

## Литература:

1. Гайдук А. Р. Архитектурные принципы формирования детских онкологических клиничко-реабилитационных центров // Молодой ученый. — 2016. — №1. — С. 922-925. [Электронный ресурс] — URL <https://moluch.ru/archive/105/24994/>

2. Медицина будущего глазами архитекторов [Электронный ресурс] URL // <http://vestnik.icdc.ru/index.php/world/375-1/>.

3. Graban M. Lean Hospitals: Improving Quality, Patient Safety, and Employee Satisfaction. CRC Press, 2008.

УДК 699.81

## ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ СТЕНОВЫХ СЭНДВИЧ - ПАНЕЛЕЙ

*Пахолкова В.Е., гр. ПГС -511мп*

*Научный руководитель – к.т.н., доцент Гилодо А.Ю.*

**Аннотация.** Стеновое ограждение в виде сэндвич панелей в последнее время набирает все большую популярность. Они имеют множество преимуществ перед традиционными решениями за счет своей уникальной конструкции. Пожаробезопасность сэндвич-панелей – одна из самых актуальных задач производителей на сегодняшний день. Споры об их огнестойкости вызваны конкуренцией между панелями с минераловатным сердечником и с органическим сердечником – пеной. Необходимо дать оценку огнестойкости сэндвич-панелей, получить представление о том, насколько они пожаробезопасны, и что произойдет с ними во время пожара.

### Теоретические основы расчета стальных конструкций в условиях пожара

Когда требуется обеспечение механической прочности в условиях пожара, стальные конструкции должны быть спроектированы и смонтированы таким образом, чтобы они могли выполнять свою несущую функцию в течение соответствующего времени воздействия пожара.

Огнестойкость подтверждается выполнением следующих условий: во временных параметрах  $t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$ ; в прочностных параметрах  $R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$ ; в температурных параметрах  $\theta_d < \theta_{cr,d}$ , где:  $t_{fi,d}$  – расчетный предел огнестойкости;  $t_{fi,requ}$  – требуемый предел огнестойкости;  $R_{fi,d,t}$  –

расчетная несущая способность элемента при пожаре в момент времени  $t$ ;  $E_{fi,d,t}$  – расчетный результат воздействия при пожаре в момент времени  $t$ ;  $\theta_d$  – расчетная температура материала;  $\theta_{cr,d}$  – расчетная критическая температура материала. При расчете по прочностным параметрам определяется уменьшенная несущая способность через необходимый промежуток времени. На этом критерии основывается упрощенный метод расчета для стальных элементов, подверженных потере устойчивости. Он используется в комбинации со сравнением по температурным и временным параметрам.

### **Номинальные температурно-временные зависимости**

Одним из основных критериев для расчета огнестойкости любой строительной конструкции является определение температурно-временной зависимости развития пожара, которая должна относиться только к одному противопожарному отсеку здания, если в проектном сценарии развития пожара не указано другое. Различают номинальные и параметрические температурные режимы. Для проектирования стальных конструкций в национальных нормах проектирования используют номинальные температурные режимы. Номинальные температурно-временные зависимости - это общепринятые режимы развития пожара, которые адаптированы для классификации и подтверждения огнестойкости различных строительных материалов, изделий и конструкций.

ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2 Еврокод 1 [2] устанавливает следующие номинальные температурные режимы: стандартный температурный режим развития пожара, температурный режим внешнего пожара и режим углеводородного пожара. К общепринятым номинальным режимам развития пожара также относятся: температурный режим медленно развивающегося пожара модифицированная температурно-временная зависимость развития углеводородного пожара, режимы развития пожара в тоннелях.

### **Виды пожаров**

Стандартный пожар – температурно-временная зависимость, определенная в ISO 834, для представления сценария полностью развившегося пожара в противопожарном отсеке. Стандартный температурный режим определяется по формуле:

$$\theta_g = 20 + 345 \lg(8t + 1), \quad (1)$$

Наружный пожар. Температурный режим наружного пожара создает условия менее жесткие, чем при испытаниях в стандартном температурном режиме. Данную температурно-временную зависимость

