

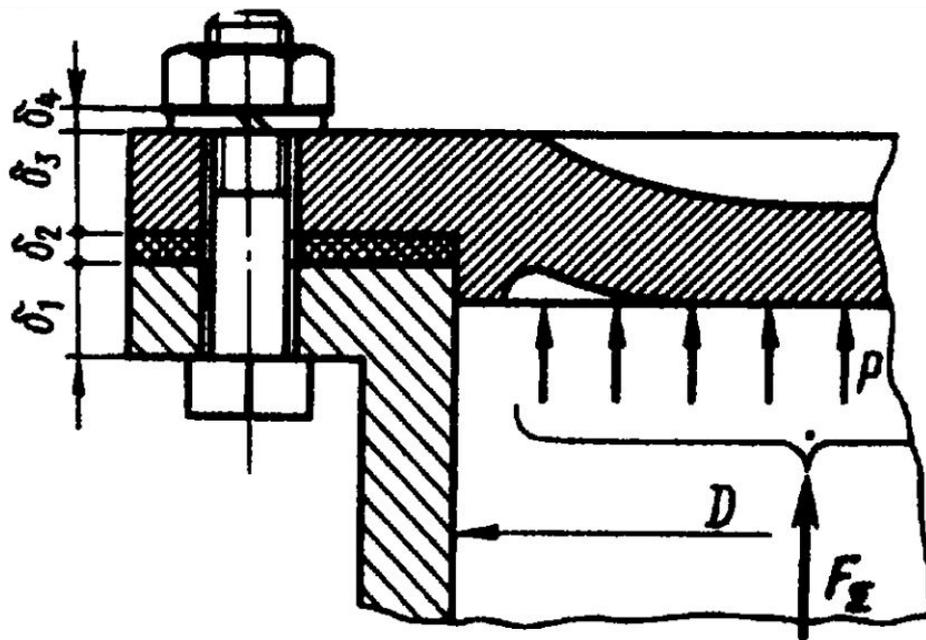


Калужский филиал  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический  
университет им. Н.Э. Баумана»

## **Практическое занятие №2**

**Расчет соединений, включающих группу  
болтов**

## Болт затянут, внешняя нагрузка раскрывает стык



Сила сжимающая детали в стыке от одного болта  $F_{cm} = F_{зам} - (1 - \chi)F$

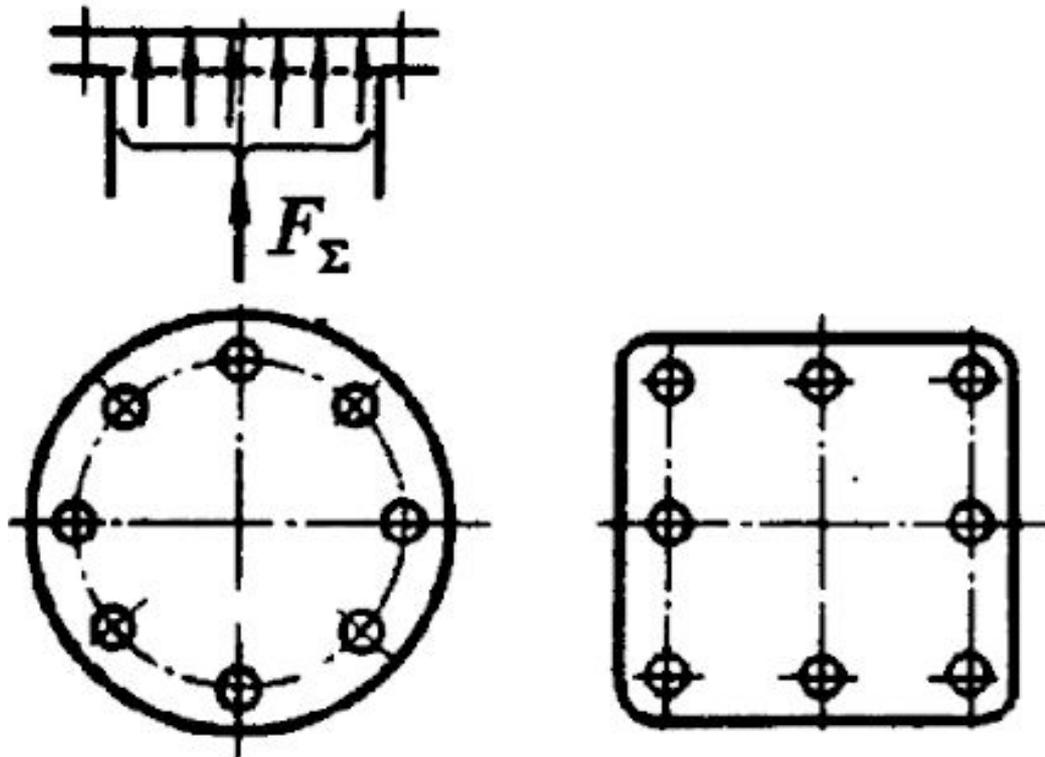
Условие нераскрытия стыка  $F_{зам} = k_{зам}(1 - \chi)F$

