



УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР
СТАЛЬНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА

Еврокоды

при проектировании огнезащиты

стальных конструкций

Константин Калафат

Руководитель комитета по огнезащите

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

МИРОВОЙ ОПЫТ В ИССЛЕДОВАНИЯХ



Австралия



Германия



Новая Зеландия

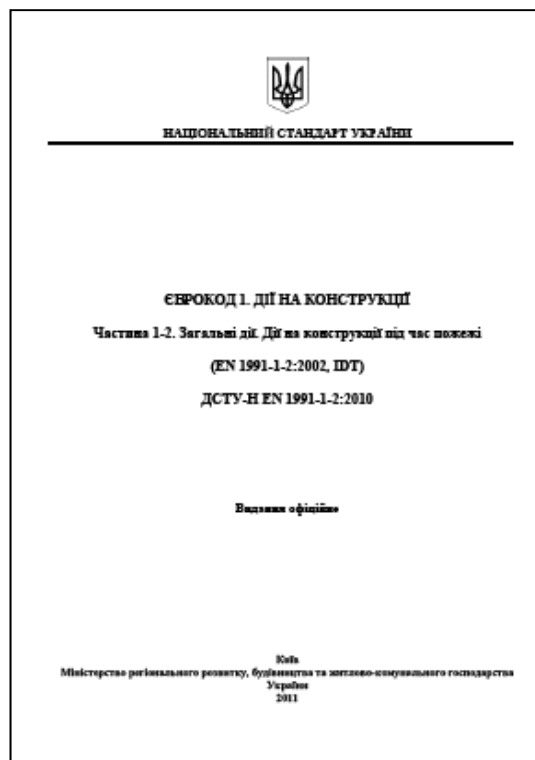


Великобритания

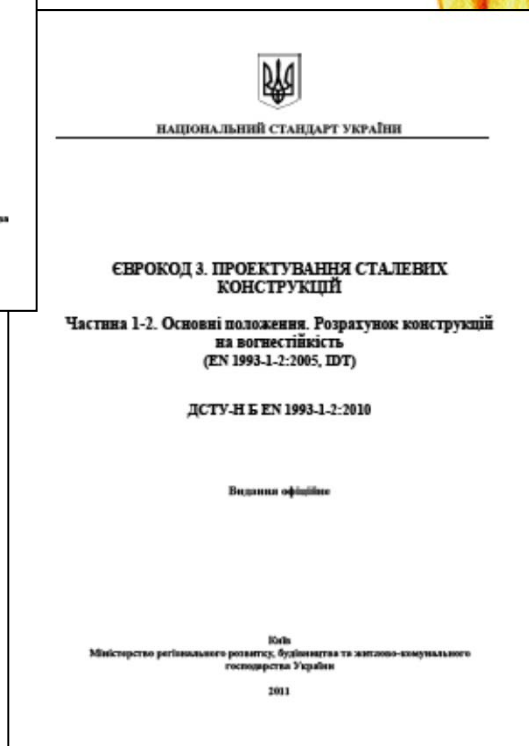


**-исследования поведения реальных
стальных конструкций в составе
многоэтажных зданий**

ЕВРОКОДЫ. ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ



ПОЖАРЫ РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ



КОНСТРУКЦИИ

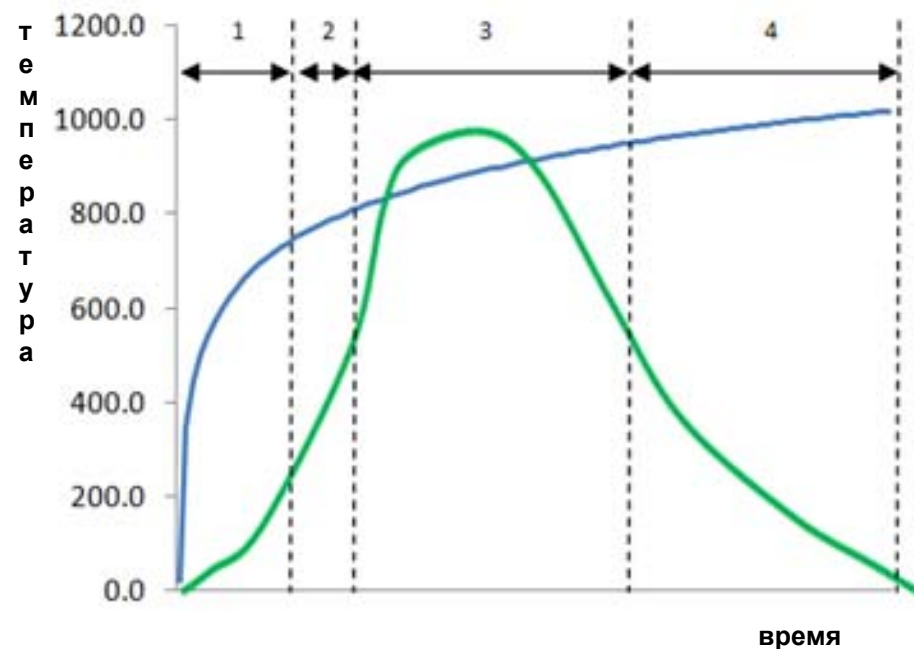
РАСЧЕТ ОГНЕСТОЙКОСТИ
НЕЗАЩИЩЕННЫХ И ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ

РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

РАЗЛИЧИЯ В ПОДХОДАХ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОГНЕЗАЩИТЫ

Национальные строительные нормы ДБН	Еврокоды
Номинальные температурные режимы пожаров: -стандартный; -углеводородный; -внешний.	Номинальные температурные режимы пожаров; Параметрические (реальные) температурные режимы пожаров: - упрощенные модели пожаров: -пожар в отсеке; -локализованные пожары; - уточненные модели пожаров