используют при определении предела огнестойкости наружных стен зданий. Температурный режим наружного пожара определяется по формуле:

$$\Theta_g = 660 (1 - 0,687e^{-0,32t} - 0,313e^{-3,8t}) + 20, \quad (2)$$

Угледородный пожар. Угледородный температурный режим относится к более жестким режимам, чем режим стандартного пожара. Данный режим необходимо использовать при определении предела огнестойкости строительных конструкций, применяемых на объектах нефтяной промышленности, температура горения которых возрастает значительно быстрее и имеет большие значения, чем при горении любых других строительных и облицовочных материалов. Температурный режим угледородного пожара определяется по формуле:

$$\Theta_g = 1080 (1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20, \quad (3)$$

$\Theta_g$  – температура окружающей газовой среды в противопожарном отсеке ( $^{\circ}\text{C}$ );  $t$  – время развития пожара (мин)

### **Расчетные модели**

Расчетный метод основан на простой расчетной модели, которая анализирует отдельные элементы конструкции, работающие на растяжение, сжатие, изгиб и т. д. Уточненные методы расчета должны обеспечивать реалистичный анализ конструктивной системы, подвергающейся воздействию пожара. Они должны основываться на основном физическом поведении таким образом, чтобы обеспечивать приемлемый уровень приближения к ожидаемому поведению соответствующего конструктивного элемента в условиях пожара. Уточненные методы расчета должны включать отдельные расчетные модели для определения: увеличения и распределения температуры внутри конструктивных элементов (теплотехнический расчет); механического поведения конструктивной системы или любой ее части (статический расчет). Модель теплотехнического расчета должна рассматривать: соответствующее тепловое воздействие, изменение теплотехнических свойств материала в зависимости от температуры.

### **Методы определения огнестойкости**

Определение огнестойкости с помощью табличных данных может применяться для железобетонных конструкций. Еврокод также содержит упрощенные методы расчета, но дополнительно дает табличные данные, которые определяют необходимые геометрические параметры конструкций, для которых допускается принимать стандартные пределы огнестойкости.

Определение огнестойкости на основании испытаний используется как альтернативный вариант расчетного метода, противопожарные решения могут быть обоснованы экспериментально по результатам огневых испытаний или сочетанием расчетного и экспериментального методов [1, 3-5].

Метод расчета стальных конструкций по прочностным параметрам при повышенной температуре применяется при возможности потери устойчивости элемента. Для случаев, когда не учитывается критерий деформаций и исключается потеря устойчивости, следует использовать более простой метод расчета критической температуры. В основу статических расчетов положены соответствующие модели несущих конструкций с определяющими величинами. Модели несущих конструкций учитывают рассматриваемые предельные состояния.

### **Коэффициент сечения незащищенной стальной конструкции $A_m/V$ , или профильный коэффициент сечения**

Коэффициент сечения незащищенной стальной конструкции  $A_m/V$  является характеристической величиной ее сечения, равной отношению площади  $A_m$  поверхности в единице длины конструкции к ее объему  $V$  в той же единице длины. В общем случае, когда площадь сечения стальной конструкции не изменяется по всей длине элемента, коэффициент сечения определяется как отношение периметра стальной конструкции к её площади сечения. Стальные конструкции с высоким коэффициентом  $A_m/V$  быстрее реагируют на тепловые и огневые нагрузки и имеют более низкий предел огнестойкости. Стальные конструкции с низким коэффициентом сечения  $A_m/V$  являются более массивными и имеют большую инерцию к прогреву всего объема конструкции, вследствие чего имеют более высокий предел огнестойкости.

### **Испытания**

Огневые испытания для определения предела огнестойкости несущих стальных конструкций проводят в соответствии с национальными стандартами. Суть методов испытаний стальных конструкций заключается в определении времени от начала теплового воздействия по номинальному температурному режиму, до наступления одного из предельных состояний по огнестойкости. При проведении огневых испытаний образцов стальных конструкций предельным состоянием по признаку потери несущей способности (R) является обрушение образца или возникновение предельных деформаций, возникающих под действием нормативной нагрузки –

граничное значение прогибов (продольных смещений) или граничное значение скорости нарастания деформаций. Проведение испытаний по определению пределов огнестойкости стальных конструкций с системами огнезащитных покрытий не даёт возможность минимизировать расходы по подбору оптимальных толщин огнезащитных покрытий для той или иной конструкции. так как допускает принимать предельное состояние по признаку несущей способности, как превышение температуры стальной конструкции над её начальной температурой на 480°C. Иными словами, результатом испытаний, проведенных согласно требованиям национальных стандартов, является информация, что некая рассматриваемая конструкция имеет класс огнестойкости (R, мин) при толщине покрытия (d, мм). В лаборатории железобетонных и каменных конструкций были проведены испытания фрагмента стеновой сэндвич панели «Kingspan» на центральное сжатие и определение предела огнестойкости. В результате испытания на центральное сжатие (см. Рис. 1) определили значение предельной нагрузки - 350 кг и критическое напряжение - 0,0194 кН/см<sup>2</sup>. Испытание на воздействие открытым огнём при помощи газовой горелки (см. Фото 2) показало, что структуру и плотность утеплитель сохраняет в течение 20 минут. При отсутствии непосредственного контакта с огнём утеплитель не тлеет и огонь не распространяет.

