

# ESTIMATION OF RESISTANCE FIBER-FERRO-CONCRETE GIRDER IN CASE OF FIRE

## ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ФЕРМЫ ПРИ ПОЖАРЕ

**Васильченко Алексей Владимирович,**

*канд. техн. наук, доцент, старший преподаватель,*

*кафедра надзорно-профилактической деятельности,*

*Национальный университет гражданской защиты Украины г. Харьков Украина*

В пожарном отношении наиболее опасными и малопредсказуемыми стропильными конструкциями считаются фермы, т.к. достижение предела огнестойкости в любом их элементе может вызвать обрушение всей конструкции [1].

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.

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. Дисперсное армирование бетонов стальной или базальтовой фиброй повышает их трещиностойкость, позволяет сократить рабочие сечения конструкций [2], способствует повышению предела огнестойкости конструкции [2, 3]. Однако, стоимость фибробетона довольно высока, и поэтому использование его для изготовления ферм может показаться неэкономичным.

Для удешевления изделия изучается возможность использования фибробетона на основе стальной фибры только в отдельных, наиболее напряженных, работающих на растяжение, элементах фермы.

Эффективность этого метода можно проверить, выявив расчетным путем наиболее напряженные элементы фермы, работающие на растяжение, рассчитав напряжения арматуры в них и пределы огнестойкости, а далее – сравнив полученные характеристики 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 стоек 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 240Ч300 мм, в них использована рабочая продольная стальная арматура из 6 стержней класса А600, толщина защитного слоя бетона 20 мм.

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

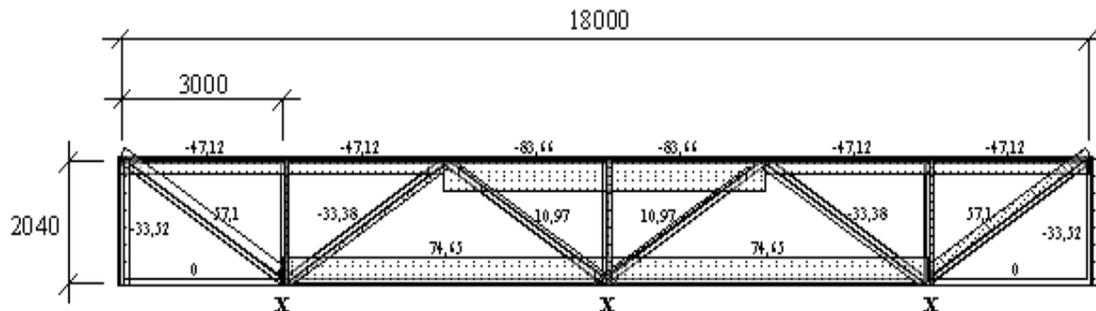
Поскольку расчет показал, что в элементах фермы "х-х" изгибающий момент  $M=0$ , то при оценках прочности растянутой продольной арматуры игнорировалось наличие эксцентриситета. Также игнорировалось сопротивление тяжелого бетона В30 на растяжение ввиду его незначительности. Поэтому условие прочности элемента 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  $\sigma_s$  – напряжение арматуры, МПа;  $P$  – усилие в элементе фермы, МН;  $R_s$  – расчетное сопротивление стали, МПа;  $A_s$  – суммарная площадь сечения стальной арматуры, м<sup>2</sup>.



**Рисунок 1 – Схема и эпюры усилий железобетонной фермы при равномерно распределенной нагрузке 5,50 кПа**

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, м<sup>2</sup>.

Пределы огнестойкости исследуемых наиболее напряженных железобетонных элементов фермы оценивались по критической температуре арматуры с учетом нагрузки по методике [4]. 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  $\gamma_{st}$  – коэффициент условий работы арматуры;  $\gamma_{bft}$  – 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, м<sup>2</sup>.

Результаты расчетов представлены в таблице.

**Таблица – 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	
<b>Диаметр арматуры, мм</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>22</b>
<b>Нагрузка 5,5 кПа</b>	488	327	R25	R40	205	137	R45	R60
<b>Нагрузка 8,5 кПа</b>	–	456	–	R25	397	266	R30	R45

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  $\varnothing 22$ , то с применением фибробетона в этом элементе появляется возможность армирования также стержнями  $\varnothing 18$ . И при этом во всех случаях рассчитанные пределы огнестойкости обеспечивают первую степень огнестойкости.

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

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

3. Васильченко А.В. Повышение огнестойкости железобетонной колонны при ее усилении обоймой из фиброжелезобетона / А.В.Васильченко, Хмыров И.М., С.С.Кучер // Сб. науч. трудов НУГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вып.34.– Харьков: НУГЗУ, 2013. – С.40-44.

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