Огнестойкость стальных конструкций без огнезащиты ограничена R15	Позволяют рассчитать огнестойкость каждого строительного элемента не ограничивая по времени
В общем случае критическая температура стали принимается 500°C	Критическая температура стального элемента рассчитывается в зависимости от его использования.
	Позволяют рассчитать огнестойкость стальных конструкций покрытых огнезащитным материалом
	При расчете огнестойкости учитывается конфигурация стальных элементов – теневой эффект

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА МИРОВОЙ ОПЫТ



кривая «стандартного»
пожара

кривая реального
пожара

Кривая «стандартного» пожара:

- не учитывает поведение конструкций во взаимосвязи с другими конструкциями в противопожарном отсеке;
- никогда не идет вниз;
- не зависит от пожарной нагрузки в помещении и условий вентиляции



ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

НЕОФЛЭЙМ 513

Проектная температура, °C		500	550
Приведенная толщина δ , мм	Коэффициент сечения, A_m/V , (м ⁻¹)	Класс огнестойкости R 30	
		Минимальная толщина покрытия, мм	
3,23	310	0,66	0,25
3,13	320	0,72	0,25

*При проектировании стальных конструкций, которые при расчете имеют критическую температуру менее 500°C и для которых предъявляются повышенные требования к пределу огнестойкости (более 90 мин.), существует опасность **ограниченного подбора огнезащитных материалов***