### **Нормирование классов огнестойкости стальных строительных конструкций**

Основные цели нормирования классов огнестойкости строительных конструкций следующие:

- установить требования к огнестойкости на протяжении заданного, но ограниченного промежутка времени, когда могут быть осуществлены необходимые эвакуационные и пожарно-спасательные мероприятия;
- установить требования к огнестойкости основной конструкции, при которой она не потеряет свои основные функциональные характеристики в случае полного выгорания всех горючих материалов, без участия пожарно-спасательных подразделений.

Необходимые минимальные значения пределов огнестойкости строительных конструкций (в нашем случае стальных конструкций) для различных степеней огнестойкости зданий приведены в ДБН В.1.1-7 и других национальных нормах на проектирование зданий различного функционального назначения и этажности.

## Оценка огнестойкости металлических конструкций

При испытаниях или проектировании средств огнезащиты для стальных конструкций определяют «профильный коэффициент сечения» или иначе «коэффициент сечения незащищенной стальной конструкции».

Предел огнестойкости стальной конструкции зависит только от площади (или периметра) обогреваемой поверхности. По сути, профильный коэффициент сечения стальной конструкции  $A/U$  является величиной обратной общепринятому показателю сечения конструкций – приведенной толщине металла  $\delta_{np}$  (мм), которая определяется как отношение площади сечения конструкции к её обогреваемому периметру.

$A_m/U = (1/\delta_{np})$ . Фактические пределы огнестойкости по потере прочности (R) различных несущих металлических конструкций оцениваются в справочной литературе в зависимости от приведенной толщины металла поперечного сечения конструкции ( $t_{red}$ ), которая определяется по формуле:

$$t_{red} = \frac{A}{U} \quad (4)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения металлической конструкции, см<sup>2</sup>;  
 $U$  – обогреваемая часть периметра сечения конструкции.

### Расчет огнестойкости стеновой панели фирмы «Kingspan» для многоэтажного здания в стальном каркасе



Рис. 3. Стеновая сэндвич-панель модульной ширины 1000/1190мм

Стеновая панель KS1000 AWP (со скрытым стыком)

Определить приведенную толщину металла  $t_{red}$  стеновой панели. Толщина стали: внешняя – 0,6 мм/0,4 мм. Учитываем, что обогрев конструкции идет с внутренней стороны.

Решение:

1) Площадь поперечного сечения внутренней стали стеновой панели KS1000 AWP (со скрытым стыком) определяется по формуле:

$$A = l \cdot b = 100 \cdot 0,04 = 4 \text{ см}^2$$

2) Периметр обогрева ( $U$ ) равен периметру стеновой панели, используемой в рассматриваемом сооружении, учитывая, что высота этажа – 3 м.



Рис. 1. Испытание на сжатие



Рис. 2. Испытание на огнестойкость

$$U = (l + h) \cdot 2 = (100\text{см} + 300\text{см}) \cdot 2 = 800\text{см}$$

3) Приведенная толщина поперечного сечения конструкции ( $t_{\text{red}}$ ) равна:

$$t_{\text{red}} = \frac{A}{U} = \frac{4}{800} = 0,005\text{см}$$

Определяем искомый предел огнестойкости заданной панели.

При  $t_{\text{red}}=0,005$  см. Расчетный элемент соответствует пределу огнестойкости E15.

### Литература

1. УЦСС-005-14 «Расчет стальных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины»

2. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Еврокод 1. Воздействие на строительные конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия на конструкции в условиях пожара

3. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-2. Общие положения. Расчет конструкций на огнестойкость

4. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3:2012 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-3. Общие правила. Дополнительные правила для холодно- формованных элементов и профилированных листов

5. ДСТУ Б В.1.1-4-98\* Защита от пожара. Строительные конструкции. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования