

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра производственной безопасности и права**

**ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**

**Казань  
2013**

УДК 699.81  
ББК

Оценка огнестойкости металлических конструкций: Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Сост.: Р.А. Хузиахметов. Казань: КГАСУ, 2013. – 16 с.

В данных методических указаниях приведены методика расчета огнестойкости металлических конструкций на основе данных, полученных при выполнении лабораторной работы по определению пределов воспламенения газоздушных смесей. Представлены многовариантные индивидуальные задания расчета огнестойкости металлических колонн промышленных зданий.

Методические указания также могут использоваться при курсовом и дипломном проектировании.

Рецензент  
к.т.н. проф. Г.А.Имайкин

УДК  
ББК .....

© Казанский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2012г.

© Хузиахметов Р.А.

## ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

**Цель занятия:** Изучение методики расчета огнестойкости металлических конструкций

**Задачи занятия:** 1. Изучение и практическое освоение методики расчета температур в сечениях металлических конструкций.  
2. Расчет огнестойкости металлических колонн.  
3. Оценка огнестойкости строительных конструкций.

### Общие положения

Температура незащищенных металлических стержней в процессе нагрева принимается одинаковой по всему периметру сечения вследствие большой величины температуропроводности металла.

Для отдельных незащищенных конструкций время их прогрева в условиях пожара до критических температур можно определить с помощью графика (рис. 1), предварительно вычислив значения приведенной толщины стенки, металлического стержня  $\delta_{np}$  по формуле :

$$\delta_{np} = \frac{A}{\Pi}, \quad (1)$$

где  $A$  - площадь поперечного сечения стержня, см ;  
 $\Pi$  - обогреваемая часть периметра сечения, см.

Критическая температура определяется по графикам на рис.2 по известным величинам коэффициента потери прочности ( $\gamma_T$ ) и коэффициента потери устойчивости ( $\gamma_E$ ) нагретой конструкции

$$\gamma_T = \frac{N}{R_y} \left( \frac{e}{W} + \frac{1}{A} \right), \quad (2)$$

где  $N$  – продольная сила, т;  
 $W$  – момент сопротивления, см<sup>3</sup>;  
 $R_y$  – расчетное сопротивление, кг/см<sup>2</sup>;  
 $e$  – эксцентриситет, см;  
 $A$  – площадь сечения, см<sup>2</sup>.

$$\gamma_E = \frac{N l_{ef}^2}{\pi^2 E I_{min}}, \quad (3)$$

где  $l_{ef}$  – расчетная длина, см;  
 $E$  – модуль упругости материала, кг/см<sup>2</sup>;  
 $I_{min}$  – минимальный момент инерции, см<sup>4</sup>.

