

*А.В. Васильченко, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
И.М. Хмыров, преподаватель, НУГЗУ,
С.С. Кучер, студентка НУГЗУ*

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ЕЕ УСИЛЕНИИ ОБОЙМОЙ ИЗ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОНА

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

На основании оценочных расчетов показано, что усиление колонны, поврежденной пожаром, железобетонной обоймой на основе фибробетона значительно повышает как прочность конструкции, так и ее огнестойкость.

Ключевые слова: обойма, фибробетон, базальтовая фибра, предел огнестойкости.

Постановка проблемы. В промышленных зданиях с железобетонным каркасом колонны испытывают влияние различных факторов: химических, механических, термических. Достаточно часто приходится усиливать колонны в силу разных обстоятельств:

- увеличение нагрузок на несущие конструкции;
- коррозия арматуры;
- последствия пожара.

Наиболее часто для усиления колонн применяется метод установки обойм стальных или железобетонных. На пожароопасных участках, где происходили и могут повториться пожары целесообразно применять железобетонные обоймы.

Известно, что после воздействия пожара и последующего охлаждения железобетонной конструкции в стальной арматуре практически полностью восстанавливается прочность [1]. Прочность бетона при этом полностью не восстанавливается и, соответственно, не восстанавливается несущая способность колонны. В связи с этим усиливающая железобетонная обойма должна:

- способствовать повышению несущей способности колонны, по крайней мере, до первоначального уровня;
- повышать огнестойкость конструкции;
- не увеличивать чрезмерно сечение колонны.

Анализ последних исследований и публикаций. Удовлетворить перечисленные выше требования наиболее полно возможно за счет применения в обойме фибробетона на основе стальной или базальтовой фибры [2]. Прочность такого фибробетона может достигать при растяжении

6...12 МПа, при изгибе – 30...35 МПа, а при сжатии – 80...100 МПа. Дисперсное армирование бетонов повышает их трещиностойкость, ударостойкость, способствует стойкости бетона к воздействию агрессивной среды; позволяет сократить рабочие сечения конструкций [3].

Известны методы расчета железобетонной обоймы, которые используются при необходимости повышения несущей способности колонны вследствие возрастания эксплуатационных нагрузок [4]. Методика расчета усиливаемых элементов также предложена в СНиП 2.03.01-84* [5]. Однако, методы расчета железобетонной обоймы для усиления конструкций пострадавших при пожаре остаются недостаточно исследованными.

Постановка задачи и ее решение. Основной задачей работы является расчет усиления поврежденной пожаром железобетонной колонны с помощью обоймы из фибробетона, а также оценка огнестойкости усиленной конструкции. Для этого необходимо в применяемой методике расчета усиливаемых элементов найти способ учета поврежденного слоя бетона колонны и оценить влияние дополнительного слоя фибробетона обоймы на огнестойкость усиленной конструкции.

Особенностью расчетной схемы колонны, пострадавшей при пожаре и усиленной железобетонной обоймой, является наличие внешнего слоя бетона колонны с уменьшенным расчетным сопротивлением, который потерял несущую способность и считается выключенным из работы. Толщина этого слоя зависит от интенсивности и продолжительности пожара, а также от свойств использованного бетона. Можно ожидать, что при пожаре, продолжительностью 2 часа и обогреве колонны с четырех сторон толщина поврежденного слоя бетона достигнет 35...50 мм.

Прочность усиленной конструкции (показанной на рис. 1) в этом случае будет обеспеченной, если будет выполняться условие:

$$Ne \leq R_{b2}^* b_2 x_2 (h_{0,red} - 0,5x_2) + R_{b1}^* b_1 x_1 (h_{0,red} - x_2 - y - 0,5x_1) + R_s^* A_{s,red}^* (h_{0,red} - a') - R_{b2} b_2 x_2 (h - h_{0,red} - 0,5x_2), \quad (1)$$

где N – внецентренная нагрузка; e – эксцентриситет; R_{b1} , R_{b2} , R_s – расчетные сопротивления бетона колонны, бетона обоймы, стальной арматуры, соответственно (со звездочкой – при сжатии, без звездочки – при растяжении); b_1 , b_2 – ширина сечения колонны и ширина обоймы, соответственно; h – толщина сечения конструкции; x_1 – толщина сжатой зоны бетона колонны; x_2 – толщина обоймы; y – толщина поврежденного слоя бетона колонны; $h_{0,red}$ – рабочая толщина сечения конструкции; $A_{s,red}^*$ – суммарная площадь сжатой арматуры; a' – расстояние от сжатой грани обоймы до центра тяжести ее арматуры.

