

451 – Расчет по огнестойкости (сталежелезобетонное сечение)



Программа предназначена для расчёта по огнестойкости элементов сталежелезобетонных конструкций согласно СП 468.1325800.2019, СП 63.13330.2018, СП 16.13330.2017, СП 266.1325800.2016. Температурное поле в бетонном сечении элемента при огневом воздействии определяется путем решения задачи нестационарной теплопроводности с учетом зависимости теплофизических характеристик бетона от температуры. Предельные усилия вычисляются на основе диаграмм деформирования сжатого бетона, арматуры и конструкционной стали. Рассматриваются железобетонные элементы прямоугольного сечения с жесткой арматурой в виде двутавра или крестообразно соединенных четырёх тавров.

Сечение

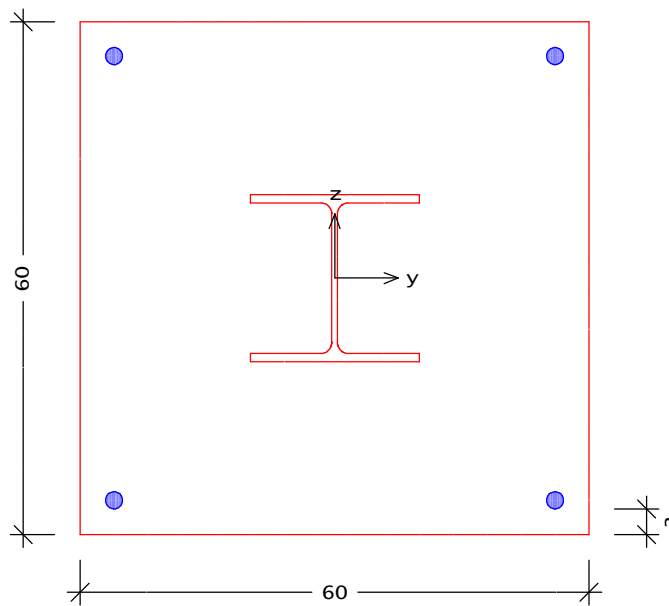
Ширина сечения $b = 60.0$ см
 Высота сечения $h = 60.0$ см

Арматура

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

Профиль

Двутавр 20К1 ГОСТ Р 57837-2017
 Ширина $b = 199$ мм
 Высота $h = 196$ мм
 Толщина полок $t = 10.0$ мм
 Толщина стенки $s = 6.5$ мм

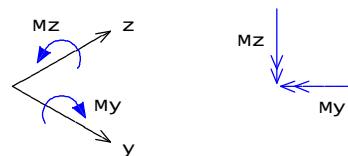


Усилия

Относительно центральных осей бетонного сечения

№	N [кН]	M_y [кНм]	M_z [кНм]
1	2500.0	300.0	

Положительные направления моментов



Расчет

Согласно СП 468.1325800.2019, СП 63.13330.2018, СП 266.1325800.2016

Применяется метод расчета согласно СП 468, 8.6

Изменение температуры среды при пожаре принимается согласно ГОСТ 30247.0-94

Бетон на силикатном заполнителе
 Плотность бетона $\rho = 2350$ кг/м³
 Бетон сухой

В 25 (тяжелый)

Продольная арматура

A500С марки 25Г2С

Сталь

С 355Б

Соппротивления при нормальной температуре

$R_{bn} = 18.50$ МПа
 $R_{sn} = 500$ МПа
 $R_{sc} = 400$ МПа
 $R_{yn} = 355$ МПа

Модули упругости при нормальной температуре

$E_b = 30.0$ ГПа
 $E_s = 200.0$ ГПа
 $E = 206.0$ ГПа

Изгибные жесткости при нормальной температуре

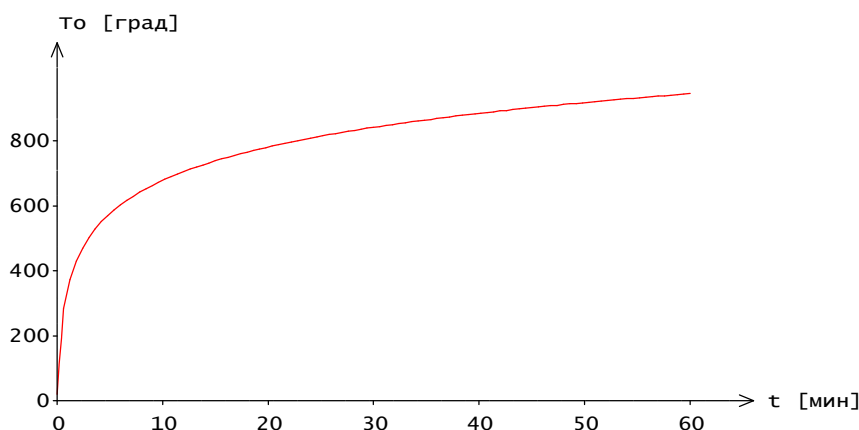
Плоскость изгиба	$E_b I_b$ [МНм ²]	$E_s I_s$ [МНм ²]	$E I_{st}$ [МНм ²]
Y	324.00	16.99	2.71
Z	324.00	16.99	7.92

