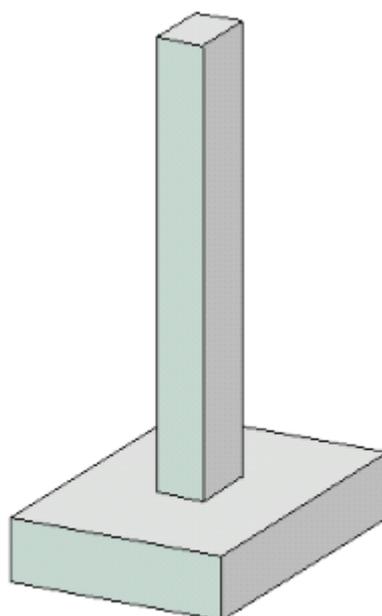


t412 – Расчет сталежелезобетонной колонны по огнестойкости



Программа предназначена для расчёта по огнестойкости одноярусной сталежелезобетонной колонны согласно СП 468.1325800.2019 «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности», СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования».

Усилия в колонне определяются при помощи линейного или нелинейного расчета по деформированной или недеформированной схеме. Температурное поле в сечении колонны при огневом воздействии определяется путем решения задачи нестационарной теплопроводности с учетом зависимости теплофизических характеристик бетона от температуры. Проверка прочности при действии продольной силы и изгибающих моментов производится на основе диаграмм деформирования сжатого бетона, арматуры и конструкционной стали с учетом коэффициентов условий работы, зависящих от температуры.

Расчетная схема

Длина колонны $l = 6.00$ м

Закрепления

	В плоскости Y	В плоскости Z
Вверху	шарнирное	шарнирное
Внизу	шарнирное	шарнирное

Сечение

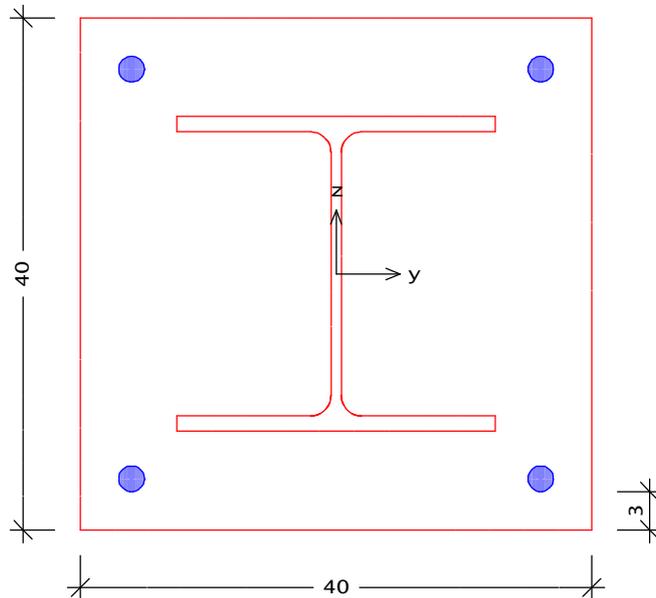
Ширина $b = 40.0$ см
 Высота $h = 40.0$ см

Арматура

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

Профиль

Двутавр 25К1 ГОСТ Р 57837-2017
 Ширина $b = 249$ мм
 Высота $h = 246$ мм
 Толщина полок $t = 12.0$ мм
 Толщина стенки $s = 8.0$ мм



Нагрузки

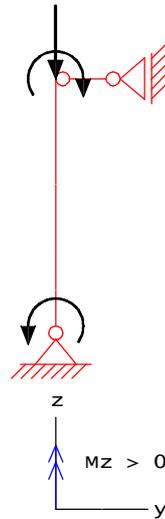
Относительно центральных осей бетонного сечения

