



УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР
СТАЛЬНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА

Эффективность дифференцированного подхода к расчету толщин огнезащитных покрытий для стальных конструкций

Константин Калафат

Руководитель комитета по огнезащите

ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.

5.5 При впровадженні в практику будівництва будинків з конструктивними системами, для яких неможливо визначити ступінь вогнестійкості рішення щодо віднесення їх до певного ступеня вогнестійкості, слід приймати за результатами оцінювання вогнестійкості конструктивної системи будинку в цілому або частини такої конструктивної системи. Оцінювання вогнестійкості може бути проведено розрахунковими та експериментальними методами за стандартами, які відповідають європейським вимогам з проектування, або за методиками, розробленими з урахуванням вимог додатка В цих Норм або шляхом натурних вогневих випробувань фрагментів будинку або будинку в цілому за ДСТУ Б В.1.1-18.

В.1.1 Розрахунок вогнестійкості будівельних конструкцій має враховувати такі етапи:

- вибір відповідних проектних сценаріїв пожежі;
- визначення відповідних температурних режимів;
- розрахунок підвищення температури в будівельних конструкціях;
- розрахунок механічної роботи конструктивної системи в умовах пожежі.

Зазначені вище етапи наведено в ДБН В.1.2-7, ДСТУ-Н Б В.2.6-211, ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1995-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1996-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2 (Єврокодах 1-6, 9), які встановлюють загальні положення і методи розрахунку на вогнестійкість конструкцій із залізобетону, сталі, сталезалізобетону, деревини, каменю та алюмінію.

ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.

- определение огнестойкости незащищенных стальных элементов
- определение огнестойкости защищенных стальных элементов
- **определение критической температуры стальных элементов**

НОРМИРОВАНИЕ

ДСТУ Б В.1.1-17:2007 Защита от пожара. Огнезащитные покрытия для строительных несущих металлических конструкций. Метод определения огнезащитной способности (ENV 13381-4:2002, NEQ)

С 2008 года огнезащитная отрасль
Украины готова к
дифференцированному подходу
определения критической
температуры стальных элементов
здания

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ УкрСЕПРО

Серія ГС

ДОДАТОК 2
до сертифіката відповідності / свідчення про визнання
Призначення к сертифікату відповідності / свідченню про визнання

№ UA1.016.0027947-16

26 травня 2016

Залежність мінімального значення товщини покриття з вогнезахисною речовиною (фарби вогнезахисної) «Термопласт 148М» на будівельних несучих металевих конструкціях (для три- та чотирибічного захисту) від коефіцієнта перерізу металевих конструкцій для проектних температур від 400 °С до 650 °С для забезпечення класу вогнестійкості (межі вогнестійкості) R 45