Данные для учета прогиба колонны в плоскости Z

Длина колонны $l = 6.00$ м
 Случайный эксцентриситет $e_{az} = 20.0$ мм
 Расчетная длина $l_{0z} = 6.00$ м
 Эксцентриситет e_0 принимается не менее e_a

Проверка прочности при пожаре

Зависимость температуры среды от времени



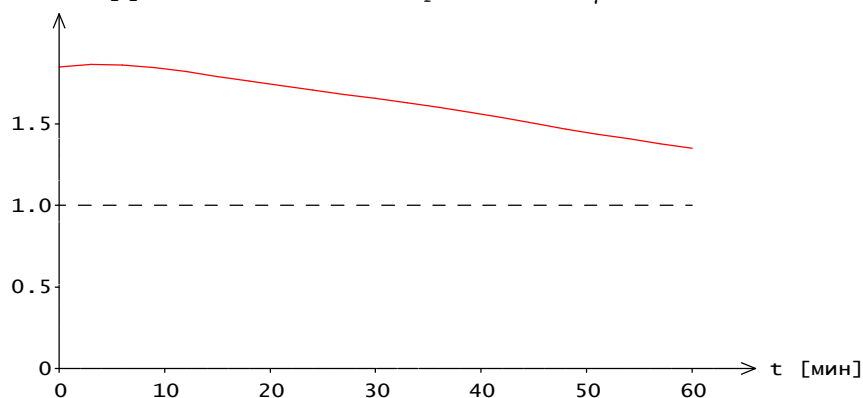
Нагрев всесторонний

Температура профиля принимается равной наибольшей температуре на контуре профиля

Коэффициент
запаса прочности

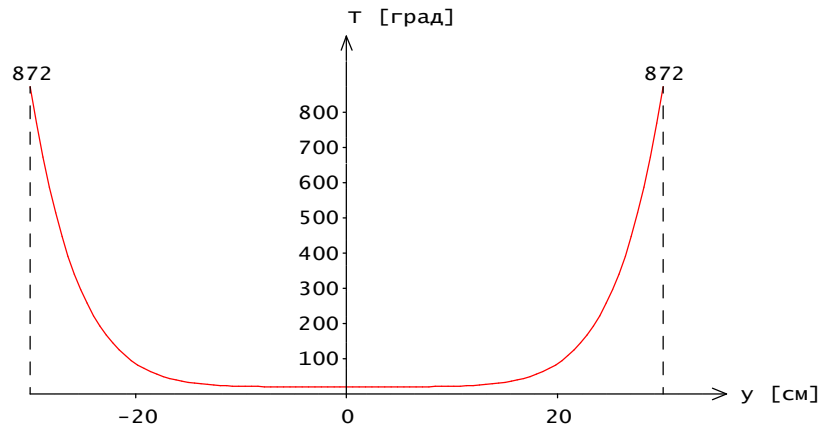
t [мин]	T среды [°C]	γ_u
0	20	1.848
3	502	1.865
6	603	1.861
9	663	1.847
12	705	1.822
15	739	1.792
18	766	1.764
21	789	1.736
24	809	1.707
27	826	1.683
30	842	1.658
33	856	1.630
36	869	1.602
39	881	1.573
42	892	1.540
45	902	1.504
48	912	1.470
51	921	1.439
54	930	1.409
57	938	1.380
60	945	1.353