ФЕНИКС СТС

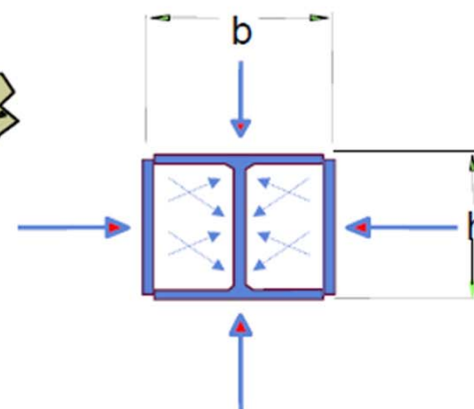
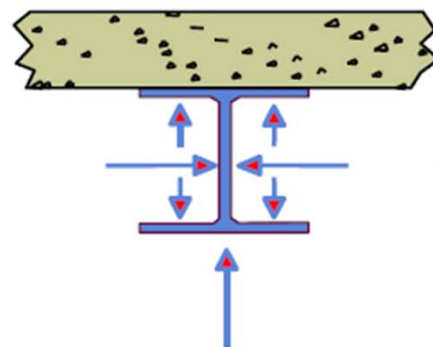
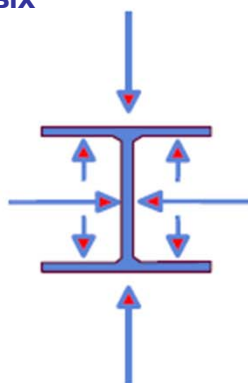
Проектная температура, °C		500	550
Приведенная толщина δ , мм	Коэффициент сечения, A_m/V , (м ⁻¹)	Класс огнестойкости R 30	
		Минимальная толщина покрытия, мм	
3,45	290	0,47	0,23
3,33	300	0,49	0,24
3,23	310	0,51	0,25

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ЕВРОКОД ПОЗВОЛЯЕТ РАССЧИТАТЬ ПРЕДЕЛ ОГНЕСТОЙКОСТИ

A_m/V – коэффициент сечения
незащищенных стальных
конструкций

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net,d} \Delta t$$



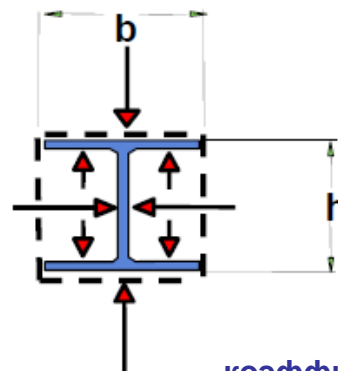
Огнестойкость незащищенных металлоконструкций может составлять 30-40 минут, что, в некоторых случаях, **не требует огнезащитной обработки.**

В проекте необходимо отражать те металлоконструкции, для которых нет необходимости повышать предел огнестойкости огнезащитными материалами.



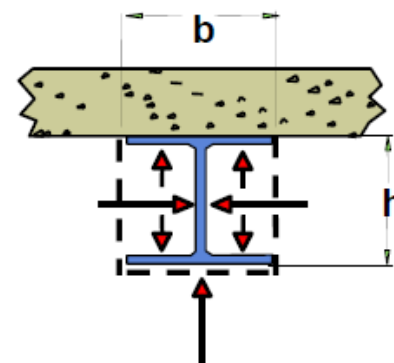
ТЕНЕВОЙ ЭФФЕКТ

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m}{V c_a \rho_a} \cdot \dot{h}_{net} \Delta t,$$



$[A_m/V]_b$ -

коэффициент
прямоугольного сечения
стальных конструкций



k_{sh} - теневой эффект вызван локальным экранированием теплового излучения, который обусловлен формой стального профиля

$k_{sh} = 0,9 [A_m/V]_b / [A_m/V]$ для двутавровых сечений под действием номинальных температурных режимов