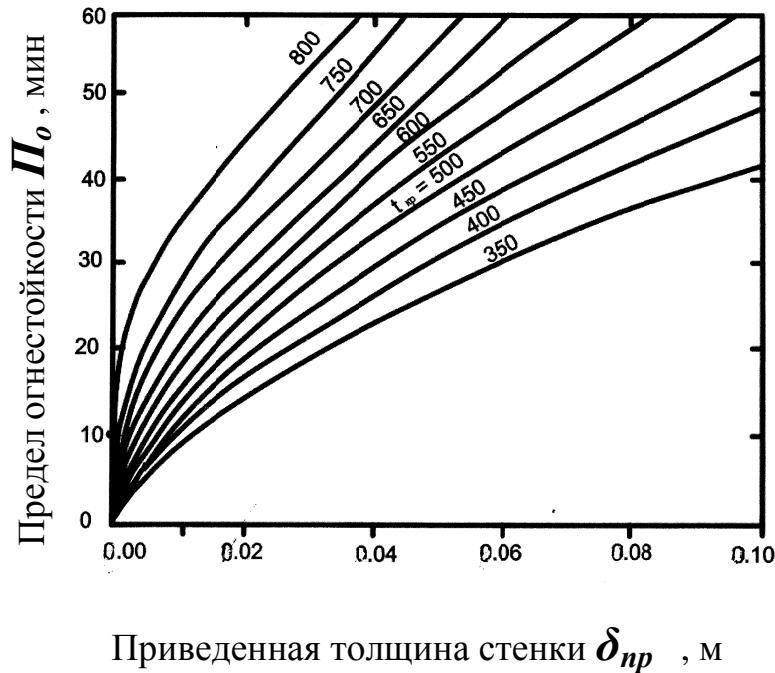


Рис.1. Пределы огнестойкости незащищенных металлических конструкций в зависимости от значений критической температуры и приведенной толщины стенки конструкции

Часто в проектной практике при оценке огнестойкости металлических конструкций они не соответствуют нормативным требованиям (Федеральному Закону 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений»). В этом случае возникает необходимость повышения огнестойкости конструкций. Одним из возможных решений является облицовка неогнестойких элементов здания негорючими материалами. У облицованных металлических конструкций температура стержня зависит не только от размеров его сечения, но также от толщины и вида облицовки.

В сечениях облицованных металлических конструкций при прогреве в условиях пожара развиваются двухмерные температурные поля, инженерный расчет которых представляет большие трудности, однако они могут быть устранены путем представления двухмерного поля как результата наложения

друг на друга двух одномерных температурных полей неограниченных пластин.

Это позволяет привести сечения стержня конструкции сложной конфигурации (двутавровой, коробчатой, швеллерной и др.) к сечению пластины, эквивалентной по тепловым качествам в условиях пожара заданным сложным сечением. Графики для определения пределов огнестойкости облицованных стержней прямоугольного, круглого (сплошных, пустотелых), а также двутаврового сечения представлены на рис.3.

Для их использования необходимо предварительно определить приведенную толщину стальной пластины  $\delta_{x(y)}$ , эквивалентной по своим тепловым свойствам соответствующему сложному сечению металлической конструкции.

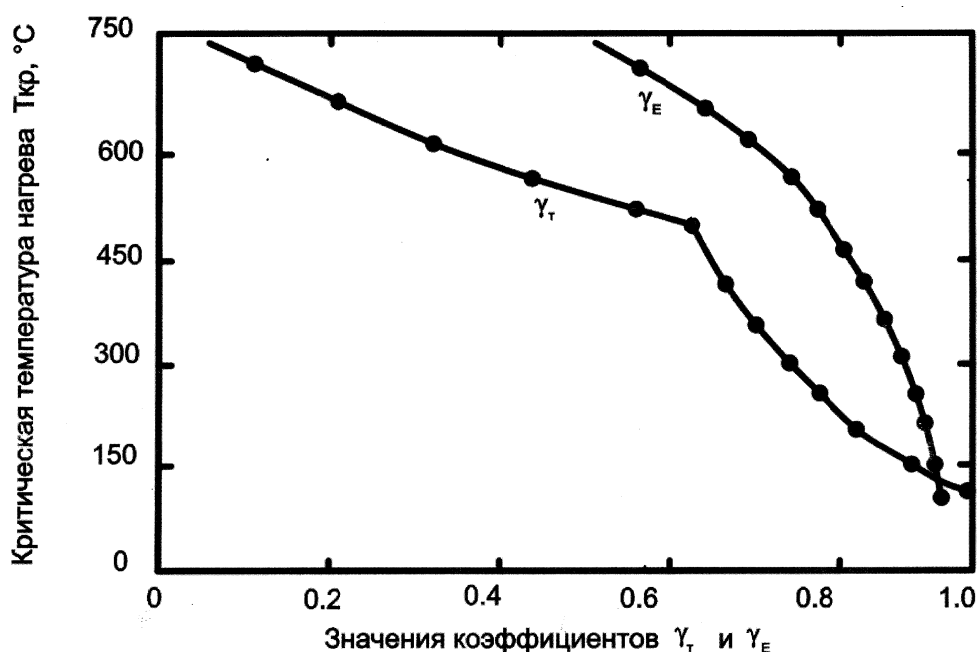


Рис.2. Изменение значений критической температуры металлических конструкций в зависимости от величины коэффициентов  $\gamma_T$  и  $\gamma_E$ .