Толщина сжатой зоны бетона колонны x_1 при использовании в колонне и обойме симметричной арматуры одного класса рассчитывается из условия равновесия по формуле:

$$x_1 = \frac{N + R_{b2} b_2 x_2 - R_{b2}^* b_2 x_2}{R_{b1}^* b_1} \quad (2)$$

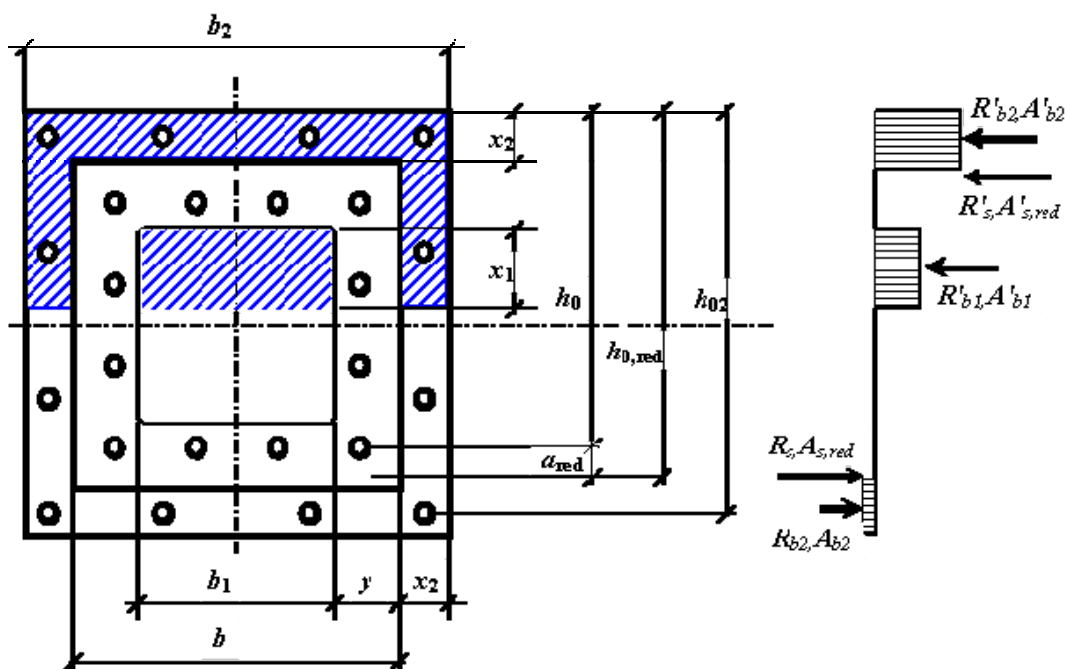


Рис. 1. Схема сечения и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси колонны, поврежденной пожаром и усиленной железобетонной обоймой

Для оценочного расчета рассмотрена поврежденная пожаром колонна сечением $0,5 \times 0,5$ м, высотой 4,8 м из бетона класса В15 с арматурой $12\text{Ø}20$ А-3. Толщина защитного слоя бетона $a_1=0,02$ м, внецентренная нагрузка $N=1200$ кН, толщина поврежденного слоя бетона колонны $y=0,035$ м.

Рассматривалось усиление колонны железобетонной обоймой на основе фибробетона с дисперсным армированием базальтовой фиброй (выбрано на основании работы [6]) и симметричной стальной арматурой $12\text{Ø}20$ А-3. Толщина обоймы $x_2=0,1$ м, толщина защитного слоя $a_2=0,04$ м. Расчетное сопротивление фибробетона при сжатии $R_{b2}^*=80$ МПа, при растяжении – $R_{b2}=10$ МПа.

Для сравнения расчет проводился также для обоймы с такими же параметрами, но на основе бетона класса В15. Расчет по (1) показал, что несущая способность рассмотренной конструкции на основе фибробетона (3931 кН·м) более, чем в 3 раза выше

аналогичной конструкции на основе бетона класса В15 (1270 кН·м).