$k_{sh} = [A_m/V]_b / [A_m/V]$ для остальных случаев

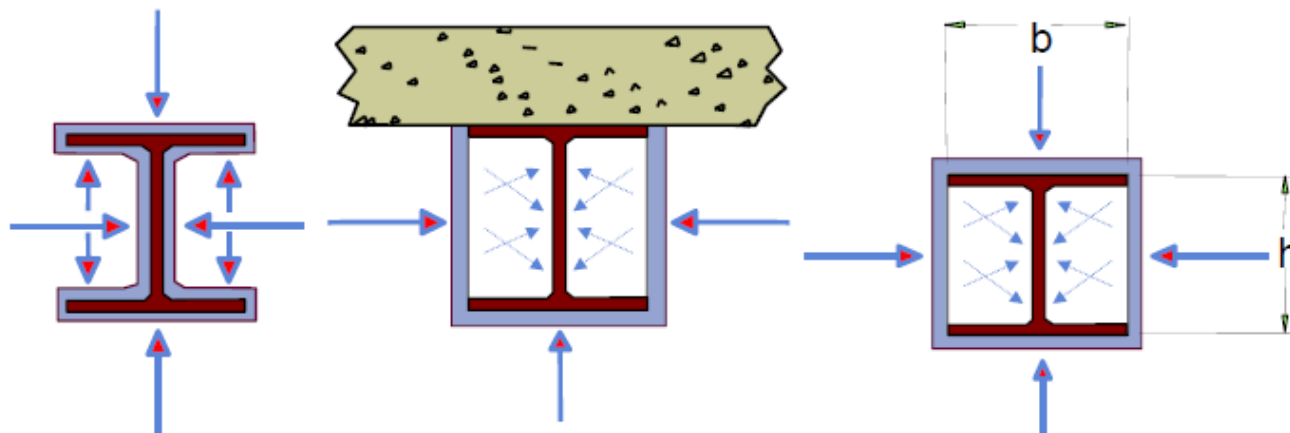
$k_{sh} = 1$ для замкнутых сечений



В изолированных (защищенных) стальных элементах нет теневого эффекта

расчет огнестойкости защищенных стальных элементов

$$\Delta\theta_{a.t} = \frac{\lambda_p / d_p}{c_a \rho_a} \frac{A_p}{V} \left(\frac{1}{1 + \phi/3} \right) (\theta_{g.t} - \theta_{a.t}) \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g.t}$$



A_p/V - коэффициент сечения
стальных конструкций
покрытых огнезащитными
материалами

λ_p - теплопроводность
огнезащитной системы
 ρ_p - плотность огнезащитной
системы
 c_p - удельная теплоемкость
огнезащитной системы
 d_p - толщина огнезащитной
системы

расчет критической температуры стальных конструкций

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

Для классов сечений 1÷3

Критическую температуру $\theta_{a,Cr}$ углеродистой стали можно вычислить для любой степени использования конструкций μ_0