Расчетная нагрузка на затянутый болт  $F_p = F_{зам} + \chi F = [k_{зам}(1 - \chi) + \chi]F$

Соединение затягивается при нагрузке  $F_{зам} \bar{1},3F + \chi F_{зам} \bar{1},3k (1 - \chi) + \chi]F$

## Соединение нагружено отрывающей силой

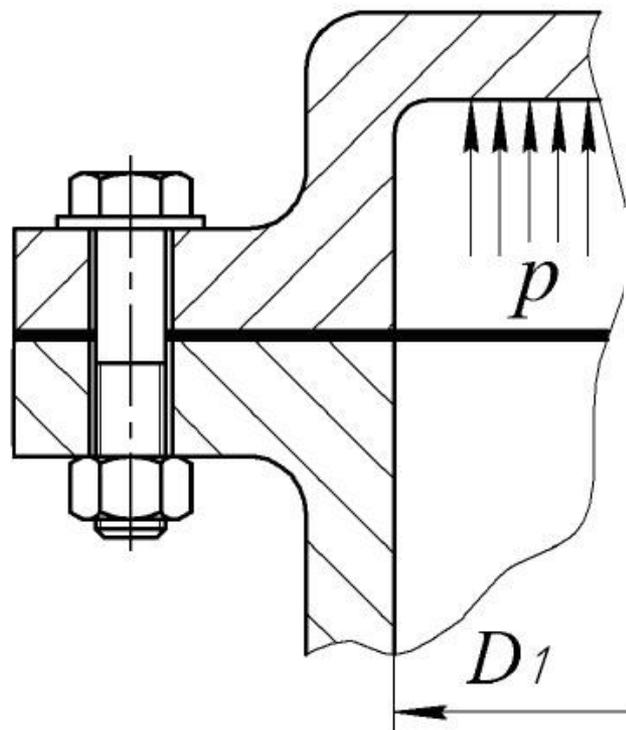
Равнодействующая нагрузка соединения перпендикулярна плоскости стыка и проходит через центр его тяжести. При этом болтам дают затяжку, обеспечивающую плотность соединения. Все болты нагружены одинаково.



Расчет ведется по формулам для затянутого болта

# Величина коэффициента затяжки

По условию нераскрытия стыка		По условию герметичности	
1,25...2,0	постоянная нагрузка	1,3...2,5	мягкая прокладка
		2,0...3,5	металлическая фасонная прокладка
2,0...4,0	переменная нагрузка	3,0...5,0	металлическая плоская прокладка



