инерции сечения:

***2. Определение положения нулевой линии.***

Координаты точки приложения силы:

Отрезки, отсекаемые нулевой линией на главных осях инерции определяем по формулам:

***3. Определение наибольших растягивающих и сжимающих напряжений. Построение эпюры напряжений.***

При внецентренном растяжении или сжатии нормальные напряжения в произвольной точке сечения определяются по формуле:

где *х,y* – координаты точки, в которой определяется напряжение σ.

Продольная сила *N=F*. Изгибающие моменты равны

,

.

Точка L, координаты которой

наиболее удалена в растянутой зоне сечения, поэтому наибольшее растягивающее напряжение возникает в ней и определяется по формуле:

Наибольшее сжимающее напряжение возникает в точке *Д*, имеющей координаты

,

***4. Построение ядра сечения.***

Для построения ядра сечения необходимо, чтобы нейтральная линия обкатывала контур, тогда точка приложения силы вычертит контур ядра сечения.

Пусть нулевая линия (Н.Л.) занимает положение I - I

Координаты первой граничной точки ядра сечения 1(0; -32,9).

Пусть нулевая линия занимает положение II - II, тогда отрезки, отсекаемые нулевой линией по осям *х* и *у* равны

.

Координаты граничной точки 2

2 (-39,55; 0).

В силу симметрии сечения координаты граничных точек

3 (0; 32,9),

4 (39,55; 0).

По полученным данным строим ядро сечения.

