

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

ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ФЕРМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИБРОБЕТОНА В ЕЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

На основании оценочных расчетов показано, что использование фибробетона на основе стальной фибры в отдельных, наиболее напряженных, элементах железобетонной фермы значительно увеличивает ее несущую способность, а также повышает предел огнестойкости, особенно при повышенных рабочих нагрузках.

Ключевые слова: фибробетон, стальная фибра, предел огнестойкости.

Постановка проблемы. Огнестойкость промышленных зданий с железобетонным каркасом во многом определяется пределом огнестойкости стропильных конструкций покрытия. Наиболее опасными и малопредсказуемыми стропильными конструкциями считаются фермы, т.к. достижение предела огнестойкости в любом их элементе может вызвать обрушение всей конструкции [1].

Негативно сказывается на огнестойкости ферм увеличение рабочей нагрузки. Это может вызвать снижение степени огнестойкости здания, что в некоторых случаях недопустимо.

Поскольку предел огнестойкости зависит от запаса прочности, то повысить его без изменения размеров сечений можно за счет применения более мощной арматуры или бетона более высокого класса. Но увеличение сечения арматуры может быть неэкономичным, а повышение класса бетона несущественно повышает прочность конструкции.

Анализ последних исследований и публикаций. Повысить прочность конструкции также возможно за счет применения 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. Известно, что дисперсное армирование бетонов стальной или базальтовой фиброй повышает их трещиностойкость, ударостойкость, способствует стойкости бетона к воздействию агрессивной среды; позволяет сократить рабочие сечения конструкций [3]. Также известно, что дисперсное армирование бетона способствует повышению предела огнестойкости конструкции [4, 5]. Однако, стоимость фибробетона довольно высока, и поэтому использование его для изготовления ферм представляется неэкономичным. Кроме того, при всех перечисленных достоинствах изделий из фибро-

бетон не достаточно исследованной остается проблема расчета их устойчивости при пожаре.

Постановка задачи и ее решение. В данной работе для удешевления изделия изучается возможность использования фибробетона на основе стальной фибры только в отдельных, наиболее напряженных, работающих на растяжение, элементах фермы.

Поэтому, основной задачей данной работы является выявление расчетным путем наиболее напряженных элементов фермы, работающих на растяжение, расчет напряжения арматуры в них и пределов огнестойкости, а далее – сравнение полученных характеристик с характеристиками, рассчитанными для случая замены в этих элементах обычного тяжелого бетона на фибробетон.

Для примера в качестве базовой выбрана железобетонная стропильная ферма с параллельными поясами пролетом 18 м, высотой 2,04 м, шагом узлов по верхнему поясу 3 м, шагом колонн 6 м (рис.1). В ферме применяется бетон класса В30.

Расчеты проводились для равномерно распределенных нагрузок 5,50 кПа и 8,50 кПа в программе "SCAD" и показали, что наиболее напряженными, работающими на растяжение, являются элементы фермы нижнего пояса "х-х" (рис. 1). Размеры их сечения 240×300 мм, в них использована рабочая продольная стальная арматура из 6 стержней класса А600, толщина защитного слоя бетона 20 мм.

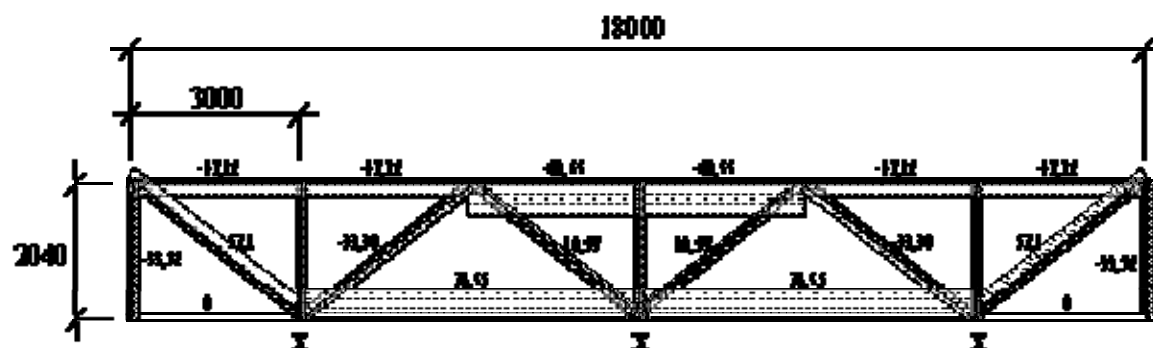


Рис. 1. Схема и эпюры усилий железобетонной фермы при равномерно распределенной нагрузке 5,50 кПа

На основании расчетов были определены усилия в элементах "х-х" и напряжения рабочей арматуры в этих элементах при диаметрах стержней 18 мм, 20 мм, 22 мм.

Поскольку расчет показал, что в элементах фермы "х-х" изгибающий момент $M=0$, то при оценках прочности растянутой продольной арматуры игнорировалось наличие эксцентриситета. Также игнорировалось сопротивление тяжелого бетона В30 на растяжение ввиду его незначительности. Поэтому условие прочности элемента фермы "х-х" (определяющего прочность всей фермы) можно записать в виде

$$\sigma_s = \frac{P}{A_s} \geq R_s \quad (1)$$

или в предельном случае

$$P = R_s A_s, \quad (2)$$

где σ_s – напряжение арматуры, МПа; P – усилие в элементе фермы, МН; R_s – расчетное сопротивление стали, МПа; A_s – суммарная площадь сечения стальной арматуры, м².

