

## 450 – Расчет по огнестойкости



Программа предназначена для расчёта по огнестойкости элементов железобетонных конструкций согласно СП 468.1325800.2019 «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности» и СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

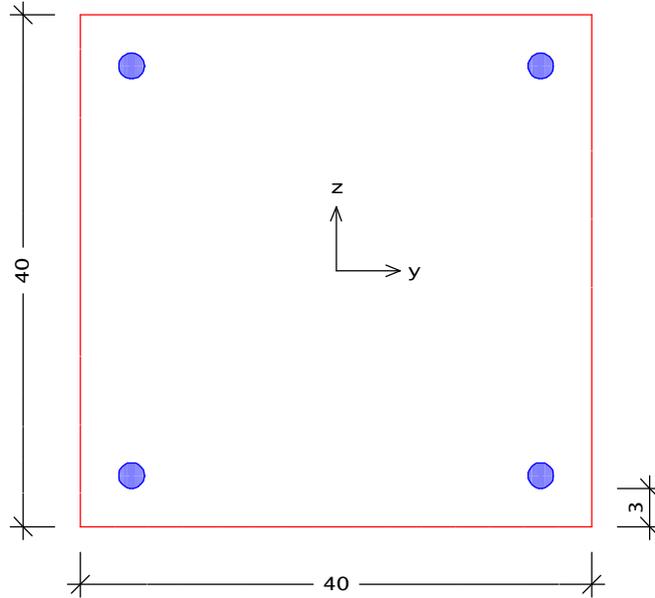
Температурное поле в сечении элемента при огневом воздействии определяется путем решения задачи нестационарной теплопроводности с учетом зависимости теплофизических характеристик бетона от температуры. Рассматриваются прямоугольные, тавровые, круглые и уголкового сечения. Предельные усилия определяются на основе диаграмм деформирования сжатого бетона и арматуры с учетом зависимости характеристик материалов от температуры.

Сечение колонны

Ширина сечения  $b = 40.0$  см  
 Высота сечения  $h = 40.0$  см

Арматура

Диаметр стержней  $d_s = 20$  мм  
 Толщина защитного слоя  $a_s = 30$  мм

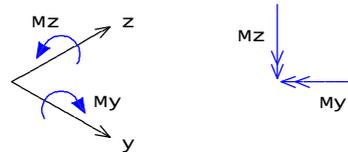


Усилия

Относительно центральных осей бетонного сечения

№	N [кН]	$M_y$ [кНм]	$M_z$ [кНм]
1	1000.0	30.0	30.0

Положительные направления моментов



Расчет

Согласно СП 468.1325800.2019, СП 63.13330.2018

Применяется метод расчета согласно СП 468, 8.6

Изменение температуры среды при пожаре принимается согласно ГОСТ 30247.0-94

Бетон на силикатном заполнителе  $V_{25}$  (тяжелый)  
 Плотность бетона  $\rho = 2350$  кг/м<sup>3</sup>  
 Бетон сухой

Продольная арматура  $A500$

Соппротивления при нормальной температуре

$R_{b\ n}$	=	18.50	МПа
$R_{s\ n}$	=	500	МПа
$R_{s\ c}$	=	400	МПа

Модули упругости при нормальной температуре

$E_b$	=	30.0	ГПа
$E_s$	=	200.0	ГПа

Диаграмма для бетона при нормальной температуре

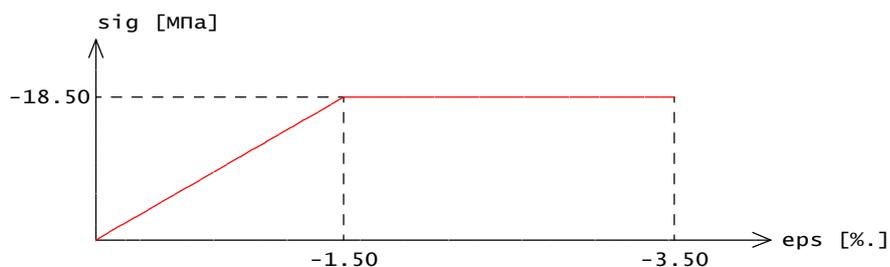
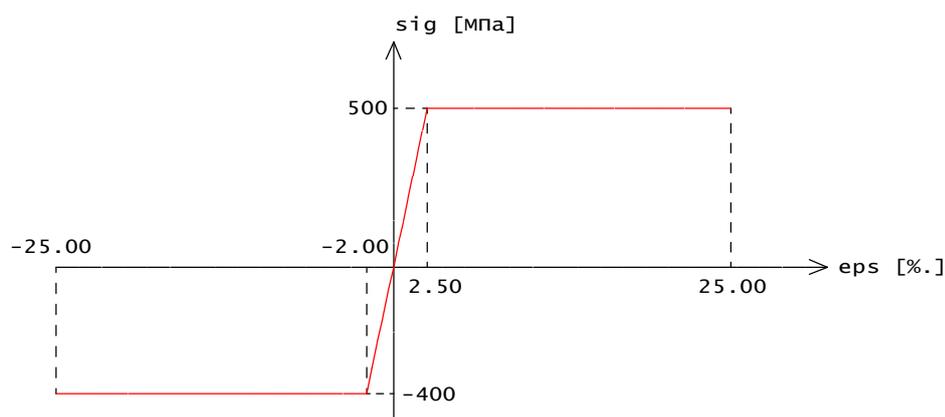


