

## ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ФИБРОАРМИРОВАНИЕМ

**Васильченко А.В., к.т.н, доц.**

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

**Отрош Ю.А., к.т.н, доц.**

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

**Ковалев А.И., к.т.н, доц.**

Черкасский институт пожарной безопасности НУЦЗ Украины, Черкассы

В настоящее время для повышения эффективности железобетонных конструкций осуществляются попытки повышения прочностных характеристик бетона введением в его состав дискретных волокон (фибр) различного происхождения [1]. В таком материале – фибробетоне в качестве микрофибры используются стекловолокно, стальные, базальтовые или полимерные волокна. Прочность фибробетона может достигать при изгибе 30...35 МПа, а при сжатии – 80...100 МПа [2]. Исследования показали, что дисперсное армирование бетонов повышает их трещиностойкость, ударостойкость, износостойкость, способствует стойкости бетона к воздействию агрессивной среды; позволяет сократить рабочие сечения конструкций и в ряде случаев отказаться от использования стержневой арматуры или уменьшить ее расход [2].

Определение параметров строительных элементов из фибробетона осуществляется по тем же принципам, что и для железобетона. Расчёт при этом необходимо согласовывать с методом определения внутренних сил и моментов.

Однако, при всех перечисленных достоинствах изделий на основе фибробетонов недостаточно исследованной остается проблема их устойчивости при пожаре.

Имеющийся опыт испытаний железобетонных конструкций на огнестойкость свидетельствует, что при прочих равных условиях конструкции с более высокими механическими характеристиками имеют обычно и больший предел огнестойкости. Можно предполагать, что материал фиброволокон, изменяя теплофизические свойства бетона, окажет влияние на характеристики его огнестойкости.

В данной работе оценка огнестойкости железобетонных изгибаемых элементов на основе фибробетонов разного состава производилась по их расчетным пределам огнестойкости.

Для примера в качестве базовых выбраны железобетонные балки с разным процентом армирования на основе бетона класса В25 с гранитным заполнителем. Сечение элементов прямоугольное с размерами:  $b=300$  мм,

$h=700$  мм,  $h_0=650$  мм. Расчетное сопротивление бетона  $R_b=14,5$  МПа. Для данного элемента принято одиночное армирование стальной арматурой класса А400 с расчетным сопротивлением  $R_s=355$  МПа.

Для сравнения рассматривались подобные балки на основе такого же бетона, но с дисперсным армированием стальной и базальтовой фиброй.

Для выбранной балки несущая способность относительно центра тяжести сечения сжатой зоны бетона рассчитывалась по формулам:

– для исходной балки и балки с дисперсным армированием:

$$M = \sigma_s A_s (h_0 - 0,5x), \quad (1)$$

где  $\sigma_s$  – напряжение в стальной арматуре;  $A_s$  – суммарная площадь сечения стальной арматуры;  $x$  – расчетная высота сжатой зоны бетона.

Условиями равновесия для расчетов выбраны:

– в исходной балке: 
$$\sigma_s A_s - R_b b x = 0; \quad (2)$$

– в балках с дисперсным армированием: 
$$\sigma_s A_s - R_{bf} b x = 0. \quad (3)$$

где  $R$  – расчетное сопротивление; индексы  $s$ ,  $b$ ,  $bf$  означают сталь, бетон и фибробетон, соответственно.

Расчетная высота сжатой зоны бетона вычислялась как:

$$x = \xi \cdot h_0, \quad (4)$$

где  $\xi$  – относительная высота сжатой зоны бетона.

Расчеты несущей способности балок проводились по методике СНиП 2.03.01-84\* с учетом свойств материалов соответствующих элементов, и результаты показаны в таблице.

Пределы огнестойкости исследуемых железобетонных балок  $\tau$  оценивались с учетом их несущей способности по методике [3] из формулы

$$\operatorname{erf} \frac{k \sqrt{a_b} + \delta}{2 \sqrt{a_b \tau}} = \operatorname{erf} X_b = \frac{t_1 - t_{crs}}{t_1 - t_0}, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент плотности бетона;  $a_b$  – коэффициент температуропроводности;  $\delta$  – толщина защитного слоя бетона;  $t_1$  – температура стандартного пожара,  $t_1=1250$  °С;  $t_0$  – начальная температура,  $t_0=20$  °С;  $t_{crs}$  – критическая температура арматуры.

Результаты оценочных расчетов пределов огнестойкости балок показаны в таблице.

По результатам расчетов видно, что использование фибробетонов увеличивает несущую способность балки. Причем, особенно наглядно этот эффект проявляется при больших нагрузках.

Также позитивно сказывается использование фибробетонов и на огнестойкости балки. Причем, этот эффект нагляднее проявляется при больших нагрузках. Следует заметить, что расчет предела огнестойкости проводился для несущей способности соответствующей проценту армирования каждой балки. Поэтому разброс этих значений не очень большой.

**Таблица – Несущая способность и предел огнестойкости железобетонных балок с фиброармированием**

| Диаметр арматуры, мм                             |                      | 22      | 28      | 36      | 40      |
|--|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Суммарная площадь арматуры, $A_s, \text{м}^2$    |                      | 0,00114 | 0,00184 | 0,00305 | 0,00376 |
| Процент армирования, %                           |                      | 0,5     | 1,0     | 1,5     | 2,0     |
| Несущая способность, $M, \text{кН}\cdot\text{м}$ | Без фиброармирования | 152     | 312     | 476     | 605     |
|  | Стальная фибра       | 219     | 395     | 542     | 676     |
|  | Базальтовая фибра    | 200     | 365     | 525     | 672     |
| Предел огнестойкости, $\tau, \text{мин}$         | Без фиброармирования | 105     | 99      | 92      | 80      |
|  | Стальная фибра       | 95      | 94      | 91      | 83      |
|  | Базальтовая фибра    | 100     | 98      | 95      | 90      |

Как и следовало ожидать, бетон с базальтовой фиброй наименее чувствителен к нагреву. Но и бетон со стальной фиброй оказался по этому показателю сравним с обычным бетоном. Возможно, это объясняется тем, что за время прогрева стальной арматуры до критической температуры расчетная высота сжатой зоны фибробетона остается большей, чем у обычного бетона.

Таким образом, расчеты показали, что дисперсное армирование бетона железобетонной балки стальной и базальтовой фиброй увеличивает ее несущую способность, а также повышает ее предел огнестойкости, особенно при больших рабочих нагрузках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетонов XXI века / Ю.М. Баженов // Новые научные направления строительного материаловедения: материалы докладов Академических чтений РААСН. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – С. 9-19.
2. Пухаренко Ю.В. Эффективные фиброармированные материалы и изделия для строительства/ Ю.В. Пухаренко // Промышленное и гражданское строительство. – № 10. – 2007.
3. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И.Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.