Вертикальная сила $V = 1000.0$ кН

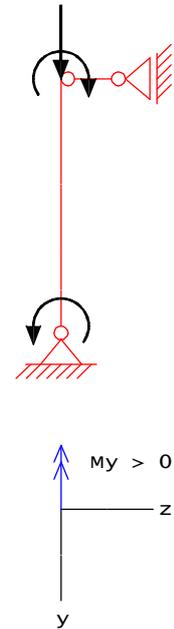
Горизонтальные силы и моменты

	H_y [кН]	H_z [кН]	M_y [кНм]	M_z [кНм]
Вверху			50.0	50.0
Внизу			-50.0	-50.0

В ПЛОСКОСТИ Y



В ПЛОСКОСТИ Z



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 $\rho = 2300$ кг/м³
Бетон сухой

Продольная арматура А500

Сталь С 375

Сопротивления при нормальной температуре
 $R_{b n} = 18.50$ МПа
 $R_{s n} = 500$ МПа
 $R_{s c} = 400$ МПа
 $R_{y n} = 355$ МПа

Модули упругости при нормальной температуре
 $E_b = 30.0$ ГПа
 $E_s = 200.0$ ГПа
 $E = 206.0$ ГПа

Расчет усилий по деформированной схеме проводится для плоскостей Y и Z

Линейный расчет усилий в колонне при нормальной температуре

Жесткости приведенного сечения $D_y = 88.8$ МНм²
 $D_z = 76.8$ МНм²

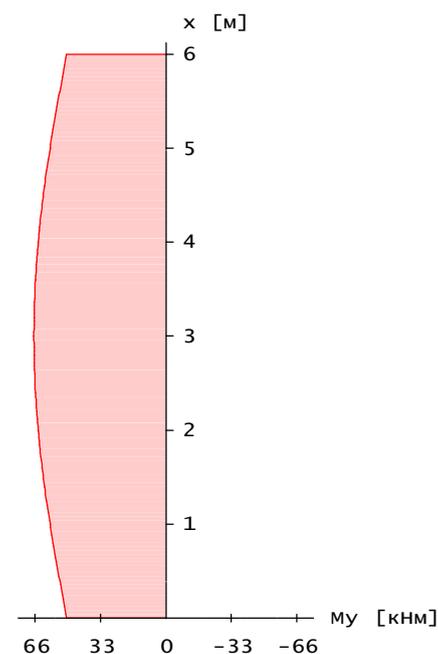
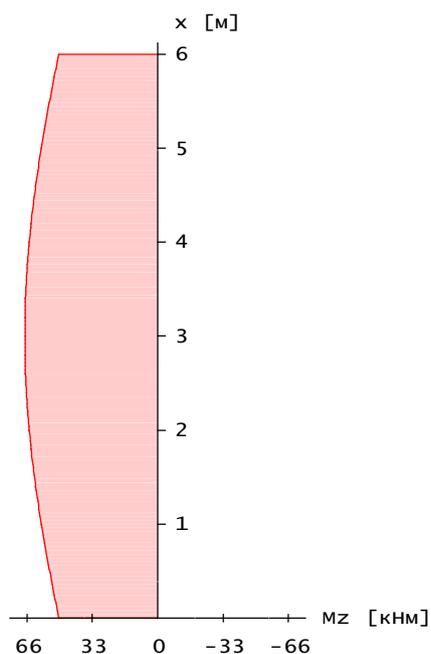
Начальные прогибы, суммарные прогибы и моменты