Приведенная толщина пластины прямоугольного сечения определяется по формуле

$$\delta_{x(y)} = \frac{\delta_{np,x} b + \delta_{np,y} a}{a + b}, \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  – размеры поперечного сечения, мм;  
 $\delta_{np,x}$ ;  $\delta_{np,y}$  – приведенные толщины пластин по осям  $x$  и  $y$ .

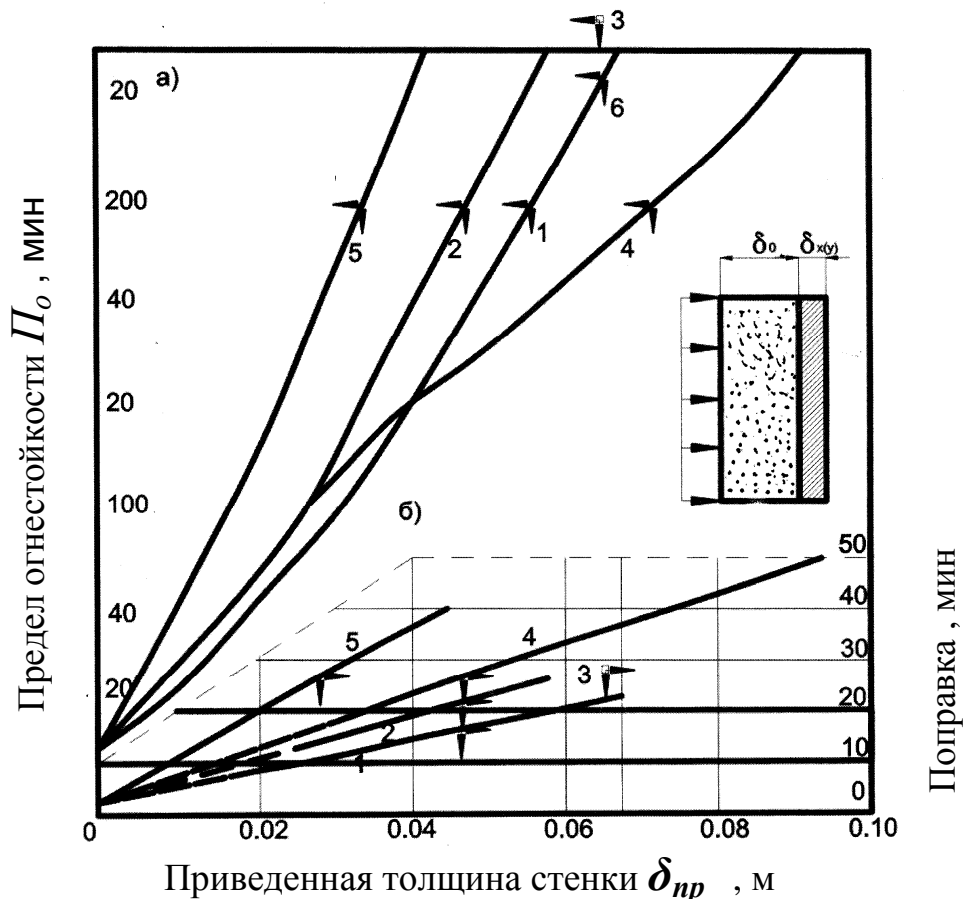


Рис.3. Графики для определения пределов огнестойкости облицованных стальных конструкций в зависимости от материала облицовки и ее толщины (в учебных целях без уточнения  $T_{кр}$ ):