Диаграмма для арматуры при нормальной температуре



Коэффициент условий работы бетона

№	T [°C]	$\gamma_{bt}$	№	T [°C]	$\gamma_{bt}$	№	T [°C]	$\gamma_{bt}$
1	100	1.00	2	200	0.98	3	300	0.95
4	400	0.85	5	500	0.80	6	600	0.60
7	700	0.20	8	800	0.10	9	900	0.05
10	1000	0.03	11	1100	0.01	12	1200	0.00

Параметры диаграммы сжатого бетона

T [°C]	20	100	200	300	400	500	600
$\epsilon_{b1}$ [%.]	1.5	1.9	2.6	3.8	4.9	6.8	10.7
$\epsilon_{b2}$ [%.]	3.5	4.4	6.1	8.8	11.4	15.8	25.0

Коэффициент редукции модуля упругости бетона

T°С	20	200	300	400	500	600	700	800
$\beta_b$	1.00	0.70	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05

Коэффициент условий работы арматуры

№	T [°C]	$\gamma_{st}$	№	T [°C]	$\gamma_{st}$	№	T [°C]	$\gamma_{st}$
1	100	1.00	2	200	1.00	3	300	1.00
4	400	0.85	5	500	0.60	6	600	0.37
7	700	0.22	8	800	0.10	9	900	0.00

10 1000 0.00 11 1100 0.00 12 1200 0.00

Коэффициент редукции модуля упругости арматуры

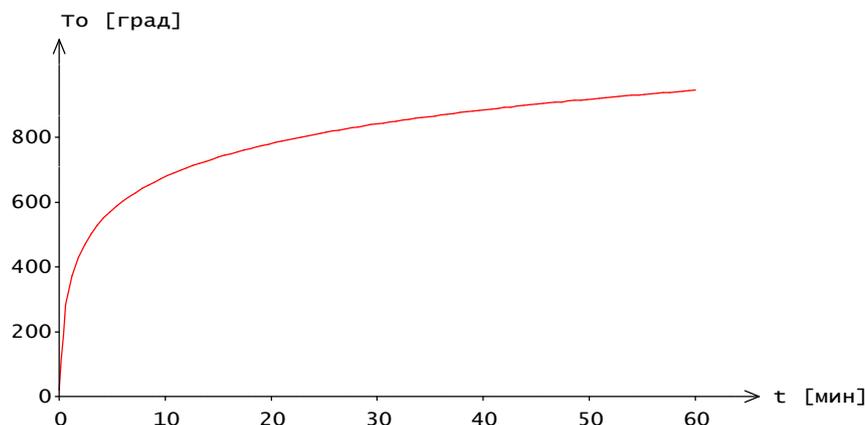
№	T [°C]	$\beta_s$	№	T [°C]	$\beta_s$	№	T [°C]	$\beta_s$
1	100	1.00	2	200	0.92	3	300	0.90
4	400	0.85	5	500	0.80	6	600	0.77
7	700	0.72	8	800	0.65	9	900	0.00
10	1000	0.00	11	1100	0.00	12	1200	0.00

#### Данные для учета прогибов колонны в плоскостях Y и Z

Длина колонны	l	=	6.00	м
Случайные эксцентриситеты	$e_{ay}$	=	13.3	мм
	$e_{az}$	=	13.3	мм
Расчетные длины	$l_{0y}$	=	6.00	м
	$l_{0z}$	=	6.00	м
Эксцентриситет $e_0$ принимается не менее $e_a$				