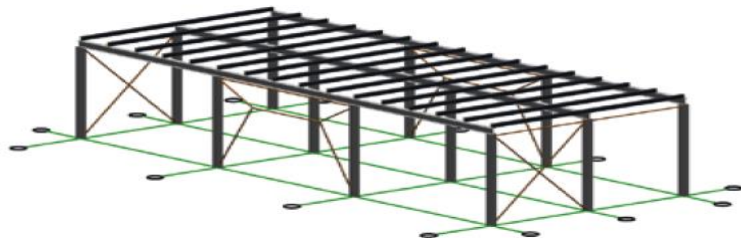
Проектна температура, °С	400	450	500	550	600	650
Зведена товщина, мм	Коефіцієнт перерізу, $A_v \cdot 10^{-3}$ (м ²)	Клас вогнестійкості R 45				
		Мінімальна товщина покриття, за якої температур не перевищує від проектної, мм				
10,00	100	0,94	0,80	0,66	0,52	0,38
9,09	110	1,04	0,90	0,75	0,61	0,47
8,33	120	1,13	0,98	0,83	0,69	0,55
7,69	130	1,20	1,05	0,91	0,76	0,62
7,14	140	1,27	1,12	0,97	0,82	0,68
6,67	150	1,33	1,18	1,03	0,88	0,73
6,25	160	-	1,23	1,08	0,93	0,78
5,88	170	-	1,28	1,13	0,98	0,83
5,56	180	-	1,33	1,17	1,02	0,87
5,26	190	-	1,37	1,21	1,05	0,90
5,00	200	-	-	1,24	1,09	0,94
4,76	210	-	-	1,28	1,12	0,97
4,55	220	-	-	1,31	1,15	1,00
4,35	230	-	-	1,34	1,18	1,02
4,17	240	-	-	1,36	1,20	1,05
4,00	250	-	-	-	1,23	1,07
3,85	260	-	-	-	1,25	1,09
3,70	270	-	-	-	1,27	1,11
3,57	280	-	-	-	1,29	1,13
3,45	290	-	-	-	1,31	1,15
3,33	300	-	-	-	1,32	1,17
3,23	310	-	-	-	1,34	1,18
3,13	320	-	-	-	1,36	1,20
3,03	330	-	-	-	1,37	1,21
2,94	340	-	-	-	-	1,22
2,86	350	-	-	-	-	1,23
2,78	360	-	-	-	-	1,25

В.О. Прищепа
підпис
Ініціал, прізвище

№ 106672

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Первые примеры расчета критической температуры стальных элементов (в соответствии с Еврокодами) для различных стальных конструкций в 2014 год



$$\theta_{cr} = 600 + \frac{176,9 - 280,78}{127,46 - 280,78} \cdot \frac{700 - 600}{1} = 667,75^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_{cr} = 584,7^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_{cr1} = 400 + \frac{1 - 0,68}{1,24 - 0,68} \cdot \frac{500 - 400}{1} = 457,1^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{cr2} = 400 + \frac{1 - 0,91}{1,24 - 0,91} \cdot \frac{500 - 400}{1} = 414,1^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_{cr} = 545,7^{\circ}\text{C}.$$



$$\theta_{cr} = 400 + \frac{165,64 - 188,84}{155,1 - 188,84} \cdot \frac{500 - 400}{1} = 468,8^{\circ}\text{C}.$$

Применение стальных несущих каркасов находит все более широкое распространение в строительстве зданий и сооружений.

Но наряду со значительными конструктивными преимуществами до недавних времен они имели существенный недостаток – низкую огнестойкость. Во время пожара с повышением температуры прочностные характеристики стали значительно снижаются.

Применение в расчетах на огнестойкость Еврокода (ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2), а теперь и ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 позволяет применить дифференцированный подход при расчете огнезащиты стальных конструкций, что существенно снижает общие затраты на огнезащиту здания (на 20-30%)

2 ветки
проектирования:

Европейская –

Еврокод (ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2)
КМ по Еврокоду

Национальная –

ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016
КМ по ДБН



Принцип определения критической температуры по ДСТУ:

ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 «Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість»

ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016

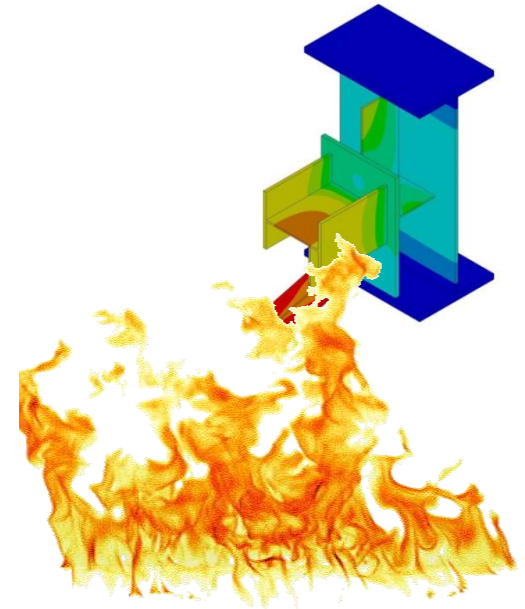
6.1.1.1 Стальные конструкции должны быть спроектированы так, чтобы сохранять несущую способность на протяжении соответствующего огневого влияния