- а) при значениях приведенной таблицы стальной пластины  $\delta_{x(y)}=10$  мм;
- б) поправка к значению предела огнестойкости при  $\delta_{x(y)}=5; 10; 15; 20$  мм;
- 1 - облицовка из бетона на известняковом цементе;
- 2 - облицовка из цементно-песчаной штукатурки;
- 3 - облицовка из силикатного кирпича;
- 4 - облицовка из минераловатных плит;
- 5 - облицовка из асбестового картона;
- 6 - облицовка из красного кирпича

$$\delta_{np,x} = \delta_x \frac{b - \delta_y}{b + \delta_0} - 0,25 \frac{c \rho}{C_{CT} \rho_{CT}} \cdot \frac{\delta_0^2}{b - \delta_0}, \quad (5)$$

$$\delta_{np,y} = \delta_y \frac{b - \delta_x}{b + \delta_0} - 0,25 \frac{c \rho}{C_{CT} \rho_{CT}} \cdot \frac{\delta_0^2}{a - \delta_0}, \quad (6)$$

где  $c$  – начальный коэффициент теплоемкости облицовки,  
 $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$

$\rho$  – объемный вес сухой облицовки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_{CT}$  – объемный вес металла,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\delta_x, \delta_y$  – толщина стенок сечения, см;

$\delta_0$  – толщина облицовки, см.  $t_f$

Приведенная толщина пластины для круглого сечения определяется по формуле

$$\delta_{x(y)} = \delta_c \frac{d_H - \delta_{CT}}{d_H + \delta_0} - 0,25 \frac{c \rho}{C \rho_{CT}} \cdot \frac{\delta_0^2}{d_H - \delta_0}, \quad (7)$$

где  $d_H$  – наружный диаметр сечения, мм;

$\delta_{CT}$  – толщина стенки, мм.

Приведенная толщина двутаврового сечения полки

$$\delta_{x(y)} = \frac{t_f}{2}; \quad (8)$$

стенки

$$\delta_{x(y)} = 0,5 t_w \cdot \frac{h - 1,5 t_f}{h - 2 t_f - \delta_0} - 0,25 \frac{c \rho}{C_{CT} \rho_{CT}} \cdot \frac{\delta_0^2}{h - 2 t_f - \delta_0}; \quad (9)$$

где  $C_{CT}$  – коэффициент теплоемкости стали,  $\text{ккал}/\text{кг} \cdot \text{град}$ ;

$t_f$  – толщина полки двутавра, см;

$t_w$  – толщина стенки двутавра, см;

$h$  – высота двутавра, см.

## Задание

Определить предел огнестойкости металлической внецентренно-сжатой колонны, запроектированной для здания I степени огнестойкости. Тип колонны двутавр, сталь марки 18Гсп, расчетное сопротивление  $R_H = 2350 \text{ кг/см}^2$ .

Данные к расчету берутся из таблицы 1 по варианту, номер которого выдает преподаватель.

Таблица 1

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{ef}$ , м	4,2	4,2	4,5	4,5	4,8	4,8	5,0	4,8	5,4	5,4
$N$ , м	35	30	45	40	45	50	55	60	55	60
$M$ , т·м	5	6	7	8	9	10	13	12	15	16
$N_{двут}$ ( $h$ , см)	33	33	36	36	40	40	45	45	50	50
$I_{min}$ , см <sup>4</sup>	419	419	516	516	667	667	808	808	1043	1043
$A$ , см <sup>2</sup>	53,8	53,8	61,9	61,9	72,6	72,6	84,7	84,7	100	100
$W$ , см <sup>3</sup>	597	597	743	743	953	953	1231	1231	1589	1589
$b$ , мм	140	140	145	145	155	155	160	160	170	170
$t_f$ , мм	11,2	11,2	12,3	12,3	13,0	13,0	14,2	14,2	15,2	15,2
$t_w$ , мм	7,0	7,0	7,5	7,5	8,3	8,3	9,0	9,0	10,0	10,0
$\delta_0$ , мм	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

Условные обозначения:  $N_{двут}$  – номер двутавра;  $h$  – высота двутавра

### Порядок расчета

1. Определение коэффициента потери прочности нагретой колонны по формуле (2).
2. Определение коэффициента потери устойчивости нагретой колонны по формуле (3).



