

Рис. 5. Изменение прочности сечения железобетонной балки, рассчитанное для бетона серий 4, 5 и 6.

6. Леонович С.Н., Аль-Факих О.А.М., Ковшар С.Н., Полейко Н.Л. Экспериментально-теоретические исследования термовлажностойкости бетона в терминах коэффициентов интенсивности напряжений при нормальном отрыве и поперечном сдвиге // Совершенствование железобетонных конструкций, оценка их состояния и усиление. Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Минск, 2001. С. – 114-117.
7. Леонович С.Н., Аль-Факих О.А.М. Методика определения коэффициентов интенсивности напряжений при нормальном отрыве и поперечном сдвиге // Материалы Международной научно-технической конференции «Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно-хозяйственной деятельности, разработку экономичных и экологически чистых технологий и прогрессивных методов обучения», посвященной 80-летию Бело-

- русской государственной политехнической академии, (54-й научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов БГПА). В 10-ти частях, часть 7. Минск, 2000. – С.25.
8. Аль-Факих О.А.М., И.Н.Гуров, С.Н.Леонович Технология морозостойкого тяжелого бетона // Проблемы совершенствования технологии, организации, экономики и управления в строительстве. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Минск, 18-19 октября 2002. – С. 313-317.
9. Аль-Факих О.А.М., И.Н.Гуров, С.Н. Леонович Технология морозостойкого напрягающего бетона // Проблемы совершенствования технологии, организации, экономики и управления в строительстве. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Минск, 18-19 октября 2002. – С. 318-322.

УДК 614.841.33:624.014

Касперов Г.И., Полевода И.И.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ ПРИ ПОЖАРЕ

Общепринятым подходом к оценке возможности хрупкого разрушения, как в отечественной, так и зарубежной практике, является анализ влажности бетона. Если массовая эксплуатационная влажность бетона (W_c) меньше критической влажности бетона (W_{cr}), то бетон не будет хрупко разрушаться [1,2]

$$W_c \leq W_{cr} \quad (1)$$

Значение критической влажности (W_{cr}) для тяжелых бетонов с гранитным заполнителем принято в российских нормах - 3.5% [2], в европейских строительных нормах [1] как и в "Рекомендациях по защите...", разработанных в 1979 году, – 3% [3]. Для более точной оценки существует аналитический метод определения критической влажности бетона [3]:

Касперов Георгий Иванович, к.т.н., доцент, начальник каф. пожарной профилактики и предупреждения чрезвычайных ситуаций Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь.

Полевода Иван Иванович, ст. преподаватель каф. пожарной профилактики и предупреждения чрезвычайных ситуаций Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь.

Беларусь, Командно – инженерный институт МЧС Республики Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25.

$$W_{cr} = \frac{1000 \cdot c \cdot f_{ctk} \cdot n_p}{\lambda \cdot \rho \cdot \left(1 + 0.15 \frac{\sigma_c}{f_{ctk}}\right)}, \quad (2)$$

где $c=0.58$ Вт·м/(МПа·°C) - коэффициент пропорциональности;

f_{ctk} - нормативное сопротивление бетона осевому растяжению, МПа;

ρ - плотность бетона, кг/м³;

λ - коэффициент теплопроводности бетона, Вт/м град;

n_p - пористость бетона, кг/кг;

σ_c - сжимающее расчетное напряжение от длительной нормативной нагрузки на поверхности конструкции, МПа.

Величина эксплуатационной влажности зависит от пористости и проницаемости бетона, степени гидратации и вида вяжущего, относительной влажности и температуры окружающей среды. Значения равновесной влажности обычного бетона на портландцементе с плотным заполнителем и $B/C = 0.5$ приведены в табл.1 [3,4]. При других значениях B/C равновесия влажность бетона определяется умножением приведённых в табл.1 значений на коэффициент, равный при B/C 0.3; 0.7; 0.9 соответственно 0.57; 1.3; 1.4.

Проведенные авторами расчеты показали, что с приемлемой достоверностью определить равновесную влажность бетона можно по формуле

$$W_c = 0.00027 \cdot RH \cdot C^{0.2} \cdot B^{0.73}, \quad (3)$$

где RH - влажность воздуха, %;

C - расход цемента, кг/м³;

B - расход воды кг/м³.

Также распространен метод оценки параметров конструкции, основанный на оценке соотношения толщины конструкции и величины напряжения сжатия. Данный метод изначально был заложен в европейские предварительные нормы ENV 1992-1-2, однако в окончательный вариант EN 1992 (Eurocode-2) не вошел, хотя и был заложен российскими разработчиками в МДС 21.2 (рис.1).