## Задача

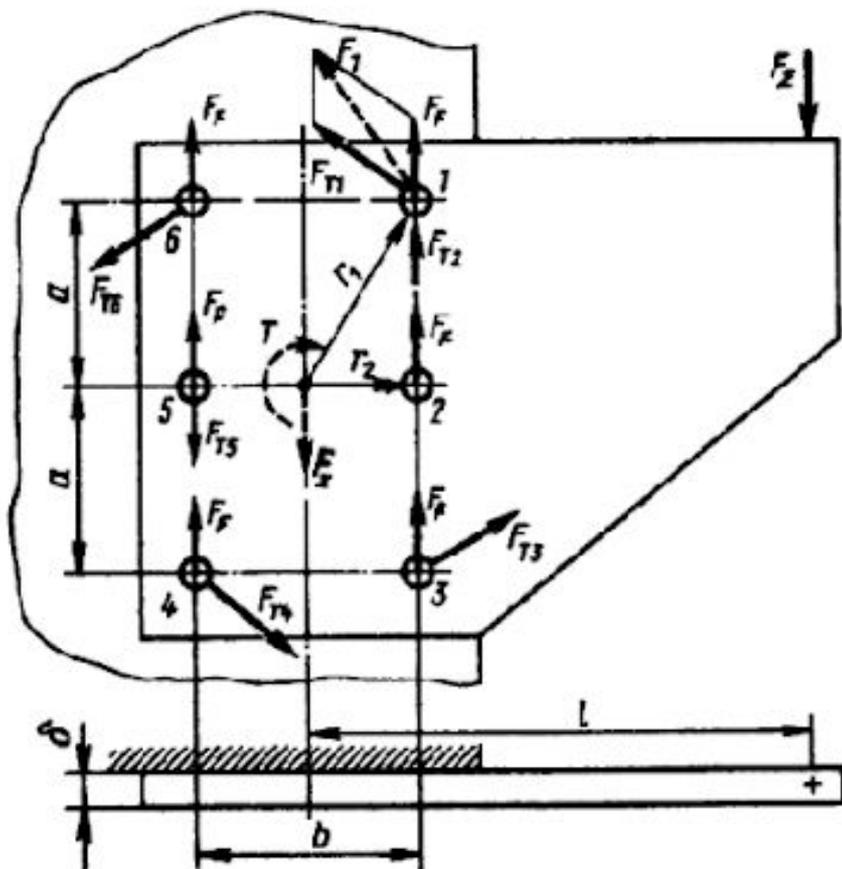
**Внешняя нагрузка на болт**

$$F = p \cdot \pi \cdot D^2 / (4z),$$

где  $p$  - давление в резервуаре;  $z$  - число болтов.

## Соединение нагружено сдвигающей силой

Нагрузка соединения сдвигает детали в стыке. При этом определяются суммарные нагрузки, приходящиеся на каждый болт, и в качестве расчетной принимается наибольшая из суммарных нагрузок.



Действие силы  $F$  на плече  $L$  заменяют сдвигающей силой  $F_q$ , приложенной в центре масс стыка, и моментом  $T = F \cdot L$ .

**Сдвигающая сила, действующая на  $i$ -й болт**

$$F_{qi} = F_q / Z,$$

где  $Z$  - количество болтов;  
 $i$  - номер болта.

**Условие равновесия стыка от момента**

$$T = \sum_{i=1}^Z F_{Ti} \cdot r_i.$$

**Сила, действующая на  $i$ -й болт от момента**

$$F_{Ti} = T \cdot r_i / \sum_{i=1}^Z r_i^2.$$

**Суммарная нагрузка на каждый болт (в векторной форме)**

$$\vec{F}_i = \vec{F}_{qi} + \vec{F}_{ti}.$$

### Задача 1.

Определить диаметр болтов, крепящих кронштейн к колонне, и поставленных в отверстие «в чистую» (без зазора).

$$M \neq 700 \quad ;$$

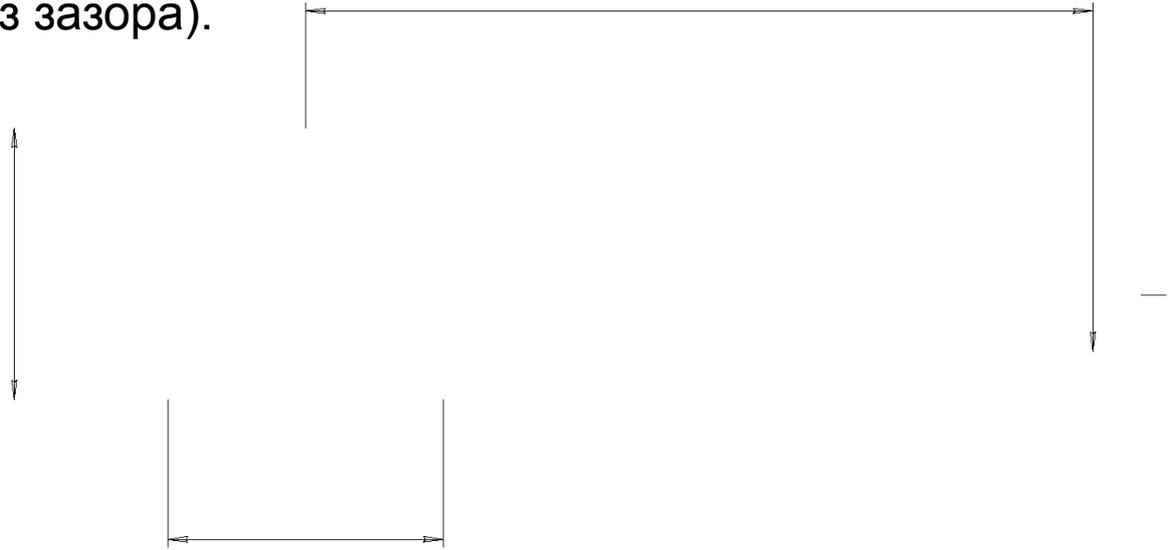
$$h \neq 280 \quad ;$$

$$f = 0,15;$$

$$KH = 4 \quad ;$$

$$[\sigma_{CM}] = 100 \text{ МПа};$$

$$[\tau_{CP}] = 80 \text{ МПа}.$$



### Задача 2.

Определить диаметр болтов, крепящих кронштейн к колонне, и поставленных в отверстие с зазором.