3. Определение критической температуры, как наименьшей величины из двух найденных по графикам рис. 2 по значениям  $\gamma_T$  и  $\gamma_E$ .

4. Вычисление приведенной толщины стенки сечения колонны по формуле (1).

5. Определение предела огнестойкости  $P_{\phi}$  колонны по графикам рис. 1.

6. Сравнение  $P_{\phi}$  с нормируемым пределом огнестойкости для здания III степени огнестойкости по Федеральному Закону 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» ( см. Приложение).

Если найденный предел огнестойкости  $P_{\phi}$  не удовлетворяет нормативным требованиям, то принимаем решение запроектировать защиту колонны в виде цементно-песчанной штукатурки.

7. Определение приведенной толщины пластин по осям  $x$  и  $y$ . эквивалентных по скорости прогрева принятой конструкции колонны по формулам (8) и (9).

8. По графику рис. 3а (кривая 2) определяется предел огнестойкости колонны, имеющей  $\delta_x = 10$ мм при соответствующей толщине облицовки  $\delta_0$  (по заданию)  $P_{\phi}^{\delta_x=10}$ .

9. По графику рис. 3б (кривая 2) определяем поправку  $\Delta\tau$  к полученному значению  $P_{\phi}$ , т.к. у рассчитываемой конструкции  $\delta_x$  может быть равна не 10 мм. Из двух полученных значений для полки и стенки следует принимать приведенную величину того элемента сечения, который обеспечивает огнестойкость в первую очередь.

10. Искомые значения предела огнестойкости облицованной колонны равны

$$P_{\phi} = P_{\phi}^{\delta_x=10} - \Delta\tau$$

11. Вывод.

### Пример расчета

Тип колонны – двутаврового сечения №33 ( $h = 33\text{см}$ ),  $I_{\min} = 419\text{ см}^4$ ,  
 $A = 53,8\text{ см}^2$ ,  $W_x = 597\text{ см}^3$ ,  $t_f = 1,12\text{см}$ ,  $t_w = 0,7\text{ см}$ ,  $b = 14\text{ см}$ .

Материал колонны – сталь марки 18 ГСП, расчетное сопротивление  $R_H = 2350\text{ кг/см}^2$ , коэффициент теплоемкости стали  $C_{CT} = 0,105\text{ ккал/кг·град}$  при  $\rho_{CT} = 7800\text{ кг/м}^3$ , модуль упругости  $E_H = 2,1 \cdot 10^6\text{ кг/см}^2$ .

Нагрузка на колонну – внецентренное сжатие,  $N = 30\text{ т}$ ,  $M = 7\text{ т*м}$ .  
Расчетная длина –  $l_{ef} = 4\text{м}$ .

### Решение

1. По формуле (2) определяем значение коэффициента потери прочности нагретой колонны:

$$\gamma_y = \frac{N}{R_y} \left( \frac{e}{W} + \frac{1}{A} \right) = \frac{30000}{2350} \left( \frac{23,33}{597} + \frac{1}{53,8} \right) = 0,74,$$

где

$$e = \frac{M}{N} = \frac{7}{30} = 0,2333\text{ м} = 23,33\text{ см}.$$

2. По формуле (3) определяем коэффициент потери устойчивости нагретой колонны

$$\gamma_E = \frac{N l_{ef}^2}{\pi^2 E I_{\min}} = \frac{30000 \cdot 400^2}{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 419} = 0,55 ,$$

3. Находим значение критической температуры данной колонны по рис. 2:

при  $\gamma_T = 0,74$  получаем  $T_{кр} = 350^\circ\text{C}$ ;