Вместе с тем, оба указанных метода носят оценочный характер и не отражают сущности явлений, происходящих в бетоне при высокотемпературном нагреве. Возможность хрупкого разрушения бетона при пожаре позволяет оценить критерий хрупкого разрушения (F), определяемый по формуле (4). Данный метод предложен Жуковым В.В. и позволяет учесть в совокупности все параметры, приводящие к хрупкому разрушению бетона. Методика удобна в использовании, а ее достоверность подтверждается проведенными исследованиями [3,4]. Если критерий хрупкого разрушения $F \leq 4$, то хрупкого разрушения бетона не будет. Если $F > 4$, то бетон будет хрупко разрушаться. Входящие в формулу (4) параметры определяются для температур бетона 200 – 300°С.

$$F = \frac{a \cdot \alpha_c(\Theta) \cdot \beta \cdot E_c \cdot \rho \cdot W_c}{K_{1C} \cdot \lambda \cdot n_p}, \quad (4)$$

Таблица 1

Расход цемента Ц, кг/м ³	Равновесная влажность бетона W_c , %			
	Относительная влажность воздуха RH , %			
	15	25	50	75
300	0.9	1	1.3	2.5
400	1.2	1.5	2.1	3
500	1.5	2	2.7	3.8
700	2.1	3	3.9	5.4

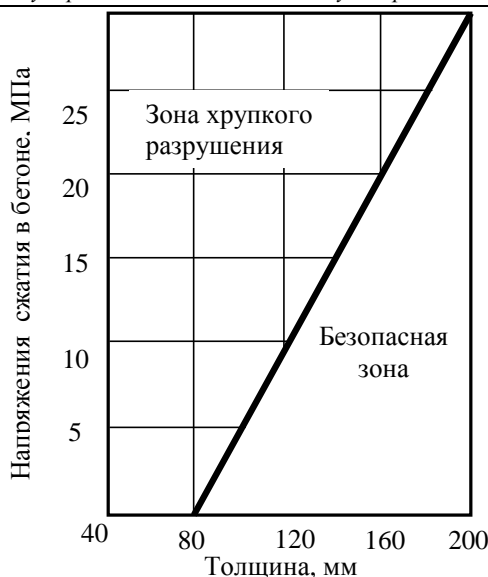


Рис.1. Зависимость хрупкого разрушения бетона от напряжений сжатия в бетоне и толщины элемента.

где a – коэффициент пропорциональности, равный $1.16 \cdot 10^{-2}$ Вт·м^{5/2}·кг⁻¹;

W_c - объемная эксплуатационная влажность, кг/кг;

n_p - общая пористость бетона, кг/кг;

$\alpha_c(\Theta)$ - коэффициент температурной деформации бетона, град⁻¹;

$E_c(\Theta)$ - модуль упругости бетона при нагреве, МПа;

ρ - плотность бетона в сухом состоянии, кг/м³;

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/м град;

β – коэффициент изменения модуля упругости при пожаре;

K_{1C} – коэффициент псевдоинтенсивности напряжений неоднородного материала, МПа^{-3/2}.

Для бетонов расчет коэффициента теплопроводности при нормальной температуре (λ) с учетом размерностей может быть осуществлен в зависимости от плотности и влажности материала [5]

$$\lambda = 0.1895 \cdot \rho^{2.13} (1 + 0.069W_c), \quad (5)$$

где ρ - плотность бетона в сухом состоянии, т/м³;

W_c - массовая влажность бетона, %.

Формула (5) справедлива для бетонов с плотностью от 1.7 до 2.8 т/м³. Зависимость коэффициента теплопроводности сухого бетона от температуры в диапазоне от 200 до 700°С аппроксимируется формулой

$$\lambda = \frac{\lambda(25)}{0.96 + 0.0014 \cdot \Theta}, \quad (6)$$

где Θ – температура, °С.

Коэффициент температурной деформации бетона в интервале температур 200–300°С для высокопрочных бетонов зна-

чительно не отличаются, следовательно упрощенно $\alpha_c(\Theta)$ может быть принят равным $\alpha_c(\Theta)=0.00001^{\circ}\text{C}^{-1}$ [6]. Коэффициент β может быть принят равным 0.6 [6]. Результаты обработки данных [3] показывают, что коэффициент псевдоинтенсивности напряжений неоднородного материала может быть определен по формуле

$$K_{1C} = 0.1971 \cdot (100 \cdot \Psi / \rho)^{0.25}. \quad (7)$$

Пористость высокопрочного бетона с $B/\Psi < 0.4$ упрощенно может быть оценена через расход цемента (Ψ) и водоцементное отношение [3]

$$n_p = 0.0008 \cdot \Psi \cdot (B/\Psi) = 0.0008 \cdot B. \quad (8)$$

Преобразование формулы (4) с учетом предложенных допущений и формул (3, 5-8) позволяет получить формулу для инженерных расчетов возможности хрупкого разрушения конструкций из высокопрочного бетона при пожаре

$$F = 0.045 \cdot E_c \cdot \Psi^{0.2}. \quad (9)$$

Модуль упругости в формуле (9) подставляется в ГПа.