#### Проверка прочности при пожаре

Зависимость температуры среды от времени



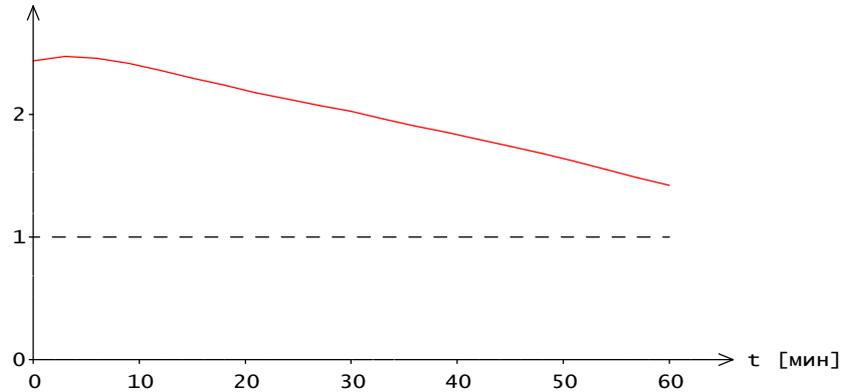
Нагрев всесторонний

Коэффициент  
запаса прочности

t [мин]	T среды [°C]	$\gamma_u$
0	20	2.440
3	502	2.475
6	603	2.461
9	663	2.419
12	705	2.359
15	739	2.298
18	766	2.239
21	789	2.177
24	809	2.124
27	826	2.075
30	842	2.024
33	856	1.964
36	869	1.907
39	881	1.853
42	892	1.799
45	902	1.741
48	912	1.683
51	921	1.620