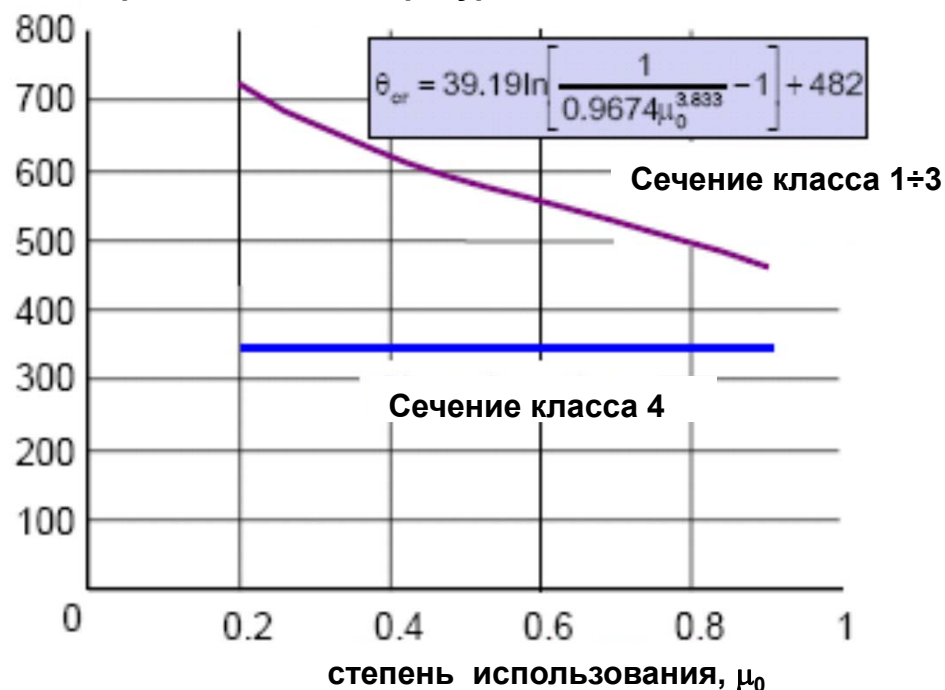
Для класса сечения 4

Критическая температура $\theta_{a,Cr}$ принимается 350°C

ЛСТК

4 класс сечений

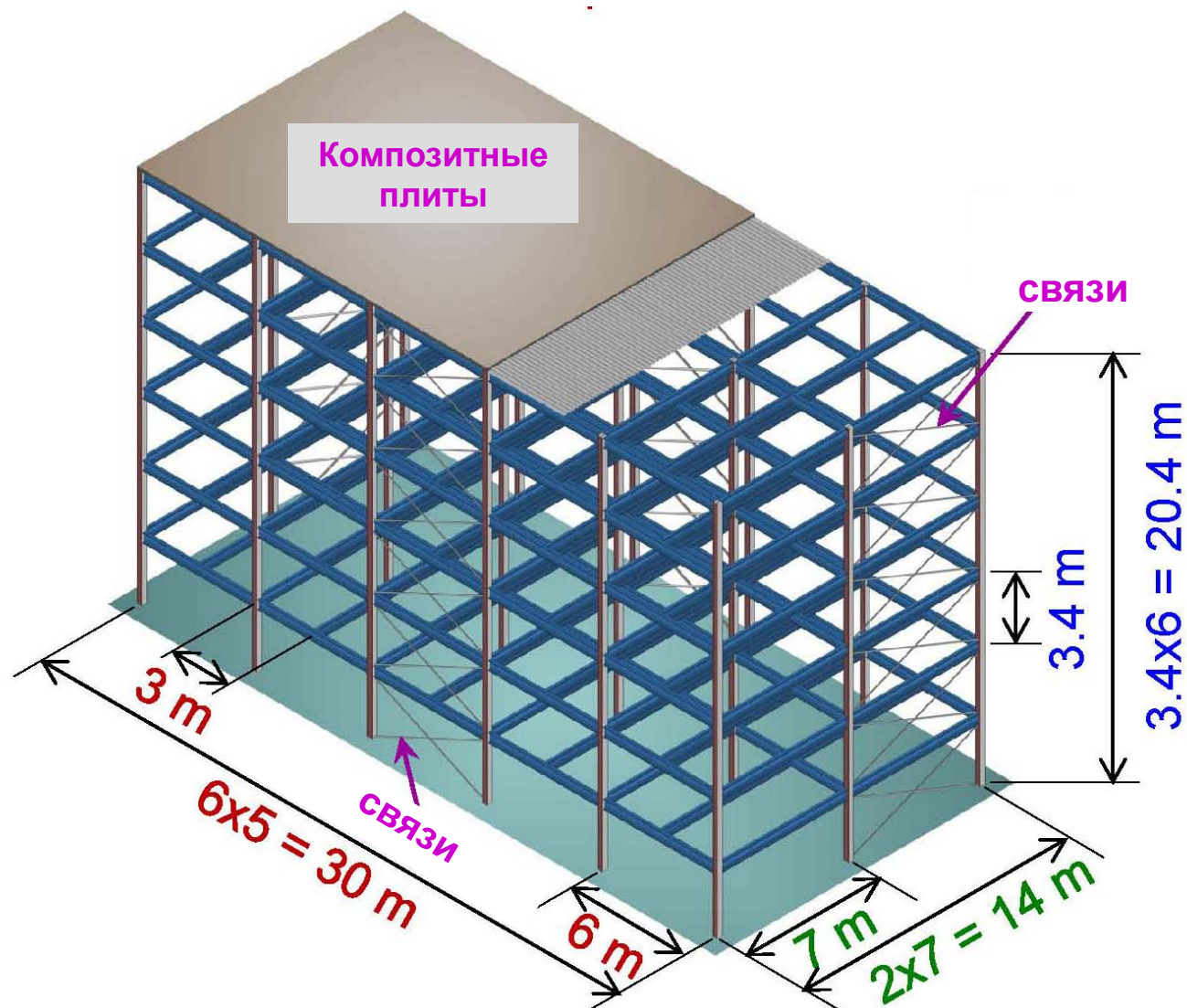
Критическая температура, °C



ЕВРОКОД 1, ЕВРОКОД 3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

6 ЭТАЖНОЕ ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ

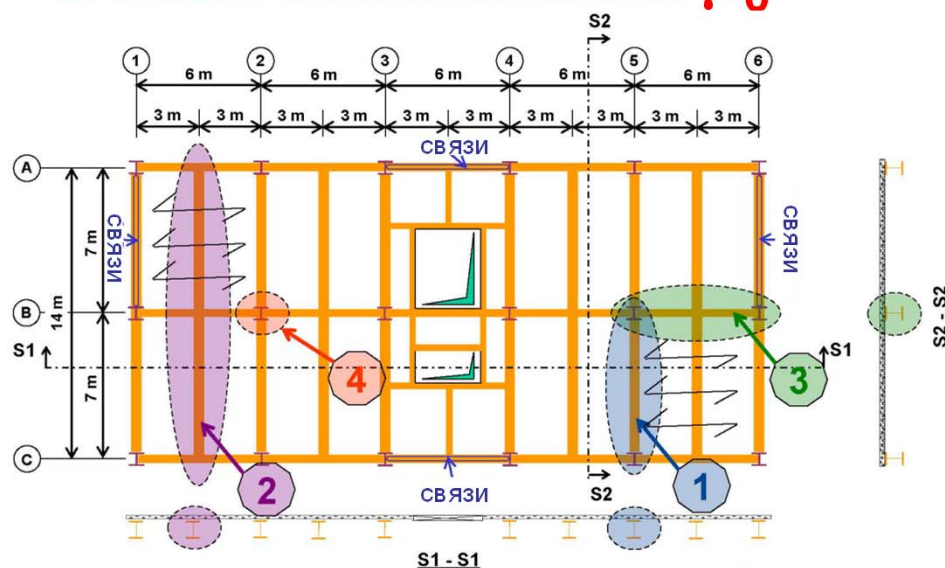


ЕВРОКОД 1, ЕВРОКОД 3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

6 ЭТАЖНОЕ ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ

степень использования μ_0



1 Балка из двутавра №36

$$\mu_0 = 0,308$$

2 Балка из двутавра №36

$$\mu_0 = 0,330$$

3 Балка из двутавра 300×350(h)

$$\mu_0 = 0,376$$

4 Колонна из двутавра 300×300(h)

$$\mu_0 = 0,456$$