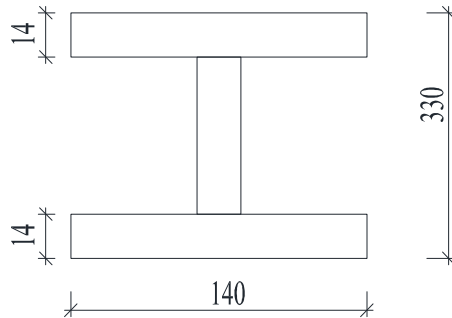
при  $\gamma_E = 0,55$  получаем  $T_{кр} = 730^\circ\text{C}$ .

За критическую температуру принимаем меньшее из выявленных значений критических температур, т. е.  $T_{кр} = 350^\circ\text{C}$ .

4. Определяем приведенную толщину сечения колонны по формуле (1)

$$\delta_{np} = \frac{A}{\Pi} = \frac{53,8}{14 \cdot 2 + (33 - 1,12 \cdot 2) \cdot 2 + 1,12 \cdot 4 + \left(\frac{14}{2} - 0,35\right) \cdot 4} =$$

$$= \frac{53,8}{120,6} = 0,45 \text{ см.}$$



5. По рис. 1 определяем предел огнестойкости колонны.

При  $T_{кр} = 350^\circ$  и  $E_{np} = 0,45 \text{ см} \cdot 0,045 \text{ м}$  имеем  $\Pi_{ср} = 25 \text{ мин.}$

6. По Федеральному Закону 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» нормируемый предел огнестойкости колонны для зданий I степени огнестойкости составляет  $\Pi_n = 120 \text{ мин.}$ , поэтому данная колонна не удовлетворяет требованиям огнестойкости.

В связи с этим необходимо произвести защиту колонны от воздействия огня. Для защиты колонны используем цементно-песчаную штукатурку (рис. 4) толщиной  $\delta_o = 40 \text{ мм}$  (коэффициент теплоемкости  $c = 0,184 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}$  при  $I_p = 1930 \text{ кг/м}^3$ ).

7. Определяем приведенную толщину пластин для двутаврового сечения по осям  $X$  и  $Y$  по формулам (8) и (9):

полка  $\delta_{x(y)} = \frac{t_f}{2} = \frac{1,12}{2} = 0,56 \text{ см} = 5,6 \text{ мм};$

стенка

$$\begin{aligned} \delta_{x(y)} &= 0,5t_w \frac{h-1,5t_f}{h-2t_f-\delta_0} - 0,25 \frac{c \rho}{C_{CT} \rho_{CT}} \cdot \frac{\delta_0^2}{h-2t_f-\delta_0} = \\ &= 0,5 \cdot 0,7 \cdot \frac{33-1,5-1,12}{33-21,12-4} - 0,25 \frac{0,184 \cdot 1930}{0,105 \cdot 7800} \cdot \frac{4^2}{33 \cdot 2 \cdot 1,12 \cdot 4} = \\ &= 0,33 \text{ см} = 3,3 \text{ мм}. \end{aligned}$$