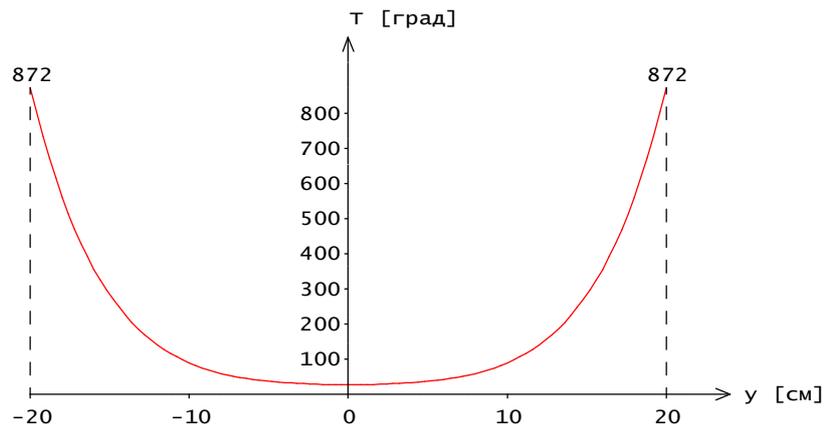
54	930	1.550
57	938	1.483
60	945	1.422

Коэффициент запаса прочности  $\gamma_u$

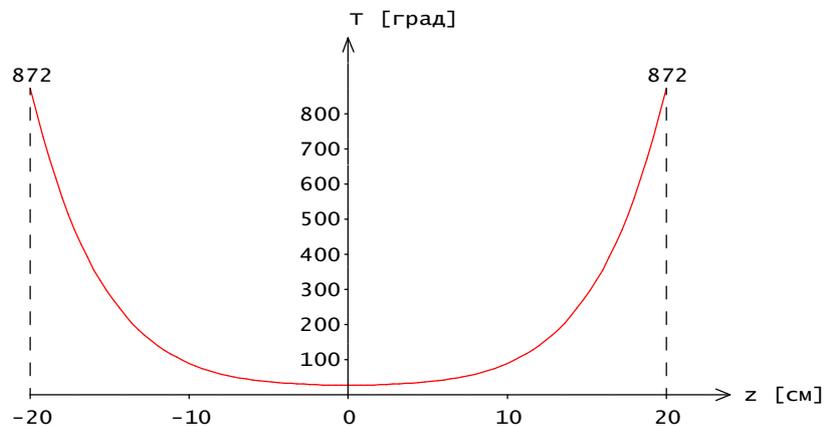


**Температурное поле при  $t = 60$  мин**

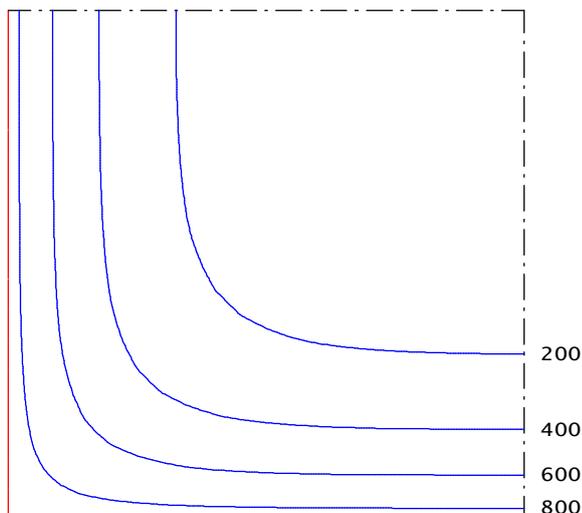
Температура  $T$  на оси  $y$



Температура  $T$  на оси  $z$



Изотермы



**Проверка прочности для сочетания усилий 1**

Расчетные моменты с учетом случайного эксцентриситета и прогиба

Плоск.	M [кНм]	$\delta_e$ [-]	$D_b$ [МНм <sup>2</sup> ]	$D_s$ [МНм <sup>2</sup> ]	D [МНм <sup>2</sup> ]	$N_{cr}$ [кН]	$\eta$ [-]	$\eta^M$ [кНм]
Y	30.0	0.150	23.768	5.083	7.519	2062	1.94	58.3
Z	30.0	0.150	23.768	5.083	7.519	2062	1.94	58.3

Примечание.  $D = 0.15 / [\varphi_1 (0.3 + \delta_e)] D_b + 0.7 D_s$ ,  $\varphi_1 = 2.0$

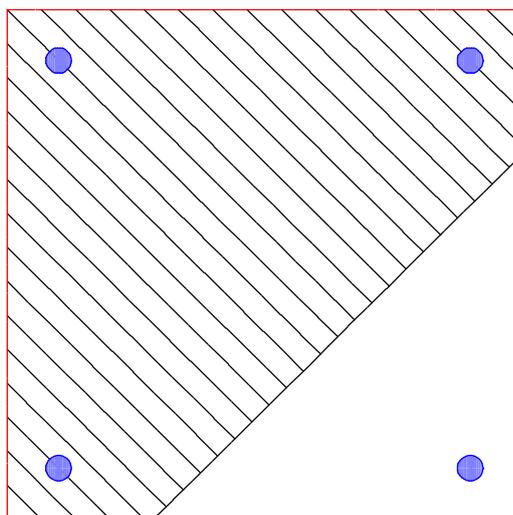
Предельные усилия  $N_u = \gamma_u N$ ,  $M_{yu} = \gamma_u M_y$ ,  $M_{zu} = \gamma_u M_z$

N [кН]	$M_y$ [кНм]	$M_z$ [кНм]	$N_u$ [кН]	$M_{yu}$ [кНм]	$M_{zu}$ [кНм]	$\gamma_u$
1000.0	58.3	58.3	1422.2	82.9	82.9	<b>1.422</b>

Нейтральная линия

Y1 [см]	Z1 [см]	Y2 [см]	Z2 [см]
-8.62	-20.00	20.00	8.62

Сжатая зона при действии предельных усилий



Кривизны  $\kappa_y / \kappa_z = -0.01542 / 0.01542 \quad 1/м$

Деформация  $\varepsilon(y, z) = -0.1542z + 0.1542y - 1.755, \quad \text{‰}$

Деформации бетона на контуре сечения

Максимальная деформация			Минимальная деформация		
$\varepsilon$	$\sigma$	T	$\varepsilon$	$\sigma$	T
[‰.]	[МПа]	[°C]	[‰.]	[МПа]	[°C]
4.41	0.00	918	-7.92	-0.63	918

Предельная деформация бетона

y	z	T	$\varepsilon_{b2}$	d	$\varepsilon_{b2} / d$
[см]	[см]	[°C]	[‰.]	[м]	[1/м]
-8.51	8.51	98	-4.38	0.201	-0.02181

y, z - координаты точки, в которой достигается предельная деформация с учетом температуры  
d - расстояние от нейтральной линии до точки (y, z)

Деформации арматуры

Максимальная деформация			Минимальная деформация		
$\varepsilon$	$\sigma$	T	$\varepsilon$	$\sigma$	T
[‰.]	[МПа]	[°C]	[‰.]	[МПа]	[°C]
3.18	261.8	533	-6.69	-209.4	533

Усилия

	N	$M_y$	$M_z$
	[кН]	[кНм]	[кНм]
в бетоне	1307.02	59.17	59.17
в арматуре	115.14	23.69	23.69
суммарные	1422.17	82.86	82.86

**Огнестойкость обеспечена**

Расчет выполнен модулем t450 программы СТАТИКА 2021 © ООО Техсофт