критическая температура θ_{Cr}

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



1 **660°C**

2 **649°C**

3 **629°C**

4 **560 °C**

ЕВРОКОД 1, ЕВРОКОД 3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

6 ЭТАЖНОЕ ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ

Сортамент конструктивного элемента	Проектирование по ДБН		Проектирование по ЕК	
	Критическая температура элемента, °С	Толщина огнезащитного материала Эндотерм, мм	Критическая температура элемента, °С	Толщина огнезащитного материала Эндотерм, мм
Балка двутавр №36	500	1,22	660	0,68
Балка двутавр №36		1,22	649	0,68
Балка двутавр 300х350		1,10	629	0,73
Колонна двутавр 300х300		35,2	560	33,6
		28,5		28,5

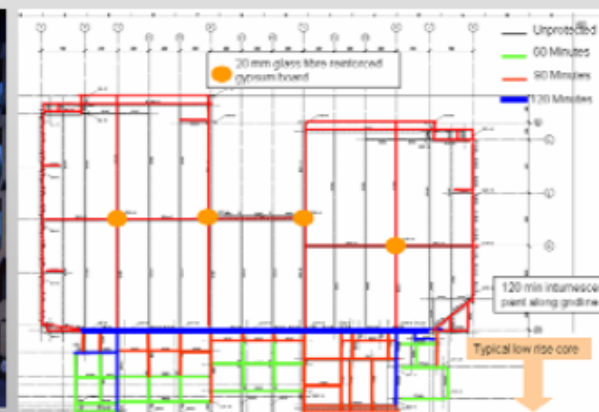
ПРИМЕРЫ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