Конструктивная составляющая имеет важное влияние на:

$\theta_{a,cr}$ **определение критической температуры элемента!!**

ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016

6.6.1.2 Стальные конструкции должны быть спроектированы так, чтобы сохранять несущую способность на протяжении соответствующего огневого влияния

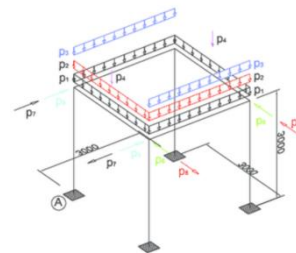


Факторы влияющие на определение критической температуры:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \cdot \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 ,$$

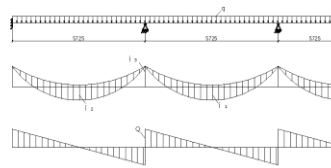
- Нагрузки на конструкции

$\eta_{fi,t}$ Для определение понижающего коэффициента для расчета уровня нагружения при пожаре. Этот коэффициент определяется как соотношение нагрузок основных комбинаций и аварийных комбинаций, которые рассматриваются при пожаре



- Расчетные усилия при пожаре

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \cdot R_d, \quad \text{где } R_d - \text{несущая способности элемента}$$

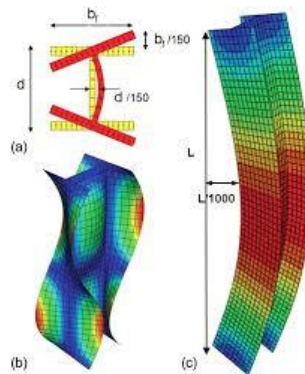


- Несущая способность элемента $R_{fi,d,0}$ при пожаре в момент времени $t=0$ с




$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}, \quad \text{Для определение коэффициента использования } \mu_0 .$$

Инженерный Центр УЦСС и Комитет по огнезащите стальных конструкций

1. Издание специализированной и обучающей литературы
2. Популяризация перехода на новые методы расчета огнезащиты по ДСТУ (в частности для заказчика)
3. Гранты для проектантов от УЦСС для выполнения проектов
4. Центр технического консалтинга по огнезащите
5. Внедрение модуля по расчету огнезащиты в программное обеспечение «Лира-САПР»



6. Внесение графы «Критическая температура» в «Відомість елементів» ДСТУ Б А.2.4-43:2009 «Правила виконання проектної та робочої документації металевих конструкцій»

Марка елемента	Переріз			Зусилля для прикріплення			Найменування або марка металу	Критична температура $\theta_{a,cr}$	Примітка
	ескіз	поз.	склад	A, кН	N, кН	M, кН·м			
ФС1	Складний								Аркуш 12
Б1		1	I 40Б1	200	–	–	C345-3		
		2	L 100x	–	–	–	C245		
Б2		1	-900x8	300	–	800	C345-3		
		2	–						
К1			I 40Ш1	140	-380	-410	C345-3		

Цель:

Эффективное применение стали

Результат:

Увеличение количества объектов с применением стального каркаса (уменьшение на рынке доли ж/б)

Поведение конструкций при пожаре:

Пожар в Доме профсоюзов 2014 год:



Разрушение железобетона – пластические деформации арматуры, переход в мембранную работу и в итоге - обрушение

Прогрессирующее обрушение



Поведение конструкций при пожаре:

Пожар в Доме профсоюзов 2014 год:



Металлическая ферма и балка после пожара – без дефектов и повреждений

РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОБЪЕКТЕ В НИКОЛАЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Характеристики объекта:

- двухэтажное здание каркасного типа;
- металлоемкость - 3400 т;
- площадь под огнезащиту - 63000 м кв;
- степень огнестойкости - II.