x [м]	$W_y 0$ [см]	$W_z 0$ [см]	W_y [см]	W_z [см]	M_y [кНм]	M_z [кНм]
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.0	50.0
5.80	-0.14	-0.14	-0.19	-0.18	51.8	51.9
5.60	-0.28	-0.28	-0.37	-0.35	53.5	53.7
5.40	-0.41	-0.41	-0.54	-0.52	55.2	55.4
5.20	-0.54	-0.54	-0.71	-0.69	56.9	57.1
5.00	-0.67	-0.67	-0.87	-0.84	58.4	58.7
4.80	-0.78	-0.78	-1.02	-0.99	59.9	60.2
4.60	-0.89	-0.89	-1.16	-1.12	61.2	61.6
4.40	-0.99	-0.99	-1.28	-1.24	62.4	62.8
4.20	-1.08	-1.08	-1.39	-1.35	63.5	63.9
4.00	-1.15	-1.15	-1.49	-1.44	64.4	64.9
3.80	-1.22	-1.22	-1.56	-1.52	65.2	65.7
3.60	-1.27	-1.27	-1.63	-1.58	65.8	66.3
3.40	-1.30	-1.30	-1.67	-1.62	66.2	66.7
3.20	-1.33	-1.33	-1.70	-1.65	66.5	67.0
3.00	-1.33	-1.33	-1.71	-1.65	66.6	67.1
2.80	-1.33	-1.33	-1.70	-1.65	66.5	67.0
2.60	-1.30	-1.30	-1.67	-1.62	66.2	66.7
2.40	-1.27	-1.27	-1.63	-1.58	65.8	66.3
2.20	-1.22	-1.22	-1.56	-1.52	65.2	65.7
2.00	-1.15	-1.15	-1.49	-1.44	64.4	64.9
1.80	-1.08	-1.08	-1.39	-1.35	63.5	63.9
1.60	-0.99	-0.99	-1.28	-1.24	62.4	62.8
1.40	-0.89	-0.89	-1.16	-1.12	61.2	61.6
1.20	-0.78	-0.78	-1.02	-0.99	59.9	60.2
1.00	-0.67	-0.67	-0.87	-0.84	58.4	58.7
0.80	-0.54	-0.54	-0.71	-0.69	56.9	57.1
0.60	-0.41	-0.41	-0.54	-0.52	55.2	55.4
0.40	-0.28	-0.28	-0.37	-0.35	53.5	53.7
0.20	-0.14	-0.14	-0.19	-0.18	51.8	51.9
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.0	50.0

Моменты

в плоскости Y

в плоскости Z



Проверка прочности колонны при пожаре

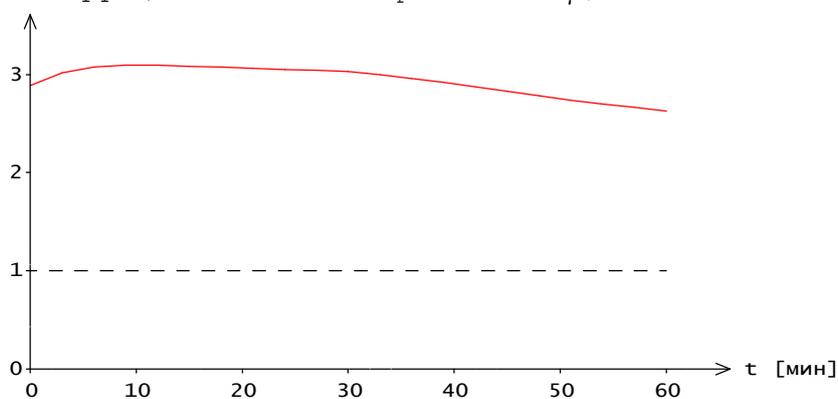
Нагрев всесторонний

Расчетные усилия

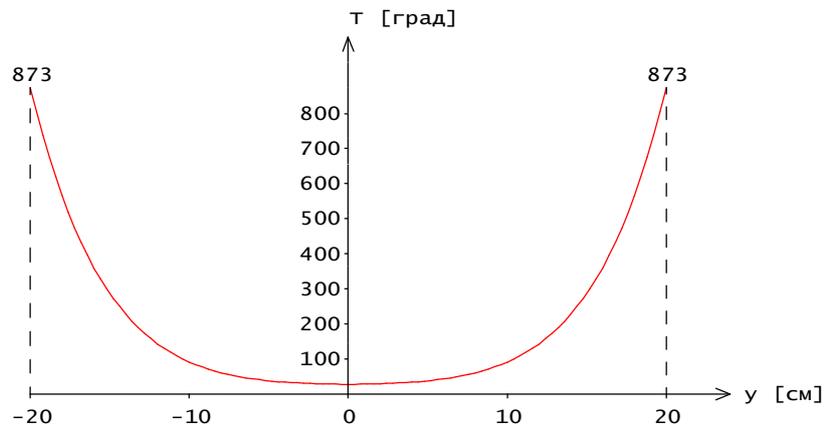
N [кН]	M_y [кНм]	M_z [кНм]
1000.0	66.6	67.1