Коэффициент запаса прочности γ_u

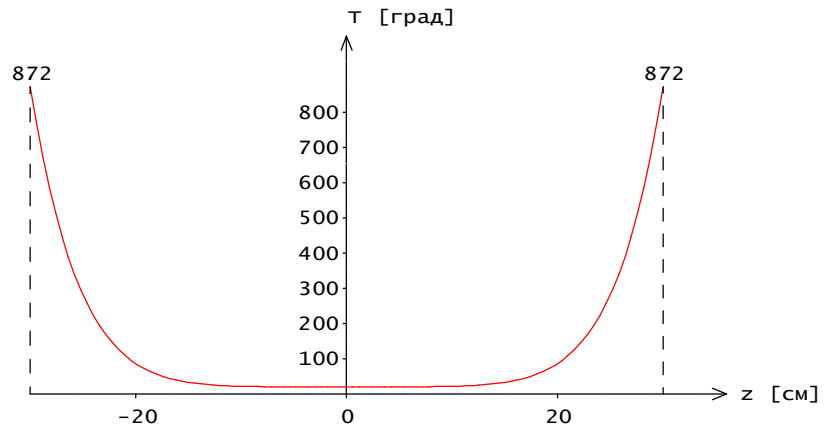


Температурное поле при t = 60 мин

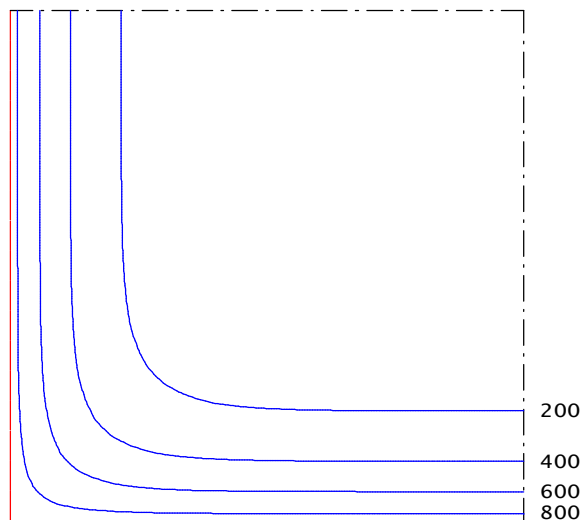
Температура T на оси y



Температура T на оси z



Изотермы



Параметры диаграммы для стали	Температура, сопротивление, модуль упругости				
	T [°C]	γ_{st} [-]	β_{st} [-]	R_{ynt} [МПа]	E_t [ГПа]
	24	1.000	1.000	355.0	206.0
	$R_{ynt} = \gamma_{st} R_{yn}, E_t = \beta_{st} E$				
	γ_{st}, β_{st} принимаются по EN 1994-1-2, Table 3.2				

Проверка прочности для сочетания усилий 1

Расчетные моменты с учетом случайного эксцентриситета и прогиба

Пл.	M [кНм]	δ_e [-]	D_b [МНм ²]	D_s [МНм ²]	D_{st} [МНм ²]	D [МНм ²]	N_{cr} [кН]	η [-]	ηM [кНм]
Y	0.0							1.00	0.0
Z	300.0	0.200	164.966	13.422	7.923	35.975	9863	1.34	401.9

Примечание. $D = 0.15 / [\varphi_1 (0.3 + \delta_e)] 0.85 D_b + 0.7 (D_s + D_{st}), \varphi_1 = 2.0$
 $D_b = \sum \beta_{b,i} E_b I_{b,i}, D_s = \sum \beta_{s,i} E_s I_{s,i}, D_{st} = \beta_{st} E I$

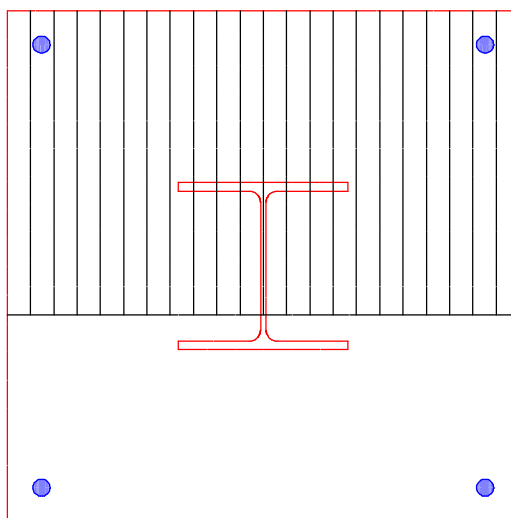
 Предельные усилия $N_u = \gamma_u N, M_{yu} = \gamma_u M_y, M_{zu} = \gamma_u M_z$

N [кН]	M_y [кНм]	M_z [кНм]	N_u [кН]	M_{yu} [кНм]	M_{zu} [кНм]	γ_u
2500.0	401.9	0.0	3381.3	543.5	0.0	1.353

Нейтральная линия

y_1 [см]	z_1 [см]	y_2 [см]	z_2 [см]
-30.00	-5.71	30.00	-5.71

Сжатая зона при действии предельных усилий


 Кривизны $k_y / k_z = -0.01640 / 0.00000$ 1/м

Деформация

 $\varepsilon(y, z) = -0.1640z - 0.937, \text{‰}$

Деформации бетона на контуре сечения

Максимальная деформация			Минимальная деформация		
ε [‰]	σ [МПа]	T [°C]	ε [‰]	σ [МПа]	T [°C]
3.98	0.00	918	-5.86	-0.47	918

Предельная деформация бетона

y [см]	z [см]	T [°C]	ε_{b2} [‰]	d [м]	ε_{b2}/d [1/м]
0.00	19.09	70	-4.07	0.248	-0.01640

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		
	ϵ [%.]	σ [МПа]	T [°C]	ϵ [%.]	σ [МПа]	T [°C]
	3.33	261.8	533	-5.20	-209.4	533

Деформации стали	Максимальная деформация			Минимальная деформация		
	ϵ [%.]	σ [МПа]	T [°C]	ϵ [%.]	σ [МПа]	T [°C]
	0.67	138.0	24	-2.54	-355.0	24

Усилия	N	M_y	M_z
	[кН]	[кНм]	[кНм]
в бетоне	2745.56	369.72	0.00
в арматуре	-32.90	76.98	0.00
в стали	668.62	96.83	0.00
суммарные	3381.29	543.53	0.00

Огнестойкость обеспечена

Расчет выполнен модулем t451 программы СТАТИКА 2021 © ООО Техсофт