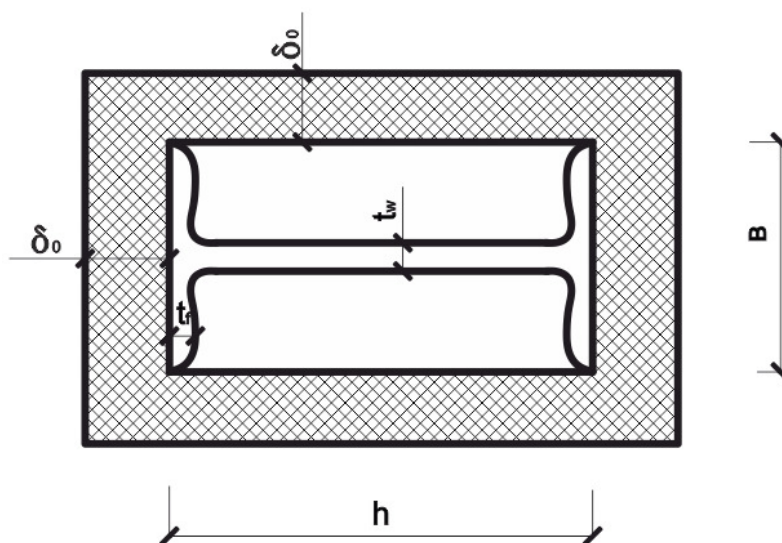


Рис. 4. Расчетная схема сечения защищенной колонны

8. Определяем предел огнестойкости сечения по рис. 3а (кривая 2), если бы приведенная толщина была  $\delta_{x(y)} = 10$  мм, то тогда при  $\delta_0 = 40$  мм имеем  $\Pi_{\phi}^{\delta=10\text{мм}} = 97$  мин.

По графику рис. 3б (кривая 2) определяем поправку к полученному значению, так как у заданной конструкции  $\delta_{x(y)}$  равна не 10 мм, а 5,6 мм для полки и 3,3 мм для стенки. Поправка определяется в два этапа:

- а) при  $\delta_0 = 40$  мм имеем  $\Delta\tau = 19$  мин;
- б) путем интерполяции определяем:

для полки (интервал делим на участки по  $\delta_{x(y)}=5\text{мм}$ )

для  $\delta_{x(y)} = 5,6$  мм

$$\Delta\tau = 19 \cdot \frac{(10-5,6)}{5} = 10,7 \text{ мин} \approx 11 \text{ мин};$$

для стенки (интервал делим на участки по  $\delta_{x(y)}=10\text{мм}$ )

для  $\delta_{x(y)}=3,3\text{ мм}$

$$\Delta\tau = 19 \cdot \frac{(10-3,3)}{10} = 12,7 \text{ мин} \approx 13 \text{ мин.}$$

9. Значение предела огнестойкости облицованной колонны

по полке:  $P_{\phi} = P_{\phi}^{\delta x=10} - \Delta\tau = 97 \text{ мин} - 11 \text{ мин} = 86 \text{ мин};$

по стенке  $P_{\phi} = P_{\phi}^{\delta x=10} - \Delta\tau = 97 \text{ мин} - 13 \text{ мин} = 84 \text{ мин.}$

10. За искомый предел огнестойкости принимаем  $P_y=84\text{ мин.}$

11. Нормируемый предел огнестойкости составляет  $P_H = 120\text{ мин}$ , что превышает  $P_{\phi} = 84\text{ мин}$ , поэтому необходимо увеличить толщину цементно – песчаной штукатурки до  $\delta_0 = 60\text{мм}$ .

12. Определяем приведенную толщину пластины двутаврового сечения:  
полка

$$\delta_{x(y)} = \frac{1,12}{2} = 0,56 \text{ см} = 5,6 \text{ мм};$$

стенка

$$\begin{aligned} \delta_{x(y)} &= 0,5 \cdot 0,7 \cdot \frac{33-1,5-1,12}{33-21,12-6} - 0,25 \frac{0,184 \cdot 1930}{0,105 \cdot 7800} \cdot \frac{6^2}{33 \cdot 2 \cdot 1,12 \cdot 6} = \\ &= 0,27 \text{ см} = 2,7 \text{ мм.} \end{aligned}$$

13. Определяем предел огнестойкости колонны по рис. 3а (кривая 2), если бы приведенная толщина была  $\delta_{x(y)} = 10\text{ мм}$ .

При  $\delta_0 = 60\text{ мм}$  имеем  $P_{\phi}^{\delta=10} = 160\text{ мин}$ .