 Коэффициент
запаса прочности

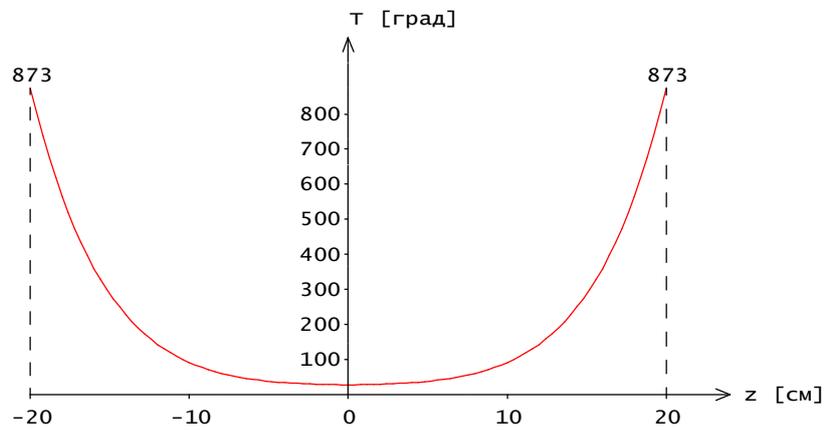
t [мин]	T среды [°C]	γ_u
0	20	2.886
3	502	3.016
6	603	3.076
9	663	3.093
12	705	3.092
15	739	3.083
18	766	3.073
21	789	3.061
24	809	3.051
27	826	3.041
30	842	3.029
33	856	3.000
36	869	2.959
39	881	2.921
42	892	2.876
45	902	2.828
48	912	2.783
51	921	2.740
54	930	2.699
57	938	2.664
60	945	2.627

 Коэффициент запаса прочности γ_u

Температурное поле при t = 60 мин

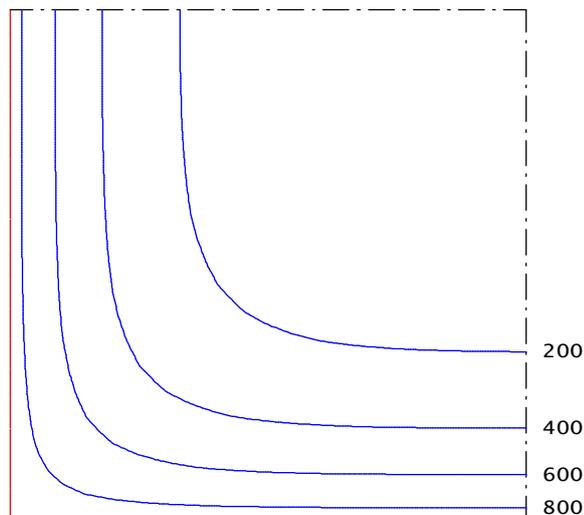
Температура T на оси y



Температура T на оси z



Изотермы



Температура, сопротивление, модуль упругости

Параметры диаграммы для стали

T	γ_{st}	β_{st}	R_{ynt}	E_t
[°C]	[-]	[-]	[МПа]	[ГПа]
251	1.000	0.849	355.0	175.0

$R_{ynt} = \gamma_{st} R_{yn}$, $E_t = \beta_{st} E$
 γ_{st} , β_{st} принимаются по EN 1994-1-2, Table 3.2