Оценка огнестойкости усиленной конструкции проводилась из расчета предела огнестойкости по методике [7]. Особенность такого расчета заключается в том, что необходимо учесть наличие слоя бетона обоймы и слоя бетона в колонне с измененными механическими характеристиками (допускается, что теплофизические характеристики этого слоя не изменились).

В случае, когда обойма изготовлена из того же материала, что и колонна, теплотехническая часть задачи рассчитывалась как для однородного тела.

Если материал обоймы отличается от материала колонны, то теплотехническую часть можно рассчитать как для многослойного тела через эквивалентный коэффициент теплопроводности λ_{eq} :

$$\lambda_{eq} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \quad (3)$$

где δ_i – толщина i -го слоя; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя.

Исходя из этих соображений, по методике [7] можно рассчитать приведенный коэффициент температуропроводности a_{red} , критическую температуру t_{cr} , критерий Фурье F_0 , распределение температуры при прогреве усиленной колонны и толщину слоя обоймы Δ , поврежденную за расчетное время испытаний.

Несущая способность при этом вычисляется по преобразованной формуле (1):

$$Ne \leq R_{b2}^* (b_2 - 2\Delta)(x_2 - \Delta)[h_{0,red} - \Delta - 0,5(x_2 - \Delta)] + R_{b1}^* b_1 x_1 (h_{0,red} - x_2 - y - 0,5x_1) + R_s^* A_{s,red} (h_{0,red} - a') - R_{b2} (b_2 - 2\Delta)(x_2 - \Delta)[h - h_{0,red} - 0,5(x_2 - \Delta)]. \quad (4)$$

Расчетный предел огнестойкости железобетонной колонны, взятой в качестве примера R120.

Расчетный предел огнестойкости колонны, усиленной после пожара железобетонной обоймой из того же материала, что и колонна R180.

Расчетный предел огнестойкости колонны, усиленной после пожара железобетонной обоймой на основе фибробетона с дисперсным армированием базальтовой фиброй R270.

Выводы. Таким образом, расчеты показали, что при усилении колонны, поврежденной пожаром, железобетонной обоймой на основе фибробетона с дисперсным армированием базальтовой фиброй можно

ожидать значительного повышения как прочности конструкции, так и ее огнестойкости.

Однако эти оценочные результаты не отменяют необходимости испытаний конструкций с использованием фиброжелезобетона на предел огнестойкости, т.к. взаимодействие фибры и материала бетона при нагреве еще недостаточно изучено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мосалков И.Л. Огнестойкость строительных конструкций / Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. – М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2001. – 496 с.

2. Поднебесов П.Г. Новые способы усиления сжатых элементов железобетонных конструкций / П.Г. Поднебесов, В.В. Теряник // Вестник РУДН. М., 2010. № 2. – С. 36-393.

3. Пухаренко Ю.В. Эффективные фиброармированные материалы и изделия для строительства/ Ю.В. Пухаренко // Промышленное и гражданское строительство. – № 10. – 2007.

4. Реконструкция зданий и сооружений / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров: Учеб. пособие для строит. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1991. – 352 с.

5. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Госстрой СССР, 1991.

6. Васильченко А.В. Оценка предела огнестойкости изгибаемых железобетонных элементов, усиленных фиброматериалами / Васильченко А.В., Золочевский Н.Б., Хмыров И.М. // Сб. науч. трудов НУГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вып.33.– Харьков: НУГЗУ, 2013. – С.27-32.

7. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И.Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.

О.В. Васильченко, І.М. Хмиров, С.С. Кучер

Підвищення вогнестійкості залізобетонної колони при її посиленні обіймою з фіброзалізобетону

На підставі оціночних розрахунків показано, що посилення колони, пошкодженої пожежею, залізобетонною обіймою на основі фібробетону значно підвищує як міцність конструкції, так і її вогнестійкість.

Ключові слова: обійма, фібробетон, базальтова фібра, межа вогнестійкості.

A.V. Vasilchenko, I.M. Khmyrov, S.S. Kucher

Increase of fire resistance of a ferro-concrete column at its strengthening by a fiber-ferro-concrete holder

On the basis of estimated calculations it is shown that strengthening of the column damaged by a fire, a ferro-concrete holder on a basis of fiber-concrete considerably raises both durability of a design, and its fire resistance.

Keywords: holder, fiber-concrete, basalt fiber, fire resistance limit.