14. По рис. 3б (кривая 2) определяем поправку:

а) при  $\delta_{x(y)} = 60\text{ мм}$  имеем  $\Delta\tau = 27\text{ мин};$

б) интерполяцией определяем:

Для полки (интервал делим на участки по  $\delta_{x(y)} = 5\text{ мм}$ ).

Для  $\delta_{x(y)} = 5,6$  мм

$$\Delta\tau = 27 \cdot \frac{(10 - 5,6)}{5} = 23,76 \text{ мин} \approx 24 \text{ мин.}$$

Для стенки (интервал делим на участки по  $\delta_{x(y)}=10$ мм)

Для  $\delta_{x(y)} = 2,24$  мм

$$\Delta\tau = 27 \cdot \frac{(10 - 2,7)}{10} = 19,7 \text{ мин} \approx 19 \text{ мин.}$$

16. Значение предела огнестойкости облицованной колонны по полке:

$$P_{\phi} = P_{\phi}^{\delta x=10} - \Delta\tau = 160 \text{ мин} - 27 \text{ мин} = 133 \text{ мин};$$

по стенке

$$P_{\phi} = P_{\phi}^{\delta x=10} - \Delta\tau = 160 \text{ мин} - 19 \text{ мин} = 141 \text{ мин.}$$

17. За искомый предел огнестойкости принимаем  $P_{\phi} = 133$  мин, что соответствует нормируемому значению предела огнестойкости колонны  $P_H = 120$  мин.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение приведенной толщины стенки незащищенного металлического стержня  $\delta_{пр}$ .
2. В зависимости от каких коэффициентов определяется критическая температура?
3. Каково распределение температуры в поперечном сечении металлического стержня при его нагреве?
4. Как и по каким коэффициентам определяется критическая температура нагретой конструкции?
5. Назовите способы повышения огнестойкости металлических конструкций.
6. Каким образом рассчитываются двухмерные температурные поля в поперечных сечениях облицованных металлических конструкций при прогреве в условиях пожара?
7. К сечению какой пластины и по каким свойствам (качествам) приводятся сечения стержня конструкции сложной конфигурации (двутаковой, коробчатой, швеллерной и др.)?
8. Как соотносятся друг с другом фактический и нормируемый пределы огнестойкости?

## Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный Закон № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г.
2. Комментарий к федеральному закону "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22 июля 2008г. № 123-ФЗ. Сальков О.А. (2009, 712с.)
3. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
4. Коптев Д.В., Орлов Г.Г., Булыгин В.И. и др. Безопасность труда в строительстве (Инженерные решения по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»): Учебное пособие. – М.: Изд. АСВ, 2003 г.
5. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. Ассоциация “Пожарная безопасность и наука”, 2001 г.
6. Белов С.В., Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / Под общ. ред. Белова С.В. 2-е изд., испр. и доп./ С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, Л.Л. Морозова, А.В. Ильницкая. – М.: Академия, 2007.
7. Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. / О.Н. Русак, К.Р. Малаян, Н.Г. Занько. – СПб.: Издательство «Лань», 2008.

## Приложение

Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков

Степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков	Предел огнестойкости строительных конструкций						
	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные ненесущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				Настилы (в том числе с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
<b>I</b>	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
<b>II</b>	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
<b>III</b>	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
<b>IV</b>	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
<b>V</b>	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

## СОДЕРЖАНИЕ

Цель занятия . . . . .	3
Задачи занятия . . . . .	3
Порядок расчета . . . . .	8
Общие положения . . . . .	3
Задания . . . . .	8
Пример . . . . .	10
Решение . . . . .	10
Литература . . . . .	15
Приложение . . . . .	15



Оценка огнестойкости металлических конструкций:  
Методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»

Редакция и корректура автора

Издательство

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать

Формат 60x84/16

Заказ

Бумага офсетная № 1

Усл.-печ.л.

Тираж экз.

Печать ризографическая

Уч.-изд.л.

---

Отпечатано в полиграфическом секторе

издательства КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1