

*А.В. Васильченко, к.т.н., доцент, НУГЗУ,  
В.Н. Сырых, к.т.н., доцент, НУГЗУ,  
И.М. Хмыров, к.психол.н., ст. преподаватель, НУГЗУ*

## **ОГНЕСТОЙКОСТЬ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ИЗГИБАЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

(представлено д-ром техн. наук Андроновым В.А.)

На примере большепролетных стальных балок предложено производить оценочные расчеты пределов огнестойкости подобных изгибаемых строительных конструкций с учетом вероятности их неравномерного нагрева по длине.

**Ключевые слова:** стальная большепролетная балка, предел огнестойкости.

**Постановка проблемы.** Огнестойкость конструкций промышленных зданий, помимо своей прямой функции обеспечения требуемого сопротивления объекта воздействию пожара, является также базовым элементом всей системы противопожарной защиты зданий и определяющим параметром для выбора остальных элементов защиты [1].

При этом оценка огнестойкости конструкций промышленных зданий с увеличенными модулями имеет свои особенности, связанные с их большими размерами. Из-за этого экспериментальное определение пределов огнестойкости становится практически невозможным, и приходится пользоваться расчетными методами.

Используемые расчетные методы определения пределов огнестойкости конструкций основаны на допущении равномерности распределения температурного поля по длине конструкции. Это приемлемо для гражданских зданий, где пожар, способный повредить конструкции, обычно охватывает всё помещение.

В промышленных зданиях с большими пролетами и большими площадями помещений пожар может охватывать только часть помещения. И если для вертикальных конструкций ещё можно допустить равномерность их нагрева, то изгибаемые элементы балочных клеток или стропильных конструкций могут подвергаться воздействию пожара лишь частично. То есть при пожаре в промышленных зданиях велика вероятность неравномерного распределения температурного поля по всей длине изгибаемых элементов конструкции.

Таким образом, проблема оценки огнестойкости промышленных зданий заключается в определении огнестойкости большепролетных изгибаемых конструкций при неравномерном воздействии нагрева на их различные части.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Известны работы по совершенствованию методик расчета несущей способности конструкций и рабочих нагрузок в условиях пожара, позволяющих прогнозировать изменение состояния зданий, разработать сценарии опасных ситуаций с учетом различных комбинаций нагрева, разработать предложения по обеспечению необходимой огнестойкости здания [1-3].

В этих работах обсуждались численные исследования пространственной расчетной схемы фрагмента каркасного монолитного железобетонного здания при совместном воздействии статической нагрузки и нагрева по режиму стандартного пожара [3].

При этом на основе выявленных особенностей напряженно-деформированного состояния каркасных железобетонных монолитных зданий при воздействии пожара была установлена необходимость корректировки методики расчета огнестойкости с учетом пространственной работы каркаса.

Однако, во-первых, все подобные работы посвящены исследованию огнестойкости каркасов гражданских зданий с пролетом до 6 м, подвергающимся воздействию пожара в соответствии с представлениями о воздействии равномерного нагрева по режиму стандартного пожара. Во-вторых, в промышленных зданиях с большими пролетами стропильные конструкции выполняются из стали. Отсюда следует актуальность рассмотрения именно стальных конструкций.

**Постановка задачи и ее решение.** Задачей данной работы является оценка пределов огнестойкости большепролетных стальных балок при их неравномерном нагреве.

Для примера выбран расчет стальных составных сварных двутавровых балок на пролетах 24 м, 27 м, 30 м. Для сопоставимости результатов приняты следующие допущения. Параметры сечения всех балок выбраны одинаковыми, удовлетворяющими условиям прочности (высота стенки  $h = 2400$  мм; толщина стенки  $t_w = 55$  мм; ширина полка  $b = 655$  мм; толщина полка  $t_s = 28$  мм; толщина ребер жесткости  $t_g = 24$  мм). Ребра жесткости расположены с шагом 1,5 м. Балки изготовлены из стали С345 категория 1 с предельным сопротивлением  $R_s = 45$  кН/см<sup>2</sup>. Суммарная распределенная погонная нагрузка для всех балок одинакова и составляет  $q = 27,27$  кН/м.

Расчет балок производился в программе "SCAD". Полученные значения моментов сопротивления сечений и эпюры изгибающих моментов балок применялись для оценки пределов огнестойкости балок по методу [4].