The Shard, London (87 storeys)



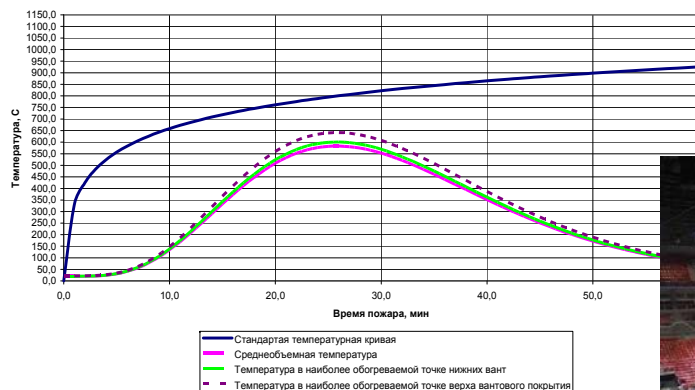
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Heron Tower, London (47 storeys)

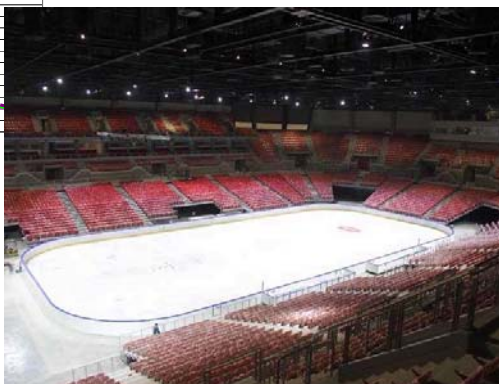


ПРИМЕРЫ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

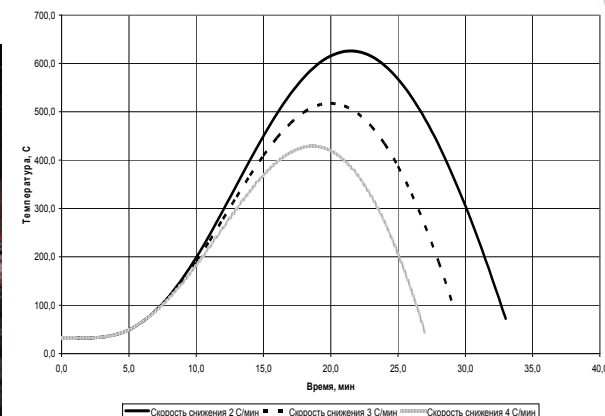
Динамика температурного режима (без учета лучистого теплового потока) в помещении арены при возникновении пожара на отм.+14.000



РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



Динамика температуры в наиболее обогреваемой точке верха вантового покрытия (отм.0,000)



Наименование объекта	Проведенные расчеты	Полученные результаты	Экономический эффект
«Минск-Арена»	Расчет параметров путей эвакуации Расчет динамики возможного пожара	Исключение огнезащиты металлических конструкций покрытия главной арены	50.000 \$
Трубопрокатный комплекс «Белорусский мет. завод»	Расчет параметров путей эвакуации Расчет динамики возможного пожара	Исключение огнезащиты по металлу конструкций покрытия и колонн	651.000 \$
Здание цеха стеклотары СЗАО «Гомельский стеклотарный завод»	Расчет динамики возможного пожара	Исключение огнезащиты по металлу конструкций покрытия	140.000 \$
Здание печи и флоат-ванны ОАО «Гомельстекло»	Расчет динамики возможного пожара	Исключение огнезащиты по металлу конструкций покрытия и частично колонн	745.000 \$
Футбольный манеж в г. Минске	Расчет параметров путей эвакуации	Снижены требования к пределам огнестойкости несущих конструкций	95.000 \$

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Вопросы & Ответы

УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

КОМИТЕТ ПО ОГНЕЗАЩИТЕ

+380 44 590 01 56

info@uscc.com.ua

www.uscc.com.ua