Нелинейный расчет усилий в колонне при t = 60 мин

Погрешность расчета $\varepsilon = 0.16 \%$

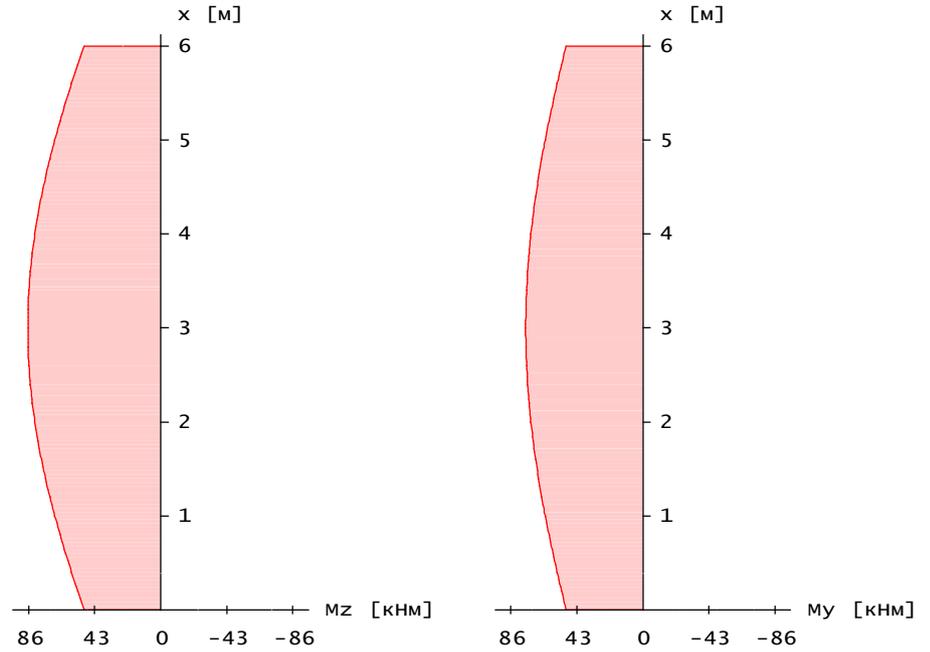
Начальные прогибы, суммарные прогибы и моменты

x	w_{y0}	w_{z0}	w_y	w_z	M_y	M_z
[м]	[см]	[см]	[см]	[см]	[кНм]	[кНм]
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.0	50.0
5.80	-0.14	-0.14	-0.42	-0.29	52.9	54.1
5.60	-0.28	-0.28	-0.82	-0.58	55.8	58.1
5.40	-0.41	-0.41	-1.20	-0.85	58.5	62.0
5.20	-0.54	-0.54	-1.56	-1.11	61.1	65.6
5.00	-0.67	-0.67	-1.91	-1.36	63.6	69.0
4.80	-0.78	-0.78	-2.22	-1.59	65.9	72.2
4.60	-0.89	-0.89	-2.51	-1.79	67.9	75.1
4.40	-0.99	-0.99	-2.78	-1.98	69.8	77.7
4.20	-1.08	-1.08	-3.01	-2.15	71.5	80.0
4.00	-1.15	-1.15	-3.21	-2.29	72.9	82.0
3.80	-1.22	-1.22	-3.37	-2.41	74.1	83.6
3.60	-1.27	-1.27	-3.50	-2.50	75.0	84.9
3.40	-1.30	-1.30	-3.59	-2.57	75.7	85.9
3.20	-1.33	-1.33	-3.65	-2.61	76.1	86.4
3.00	-1.33	-1.33	-3.67	-2.62	76.2	86.6
2.80	-1.33	-1.33	-3.65	-2.61	76.1	86.4
2.60	-1.30	-1.30	-3.59	-2.57	75.7	85.9
2.40	-1.27	-1.27	-3.50	-2.50	75.0	84.9
2.20	-1.22	-1.22	-3.37	-2.41	74.1	83.6
2.00	-1.15	-1.15	-3.21	-2.29	72.9	82.0
1.80	-1.08	-1.08	-3.01	-2.15	71.5	80.0
1.60	-0.99	-0.99	-2.78	-1.98	69.8	77.7
1.40	-0.89	-0.89	-2.51	-1.79	67.9	75.1
1.20	-0.78	-0.78	-2.22	-1.59	65.9	72.2
1.00	-0.67	-0.67	-1.91	-1.36	63.6	69.0
0.80	-0.54	-0.54	-1.56	-1.11	61.1	65.6
0.60	-0.41	-0.41	-1.20	-0.85	58.5	62.0
0.40	-0.28	-0.28	-0.82	-0.58	55.8	58.1
0.20	-0.14	-0.14	-0.42	-0.29	52.9	54.1
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.0	50.0