УДК 624

Давыдов Е.Ю.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ-ОБОЛОЧЕК НА ПРОЛЕТ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОТВЕРСТИЯМИ

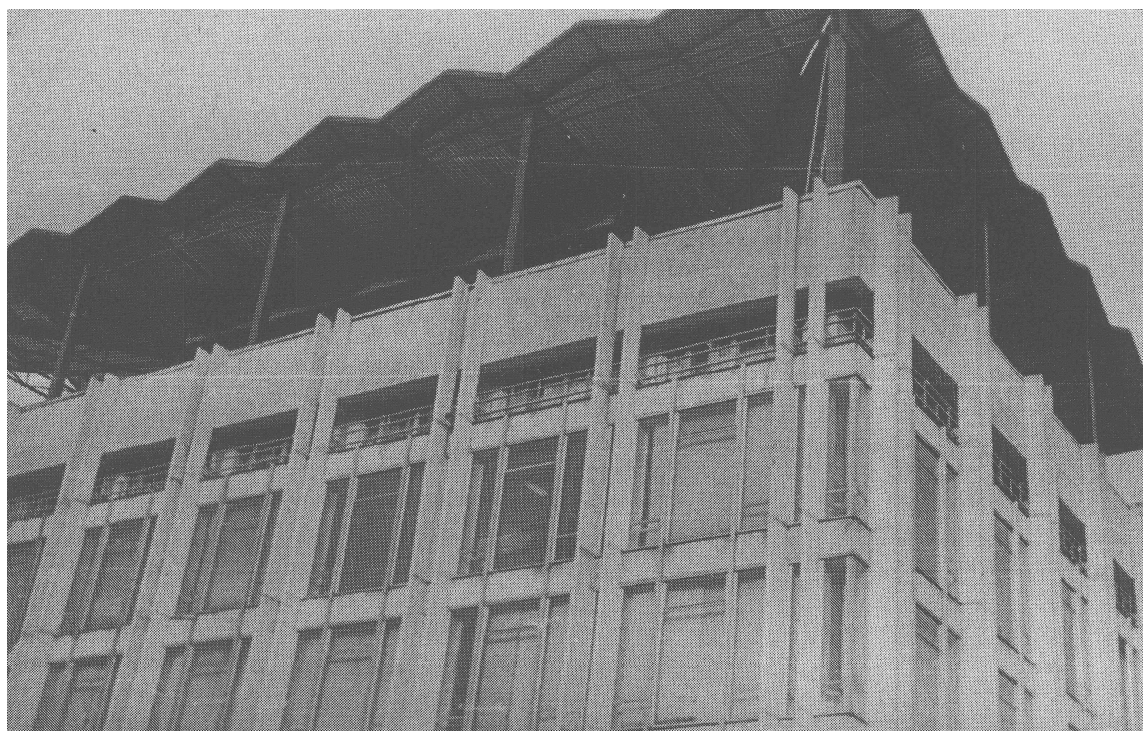


Рис. 1. Покрытие универсама "Беларусь" в г. Минске в процессе строительства

В Республике Беларусь панели-оболочки нашли применение как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий общественного и производственного назначения [1, 2]. На рис. 1 приведен фрагмент покрытия универсама "Беларусь" в процессе строительства.

Панели-оболочки имеют форму гиперболического параболоида, опорный контур образуется из холодногнутых или горячекатаных профилей, а пролетная конструкция из стальных профилированных листов. Панели-оболочки позво-

Проведенные авторами расчеты для различных составов высокопрочных бетонов, показали, что погрешность расчетов находится в интервале 1-8%, поэтому формула (9) может быть использована с приемлемой достоверностью для инженерных расчетов возможности хрупкого разрушения конструкций из высокопрочного бетона при пожаре.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. EN 1992: Eurocode 2: Design of concrete structures- Part 1-2: General rules-Structural fire design. November 2001.
2. МДС 21-2.2000 Огнестойкость и огнестойкость железобетонных конструкций. - М.: ГУП "НИИЖБ", 2000. - с.92.
3. Рекомендации по защите бетонных и железобетонных конструкций от хрупкого разрушения при пожаре.
4. Жуков В.В., Панюков Э.Ф. Термостойкость железобетонных конструкций. Киев: Будэвельник. 1991. 218с.
5. Заседателев И.Б., Петров-Денисов В.Г. Тепло-массоперенос в бетоне специальных промышленных сооружений. - М.: Стройиздат, 1973.- 168с.
6. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. - М.: Стройиздат, 1998. - с.304.

ляют существенно (на 30-40%) снизить трудозатраты на монтажной площадке, уменьшить на 1...2м высоту зданий, сократить расход материалов на конструктивные элементы в пределах покрытия. Создавая выразительный в архитектурном отношении интерьер, панели-оболочки позволяют отказаться от подвесного потолка и, тем самым, в еще большей степени повысить экономическую эффективность покрытий из панелей-оболочек и снизить эксплуатационные расходы.

Давыдов Е.Ю., Белорусский национальный технический университет. Беларусь, БНТУ, 220027, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.