$$M \neq 500 \quad ;$$

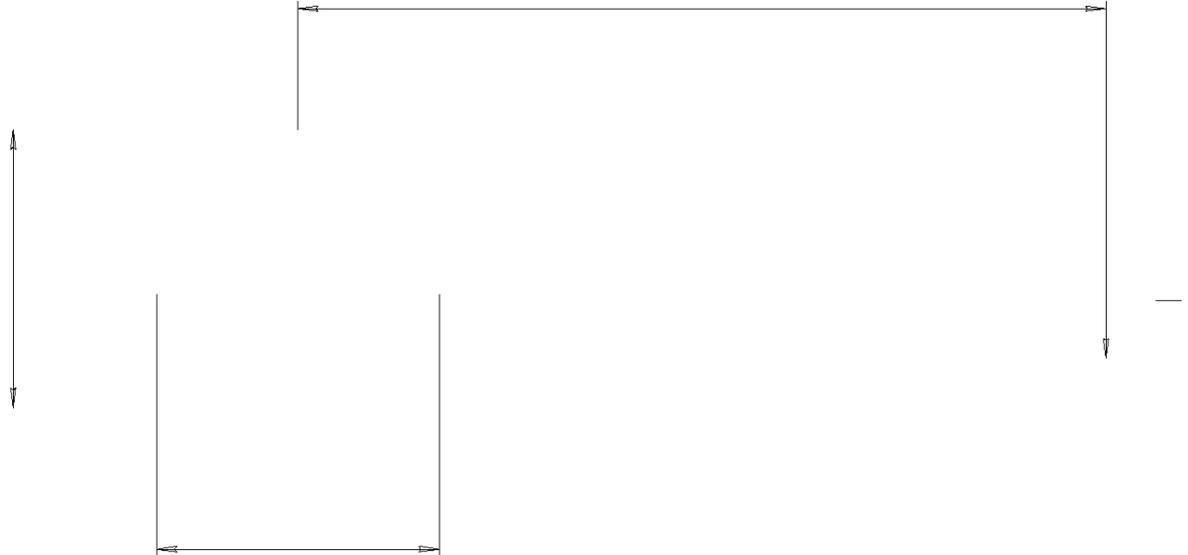
$$h \neq 150 \quad ;$$

$$f = 0,15;$$

$$KH = 3 \quad ;$$

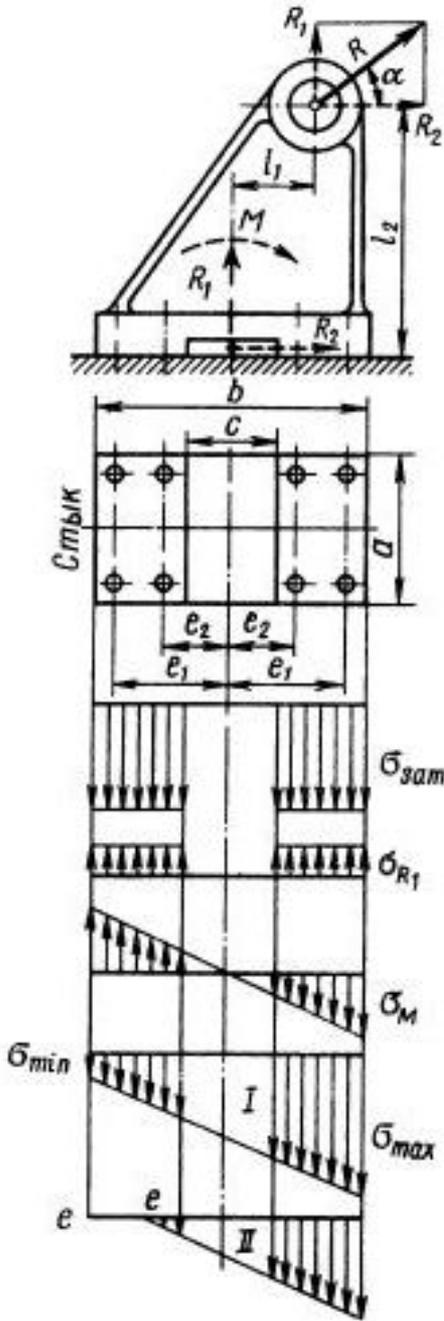
$$[\sigma] = 190 \text{ МПа};$$

$$[\tau_{CP}] = 160 \text{ МПа}.$$



## ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

1. Перенести силы в центр тяжести стыка.
2. Рассчитать геометрические параметры стыка
3. Определить силу затяжки болтов по условию нераскрытия стыка
4. Определить силу затяжки болтов по условию отсутствия сдвига в стыке деталей
5. Выбрав максимальную из полученных сил провести проверку на прочность стержня болта
  - болты нагружены равномерно силой предварительной затяжки и осевой силой, раскрывающей стык деталей
  - не равномерно моментом (при наличии нескольких рядов болтов те, которые находятся дальше от ц.т. сечения испытывают максимальную нагрузку)



$$\left. \begin{aligned}