Изгибающий момент в расчетном сечении балки  $M_x$  определялся по формуле

$$M_x = \frac{qx(l-x)}{2}, \quad (1)$$

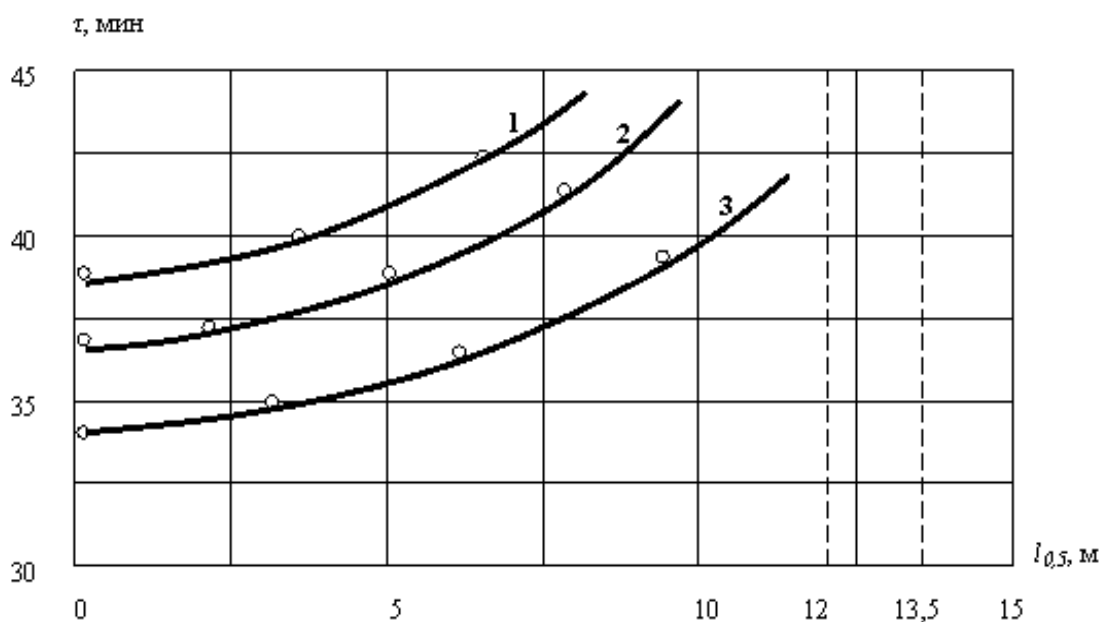
где  $q$  – распределенная погонная нагрузка, кН/м;  $x$  – расстояние от края балки до расчетного сечения, м;  $l$  – длина балки, м.

Неравномерность нагрева балки по длине учитывалась принятием условной зоны прогрева при пожаре  $\Phi = 6$  м. Принятый размер условной зоны прогрева обусловлен также высокой теплопроводностью стали, влияющей на расчетные характеристики соседних участков балки. Коэффициенты изменения прочности стали при нагревании  $\gamma_T$  (по которым определялись критические температуры в выбранных сечениях) рассчитывались по формуле

$$\gamma_T = \frac{M_x}{W_x R_s}, \quad (2)$$

где  $M_x$  – изгибающий момент в расчетном сечении при поперечном изгибе, кН·см;  $W_x$  – момент сопротивления сечения, см<sup>3</sup>;  $R_s$  – предельное сопротивление стали, кН/см<sup>2</sup>.

Пределы огнестойкости большепролетных стальных балок в различных расчетных сечениях определяли по методу [4] при постоянном значении приведенной толщины. Графики изменения пределов огнестойкости стальных балок по их длине показаны на рис. 1.



**Рис. 1.** Изменение пределов огнестойкости стальных балок в зависимости от расстояния от их центра при длине балок: 1 – 24 м; 2 – 27 м; 3 – 30 м

Как и следовало ожидать, предел огнестойкости балки с удалением от центра возрастает. Его изменение в соответствии с (2) пропорционально изменению изгибающего момента. Учитывая одинаковые размеры сечений изучаемых балок и одинаковую погонную

нагрузку, можно проследить тенденцию влияния нагружения стальных большепролетных балок на их огнестойкость.

**Выводы.** Таким образом, на примере стальных балок показано, что при неравномерном нагреве большепролетной изгибаемой конструкции ее огнестойкость можно охарактеризовать графиком изменения предела огнестойкости по длине. Такой подход позволяет приблизить расчетный метод оценки огнестойкости стальных большепролетных балок к реальным условиям пожара и на его основе предложить оптимальный способ огнезащиты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М.: Ассоциация "Пожарная безопасность и наука", 2001. – 382 с.

2. Белов В.В. Огнестойкость железобетонных конструкций: модели и методы расчета / В.В. Белов, К.В. Семенов, И.А. Ренев // Инженерно-строительный журнал. – № 6. – 2010. – С. 58-61.

3. Фомін С.Л. Оцінка вогнестійкості багатоповерхових каркасних будинків / С.Л. Фомін // Збірник наукових праць «Ресурсо-економічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Випуск 16, частина 1, Рівне: Видавництво Національного університету водного господарства та природокористування. – 2008. – С. 204-212.

4. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учебник / В.Н. Демехин, И.Л. Мосалков, Г.Ф. Плюснина и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 656 с.

О.В. Васильченко, В.М. Сирих, І.М. Хмиров

### **Вогнестійкість великопрольотних згинальних будівельних конструкцій**

На прикладі великопрольотних сталевих балок запропоновано проводити оцінні розрахунки меж вогнестійкості подібних згинальних будівельних конструкцій з урахуванням ймовірності їх нерівномірного нагріву по довжині.

**Ключові слова:** сталева великопрольотна балка, межа вогнестійкості.

A.V. Vasilchenko, V.N. Syryh, I.M. Hmyrov

### **Fire resistance of wide-span bent building designs**

On an example of wide-span steel beams it is offered to make estimated calculations of limits of fire resistance of similar bent building designs taking into account probability of their non-uniform heating on length.

**Keywords:** steel wide-span beam, fire resistance limit.