Моменты

В ПЛОСКОСТИ Y

В ПЛОСКОСТИ Z



Расчетные усилия

N [кН]	M_y [кНм]	M_z [кНм]
1000.0	76.2	86.6

Проверка прочности

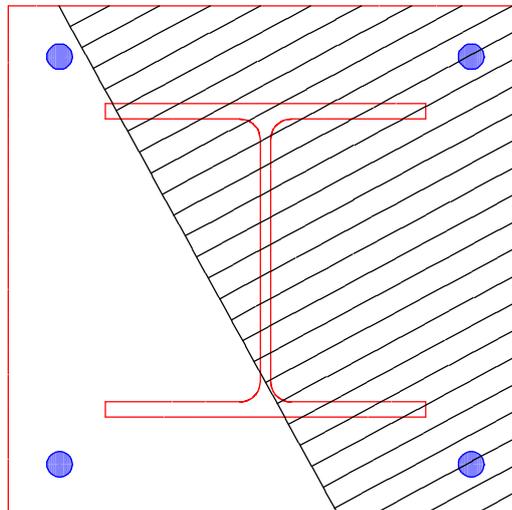
Предельные усилия $N_u = \gamma_u N$, $M_{yu} = \gamma_u M_y$, $M_{zu} = \gamma_u M_z$

N [кН]	M_y [кНм]	M_z [кНм]	N_u [кН]	M_{yu} [кНм]	M_{zu} [кНм]	γ_u
1000.0	76.2	86.6	2253.9	171.8	195.2	2.254

Нейтральная линия

y_1 [см]	z_1 [см]	y_2 [см]	z_2 [см]
-16.06	20.00	5.68	-20.00

Сжатая зона при действии предельных усилий



Кривизны $\kappa_y / \kappa_z = -0.01301 / -0.02394 \quad 1/\text{м}$

Деформация $\varepsilon(y, z) = -0.1301z - 0.2394y - 1.242, \text{ ‰}$

Деформации бетона на контуре сечения

Максимальная деформация			Минимальная деформация		
ε [‰]	σ [МПа]	T [°C]	ε [‰]	σ [МПа]	T [°C]
6.15	0.00	919	-8.63	-0.69	919

Пределная деформация бетона

y [см]	z [см]	T [°C]	ε_{b2} [‰]	d [м]	ε_{b2}/d [1/м]
9.67	7.91	111	-4.59	0.168	-0.02724

y, z - координаты точки, в которой достигается пределная 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]
4.67	256.2	538	-7.15	-205.0	538

Деформации стали

Максимальная деформация			Минимальная деформация		
ε [‰]	σ [МПа]	T [°C]	ε [‰]	σ [МПа]	T [°C]
3.34	355.0	251	-5.82	-355.0	251

Усилия

	N [кН]	M_y [кНм]	M_z [кНм]
в бетоне	1128.09	38.58	81.84
в арматуре	23.21	8.87	37.50
в стали	1102.58	124.39	75.87
суммарные	2253.88	171.84	195.21

Огнестойкость колонны обеспечена

Расчет выполнен модулем t412 программы СТАТИКА 2021 © ООО Техсофт