УДК 691

© Н. В. Бегунова, старший преподаватель
(Ижевский государственный технический
университет им. М. Т. Калашникова)
E-mail: tysiakia@gmail.com
© В. Н. Возмищев, заместитель ген. директора
(ООО «КомАР»)
E-mail: vozmishev60@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-2-48-53

© N. V. Begunova, senior lecturer
(Kalashnikov Izhevsk State Technical University)
E-mail: tysiakia@gmail.com
© V. N. Vozmishchev, Deputy General Director
("KomAR" Ltd.)
E-mail: vozmishev60@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ БЕТОННЫХ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОКОМПОЗИТНОЙ И СТАЛЬНОЙ АРМАТУРАМИ

COMPARATIVE EVALUATION OF FIRE RESISTANCE OF CONCRETE STRUCTURES REINFORCED WITH FIBERGLASS AND STEEL REBAR

Приводятся результаты исследования огнестойкости нескольких образцов бетонных балок, армированных стеклокомпозитной арматурой производства ООО «КомАР», и их сравнение с огнестойкостью бетонных балок, армированных стальной арматурой класса А500С. Определены пределы огнестойкости и класс пожарной опасности конструкций бетонных балок, армированных стеклокомпозитной арматурой. Испытания на огнестойкость опытных образцов бетонных балок, армированных стальной и стеклокомпозитной арматурами, проводились под действием статической нагрузки, приложенной к двум точкам рабочего пролета балок.

Ключевые слова: стеклокомпозитная арматура, стальная арматура, бетонная балка, предел огнестойкости, класс пожарной опасности.

The article presents the study results of the fire resistance of several samples of concrete beams reinforced with fiberglass rebar manufactured at «KomAR» Ltd. The data are compared with the fire resistance of concrete beams reinforced with steel rebar of A500C class. The fire resistance limits and the fire hazard class of concrete beam structures reinforced with fiberglass rebar have been determined. Tests on determining the fire resistance of prefabricated concrete beams reinforced with steel and fiberglass rebar were carried out in conditions when beams were subjected to the action of static load applied to two points of the working span of the beams.

Keywords: fiberglass rebar, steel rebar, concrete beam, fire resistance limit, fire hazard class.

Целью исследования огнестойкости образцов бетонных балок, армированных стеклокомпозитной арматурой производства ООО «КомАР» по ТУ 2296-001-24488682-2014 «Арматура стеклокомпозитная «КомАР». Технические условия», являлось определение предела огнестойкости по ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» и ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие кон-

струкции» и сравнение с балками, армированными стальной арматурой класса А500С. Кроме того, был определен класс пожарной опасности по ГОСТ 30403-2012 «Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность» конструкций бетонных балок, армированных стеклокомпозитной арматурой.

Для проведения исследования было изготовлено восемь балок: БЖ-20, БКП-20, БКПФА-20, БК-30 (по два образца на каждую марку балок). Длина образцов 2980 мм, размеры сечения пря-

моугольной формы 250×220 мм (рис. 1). Балки были изготовлены из тяжелого бетона класса прочности на сжатие В20 на заводе ООО «Завод железобетонных изделий» (Ижевск). Испытания проведены в испытательной лаборатории научно-испытательного центра пожарной безопасности ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

Опытные образцы балки марки БЖ-20 были армированы стальными арматурными стержнями класса А500С с величиной защитного слоя бетона до низа продольной рабочей арматуры 20 мм в соответствии с табл. 10.1 п. 10.3.2 СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003».

Опытные образцы балки марки БКП-20 были армированы стеклокомпозитной арматурой (АСК) по ТУ 2296-001-24488682-2014 с величиной защитного слоя бетона до низа продольной рабочей арматуры 20 мм (СП 63.13330.2012).

Опытные образцы балки марки БКПФА-20 были армированы термоустойчивой арматурой марки АСК по ТУ 2296-001-24488682-2014 с величиной защитного слоя бетона до низа продольной рабочей арматуры 20 мм (СП 63.13330.2012).

Опытные образцы балки марки БК-30 были армированы арматурой марки АСК по ТУ 2296-001-24488682-2014 с величиной защитного слоя бетона до низа продольной рабочей арматуры 30 мм (СП 63.13330.2012).

Схема армирования представлена на рис. 1.

Изготовителем стальной арматуры класса А500С является ПАО «Челябинский металлургический комбинат» (Челябинск).

Изготовителем стеклокомпозитной арматуры (АСК) по ТУ 2296-001-24488682-2014 является ООО «КомАР» (г. Сарапул).

Условия проведения испытаний представлены в табл. 1.

Опытные образцы устанавливались на огневую камеру испытательной установки и опирались на шарнирно-подвижную и шарнирно-неподвижную опоры. Расстояние от торцов опытных образцов балок до шарнирных опор 40 мм. Таким образом, рабочий пролет балок составлял 2900 мм. Схема рычажной установки для испытаний балок под нагрузкой представлена на рис. 2.