Под огнезащиту:

- колонны R120
- балки перекрытия R45
- балки покрытия R30
- связи R30, R45

РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Балки перекрытия

Марка	$\theta_{cr}, ^\circ\text{C}$	Марка	$\theta_{cr}, ^\circ\text{C}$
Б30	575,0	СБ653	640,3
Б30А	616,0	СБ701	636,0
Б36	623,7	СР1151	644,7
Б45	598,0	СР1152	572,1
Ш27	560,1	СР1153	640,3
КР1	631,8	СР1154	612,2
СБ451	572,1	СР1155	649,3
СБ451А	572,1	СР1156	649,3
СБ452	517,2	СБ1150	616,0
СБ501	584,7	СБ1151	758,5
СБ501А	584,7	СБ1130	697,5
СБ651	578,3	СБ1051	594,6
СБ651А	578,3	СБ1052	591,2
СБ652	616,0	СБ1051А	594,6

от 517°C(572) – до 697°C

Балки покрытия

Марка	$\theta_{cr}, ^\circ\text{C}$
П3	663,8
П1	475,3
П2	511,3
БП1	569,1
БП2	598,0
БП3	703,9
БП1А	569,1

от 475°C – до 663°C

РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Колонны

Марка	$\theta_{cr}, ^\circ\text{C}$	Марка	$\theta_{cr}, ^\circ\text{C}$
K1	498,6	K1	470,5
K1A	498,6	K1 A	470,5
K2	498,6	K2	413,4
K3	498,6	K3	494,6
K3A	498,6	K3A	494,6
K4	498,6	K9	494,6
K5	498,6	K9A	494,6
K5A	498,6	K4	485,1
K10	498,6	K5	507,4
K10A	498,6	K5A	507,4
K7	510,2	K7	470,5
K7A	510,2	K7A	470,5
K8	510,2	K8	413,4
K9	510,2	K10	601,8
K9A	510,2	K6	587,2

от 413°C – до 601°C

Связи

Марка	$\theta_{cr}, ^\circ\text{C}$
P1 (гориз.в'язь)	537,1
P2	507,7
ВГ1 (в осях А-Ж)	507,2
ВГ1 (в осях Ж-К)	578,1
ВВ1	465,6
ВВ2	574,6
ВВ3	503,0
ВВ4	555,8
ВВ5	658,9

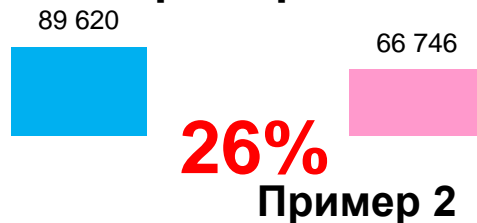
от 507°C – до 659°C

РАСЧЕТ РАСХОДА ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пример 1

Наименование	Огнезащитные материалы 1, расход в кг	
	при критической температуре 500°C	при расчетной критической температуре
Балки перекрытий	83 061	61 522
Балки покрытия	4 099	2 838
Колонны	113 705	113 705
Связи	2 460	2 386

Экономия огнезащитной краски в примере 1



Экономия огнезащитной краски в примере 2

Наименование	Огнезащитные материалы 2, расход в кг	
	при критической температуре 500°C	при расчетной критической температуре
Балки перекрытий	47 118	28 944
Балки покрытия	1 487	1 439
Колонны	112 545	112 545
Связи	1 343	1 303

49 948

31 686

37%

*) металлоконструкции перекрытия, покрытия и связи окрашены огнезащитной краской, на колонны нанесена огнезащитная штукатурка

**) колонна с критической температурой 413°C посчитана с расходом для 500°C

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Вопросы & Ответы

УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
комитет по огнезащите
+380 44 590 01 56
info@uscc.ua
www.uscc.ua