

Часть 1. Два расчетных среза, один болт M20, пластины толщиной 20 мм

Исходные данные:

※ болт M20, класс прочности 8.8

$$d_b := 20 \cdot \text{мм}$$

$$n_s := 2 \quad \text{число расчетных срезов одного болта}$$

$$A_b := 3.14 \cdot \text{см}^2 \quad \text{площадь сечения болта брутто}$$

$$A_{bn} := 2.45 \cdot \text{см}^2 \quad \text{площадь сечения болта нетто}$$

$$\gamma_b := 1 \quad \text{коэффициент условий работы одного болта}$$

$$\gamma_{b_m} := 0.9 \quad \text{коэффициент условий работы многоболтового соединения}$$

$$\gamma_c := 1 \quad \text{коэффициент условий работы}$$

$$R_{bs} := 332 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 3384.3 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad \text{расчетное сопротивление срезу}$$

$$R_{bt} := 451 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 4597.35 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad \text{расчетное сопротивление растяжению}$$

$$n_b := 1 \quad \text{количество болтов в соединении}$$

※ сталь, соединяемых болтом, элементов С355

$$R_{bp} := 645 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 6574.92 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad \text{расчетное сопротивление смятию}$$

$$\Sigma t := 20 \cdot \text{мм} \quad \text{наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении}$$

※ расчетные усилия, действующие на болтовое соединение

$$F_x := 120.13 \cdot \text{кН} = 12.25 \text{ м} \quad \text{сила (срезающая) по оси X}$$

$$F_y := 130.23 \cdot \text{кН} = 13.28 \text{ м} \quad \text{сила (срезающая) по оси Y}$$

$$F_z := 50.84 \cdot \text{кН} = 5.18 \text{ м} \quad \text{сила (растягивающая) по оси Z}$$

$$F_{\Sigma} := \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 177.18 \text{ кН} \quad \text{суммарная срезающая сила} \quad (1)$$

$$F_{\Sigma} = 18.06 \text{ м}$$

Расчет на срез

※ одного болта

$$N_{bs} := R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c = 208.5 \text{ кН} \quad (2) \quad (186) \quad \text{СП 16.13330.2017}$$

$$N_{bs} = 21.25 \text{ м}$$

※ одного болта в группе болтов

$$N_{bs_m} := R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_{b_m} \cdot \gamma_c = 187.65 \text{ кН} \quad (3) \quad (186) \quad \text{СП 16.13330.2017}$$

$$N_{bs_m} = 19.13 \text{ м}$$

Расчет на смятие

※ одного болта

$$N_{bp} := R_{bp} \cdot d_b \cdot \Sigma t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c = 258 \text{ кН} \quad (4) \quad (187) \quad \text{СП 16.13330.2017}$$

$$N_{bp} = 26.3 \text{ м}$$

※ одного болта в группе болтов

$$N_{bp_m} := R_{bp} \cdot d_b \cdot \Sigma t \cdot \gamma_{b_m} \cdot \gamma_c = 232.2 \text{ кН} \quad (5) \quad (187) \quad \text{СП 16.13330.2017}$$

$$N_{bp_m} = 23.67 \text{ м}$$

Расчет на растяжение

※ одного болта, одного болта в группе болтов

$$N_{bt} := R_{bt} \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c = 110.5 \text{ кН} \quad (6) \quad (188) \quad \text{СП 16.13330.2017}$$

$$N_{bt} = 11.26 \text{ м}$$

Коэффициент использования по срезу (один болт)

$$K_{bs} := \frac{F_{\Sigma}}{R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot n_b \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c} = 0.85 \quad (7)$$

if $K_{bs} \leq 1$ = "OK"
 || "OK"
 else
 || "NO"

Коэффициент использования по смятию (один болт)

$$K_{bp} := \frac{F_{\Sigma}}{R_{bp} \cdot d_b \cdot \Sigma t \cdot n_b \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c} = 0.69 \quad (8)$$

if $K_{bp} \leq 1$ = "OK"
 || "OK"
 else
 || "NO"

Коэффициент использования по растяжению (один болт)

$$K_{bt} := \frac{F_z}{R_{bt} \cdot n_b \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c} = 0.46 \quad (9)$$

if $K_{bt} \leq 1$ = "OK"
 || "OK"
 else
 || "NO"

Коэффициент использования при одновременном действии среза и растяжения (один болт)

$$K_{bs_bt} := \sqrt{K_{bs}^2 + K_{bt}^2} = 0.97 \quad (10)$$

if $K_{bs_bt} \leq 1$ = "OK"
 || "OK"
 else
 || "NO"

Данные расчета приложения

Pro.Engineer - bolt_bearing_355_1.3.exe

7. Enter number of bolts: 1
 Number of bolts is 1. If the information is correct then press 'y', if incorrect press 'n' y

Initial data:

- ♦ bolt diameter is 20 mm
- ♦ strength class is 8.8
- ♦ number of slices is 2
- ♦ thick. part is 20.0 mm

Active forces:

- ♦ X force is 120.13 kN
- ♦ Y force is 130.23 kN
- ♦ Z force is 50.84 kN

Table 1 - Strength characteristics of steel

Data name	Ru	Rbp	Run
C355	480 N/mm ²	645 N/mm ²	490 N/mm ²

Table 2 - Bolt characteristics

Abn	Ab	Rbs	Rbt
2.45 cm ²	3.14 cm ²	332 N/mm ²	451 N/mm ²

One bolt *One bolt per group*

- ♦ Shear force: (2) 208.50 kN (21.25 T) (3) 187.65 kN (19.13 T)
- ♦ Bear. force: (4) 258.00 kN (26.30 T) (5) 232.20 kN (23.67 T)
- ♦ Tens. force: (6) 110.50 kN (11.26 T) 110.50 kN (11.26 T)

Number of bolts is 1

z | 50.84

130.23 / x
 y / 120.13

Total shear force 177.18 kN =
 = 18.06 T (1)

(7) ♦ K_shear = 0.85
 (8) ♦ K_bear = 0.69
 (9) ♦ K_tens = 0.46
 (10) ♦ K_sh/t = 0.97