 M &= i(2F_1e_1 + \dots + 2F_n e_n) \\
 \frac{F_1}{e_1} &= \frac{F_n}{e_n}
 \end{aligned} \right\} F_M = \frac{e_1 M}{2i \sum_{k=1}^n e_k^2}$$

Максимальная внешняя нагрузка на болт

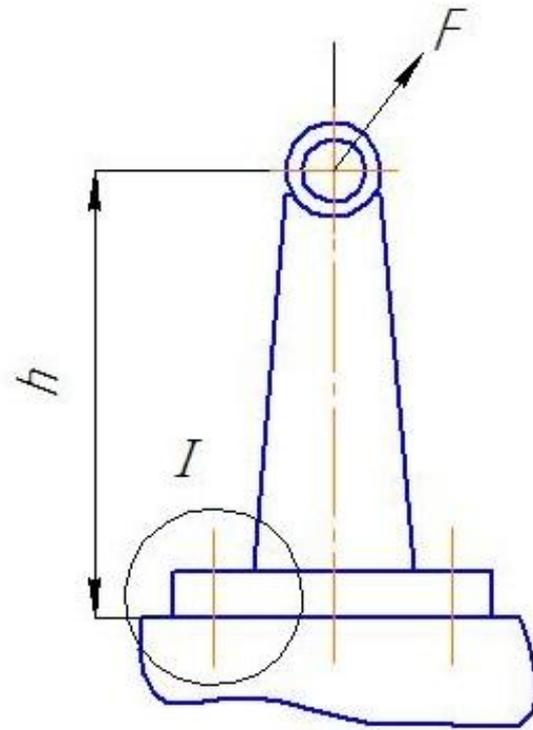
$$F = F_a \pm F_M$$

$$F_{\text{вн}} = 1,3F + \chi F$$

$$\sigma = \frac{4F_p}{\pi(d_1)^2} \leq [\sigma]$$

## Задача

**Дано:** кронштейн (Рис. 4) нагружен силой  $F=850$  Н, направленной под углом  $\alpha=60^\circ$  к горизонту. Высота кронштейна  $h=200$  мм. Определить диаметр винтов крепления кронштейна к основанию, приняв их число  $z=4$ , а диаметр установки  $D=120$  мм. Затяжка неконтролируемая. Класс прочности винтов 4.6. Размеры основания кронштейна:  
 $D_1=1,3D=1,3 \cdot 120=156$  мм,  
 $D_2=0,7D=0,7 \cdot 120=84$  мм.



*Форма опорной поверхности кронштейна*

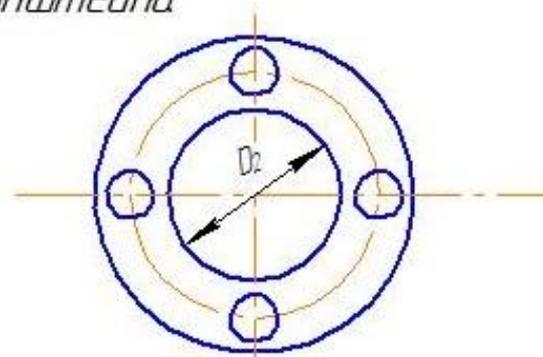


Рис. 4. Кронштейн