При использовании фибробетона со стальной фиброй его сопротивление растяжению принимается $R_{bf} = 6$ МПа. В этом случае вклад фибробетона в несущую способность элемента фермы оценивается как

$$P = R_s A_s + R_{bf} A_{bf}, \quad (3)$$

где R_{bf} – расчетное сопротивление фибробетона на растяжение, МПа; A_{bf} – площадь сечения элемента фермы, м².

Пределы огнестойкости исследуемых наиболее напряженных железобетонных элементов фермы оценивались по критической температуре арматуры с учетом нагрузки по методике [6]. По такой же методике оценивались подобные элементы фермы, в которых использовался фибробетон на основе стальной фибры.

При этом условия (2) и (3) преобразовывались в виде

$$P = R_s \gamma_{st} A_s; \quad (4)$$

$$P = R_s \gamma_{st} A_s + R_{bf} \gamma_{bft} A_{bft}, \quad (5)$$

где γ_{st} – коэффициент условий работы арматуры; γ_{bft} – коэффициент условий работы фибробетона, который принимается: $\gamma_{bft} = 1$ (при $t \leq 510$ °С), $\gamma_{bft} = 0$ (при $t > 510$ °С); A_{bft} – площадь сечения элемента фермы без защитного слоя бетона, м².

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Сравнение результатов расчетов показывает, что использование фибробетона в отдельных элементах фермы дает возможность значительно (почти в 2 раза) повысить ее несущую способность и предел огнестойкости. Если в ферме, принятой за базовую, повышенную нагрузку 8,5 кПа способен выдержать только элемент "х-х", армированный стержнями Ø22, то с применением фибробетона в этом элементе появляется возможность армирования также стержнями Ø20 и даже Ø18. И при этом во всех случаях рассчитанные пределы огнестойкости обеспечивают первую степень огнестойкости.

Табл. 1. Напряжения рабочей арматуры и пределы огнестойкости элементов "х-х" железобетонной фермы

	Элемент "х-х" на основе бетона В30						Элемент "х-х" на основе фибробетона					
	Напряжение арматуры, МПа			Предел огнестойкости, мин			Напряжение арматуры, МПа			Предел огнестойкости, мин		
Диаметр арматуры, мм	18	20	22	18	20	22	18	20	22	18	20	22
Нагрузка 5,5 кПа	488	396	327	R25	R30	R40	205	166	137	R45	R50	R60
Нагрузка 8,5 кПа	–	–	456	–	–	R25	397	322	266	R30	R40	R45

Выводы. Таким образом, на основании оценочных расчетов показано, что использование фибробетона на основе стальной фибры в отдельных, наиболее напряженных, элементах железобетонной фермы значительно увеличивает ее несущую способность, а также повышает предел огнестойкости. Преимуществом фибробетона является возможность его применения для значительного усиления ферм при увеличении рабочей нагрузки без изменения их внешнего вида и сечения элементов; повышение экономичности за счет снижения веса рабочей арматуры и при всем этом – обеспечение требуемого предела огнестойкости фермы за счет повышения пределов огнестойкости ее отдельных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Пухаренко Ю.В. Эффективные фиброармированные материалы и изделия для строительства // Промышленное и гражданское строительство. – № 10. – 2007.
3. Шилин А.А. и др. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Шилин, В.А. Пшеничный, Д.В. Картузов. – М.: ОАО "Издательство "Стройиздат", 2004.
4. Васильченко А.В. Оценка предела огнестойкости изгибаемых железобетонных элементов, усиленных фиброматериалами / А.В.Васильченко, Н.Б.Золочевский, И.М.Хмыров // Проблемы пожарной безопасности. – Вып. 33. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – С. 27-32.
5. Васильченко А.В. Повышение огнестойкости железобетонной колонны при ее усилении обоймой из фиброжелезобетона / А.В. Васильченко, И.М.Хмыров, С.С.Кучер // Проблемы пожарной

безопасности. – Вып. 34.– Харьков: НУГЗУ, 2013. – С.40-44.

6. МДС 21-2.2000. Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. Госстрой России, 2000.

О.В. Васильченко, І.М. Хмиров

Оцінка вогнестійкості залізобетонної ферми при використанні фібробетона в її окремих елементах

На підставі оціночних розрахунків показано, що використання фібробетону на основі сталевих фібр в окремих, найбільш напружених, елементах залізобетонної ферми значно збільшує її несучу здатність, а також підвищує межу вогнестійкості, особливо при підвищених робочих навантаженнях.

Ключові слова: фібробетон, сталеві фібри, межа вогнестійкості.

O.V. Vasylichenko, I.M. Khmyrov

Estimation of fire resistance of a ferro-concrete farm when using fiber-concrete in its separate elements

On the basis of estimated calculations it is shown that using fiber-concrete on the basis of a steel fiber in separate, the most intense, elements of a ferro-concrete farm considerably increases its bearing ability, and also raises a fire resistance limit, especially at the raised working loadings.

Keywords: fiber-concrete, steel fiber, fire resistance limit.