Испытания на огнестойкость опытных образцов конструкций бетонных балок, армированных стальной и стеклокомпозитной арматурой (АСК), проводились под действием статической нагрузки, приложенной к двум точкам рабочего пролета балок в соответствии с требованиями ГОСТ 8829-94 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости». Величина нагрузки определена по результатам испытаний балок, проведенных в КГАСУ (Казань) [1].

Схема приложения нагрузки приведена на рис. 3. Величина нагрузки составляла при испытаниях балок марки БЖ-20 — 46,6 кН (4750 кгс на каждую точку рабочего пролета, общая нагрузка — 93,2 кН (9500 кгс)), а для балок БКП-20, БКПФА-20 и БК-30 — 18,1 кН (1850 кгс на каждую точку рабочего пролета балок, общая нагрузка — 36,2 кН (3700 кгс)).

Нагружение образцов проводилось с помощью рычажного механизма с отношением большого и малого плеча рычага 4,75 м : 1,75 м = 2,71 (см. рис. 2).

Прогибы образцов в середине пролета, в ходе нагружения и в процессе испытания измеряли прогибомером ПСК-МГ4.

Опытные образцы подвергались трехстороннему тепловому воздействию по стандартному температурному режиму согласно ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования». Верхняя (необогреваемая) поверхность

Таблица 1

Условия проведения испытаний

№ опыта	Дата проведения	Температура окружающей среды, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	02.03.2017	14	50	Не более 0,5
2	07.03.2017	14	50	Не более 0,5
3	10.03.2017	14	50	не более 0,5
4	16.03.2017	14	50	Не более 0,5
5	21.03.2017	14	50	Не более 0,5
6	27.03.2017	14	50	Не более 0,5
7	03.04.2017	14	50	Не более 0,5
8	11.04.2017	14	50	Не более 0,5

Рис. 1. Схема армирования бетонных балок марок БЖ-20, БКП-20 и БКПФА-20, БК-30

изолировалась плитами из минеральной ваты толщиной 100 мм.

Температура в огневой камере печи измерялась термопарами типа ТПК, равномерно распределенными по длине образца в четырех местах.

При испытании на огнестойкость предельным состоянием для балок, согласно ГОСТ 30247.1–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие

конструкции», является потеря несущей способности R вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций (предельный прогиб в середине пролета для данных балок составляет 145 мм согласно приложению А к ГОСТ 30247.1–94).

Кривые изменения температур и прогибов опытных образцов конструкций бетонных балок, армированных стальной и стеклокомпозитной арматурой (ACK), представлены

Рис. 2. Схема рычажной установки для испытаний балок под нагрузкой: 1 — образец балки; 2 — приспособление для опирания и удержания балки от сворачивания; 3 — рычаг; 4 — приспособление для передачи нагрузки на балку; 5 — опора рычага; 6 — подвешиваемый поддон для установки грузов; 7 — кирпичная кладка печи; 8 — форсунка; 9 — дымовой канал; 10 — покрывная железобетонная плита; P — нагрузка на образец, определяемая количеством установленных в поддон грузов

Рис. 3. Схема приложения нагрузки

на рис. 4–7. Средние температуры в огневой камере не превышали допустимых отклонений по ГОСТ 30247.0–94.

За время проведения испытаний опытных образцов бетонных балок, армированных металлической и стеклокомпозитной арматурами, зафиксированы характерные особенности поведения, приведенные в табл. 2.

Время достижения предельного состояния по потере несущей способности конструкции (R) бетонных балок, армированных стальной и стеклокомпозитной арматурой, составило для опытных образцов балок марок:

Рис. 5. Кривые изменения температур и прогибов опытных образцов балки марки БКП-20

Рис. 4. Кривые изменения температур и прогибов опытных образцов балки марки БКПФА

Рис. 6. Кривые изменения температур и прогибов опытных образцов балки марки БК-30

Рис. 7. Кривые изменения температур и прогибов опытных образцов балки БЖ-20

- БЖ-20 — 84 и 86 мин;
- БКПФА — 41 и 50 мин;
- БКП-20 — 37 и 39 мин;
- БК-30 — 43 и 45 мин.

В процессе проведения испытаний на огнестойкость опытных образцов бетонных балок, армированных стеклокомпозитной арматурой марки АСК по ТУ 2296-001-24488682-2014, выполнялась оценка класса пожарной опасности указанных конструкций, по результатам которой установлено следующее:

- при заданном проценте армирования и величине защитного слоя бетона наличие композитной арматуры не оказывает отрицательного влияния на класс пожарной опасности испытанных конструкций;
- согласно п. 10.5 ГОСТ 30403-2012 конструкции бетонных балок со стеклокомпозитной арматурой должны быть отнесены к классу пожарной опасности строительных конструкций К0.

Выводы

1. Предел огнестойкости опытных образцов конструкций бетонных балок, армированных

Таблица 2

Характерные особенности поведения опытных образцов

Образец балки	Время, мин	Поведение опытных образцов
БКПФА, образец № 1	15	Видимых изменений не зафиксировано
	50	Обрушение конструкции
БКПФА, образец № 2	10	Видимых изменений не зафиксировано
	41	Обрушение конструкции
БКП-20, образец № 3	12	Видимых изменений не зафиксировано
	39	Обрушение конструкции
БКП-20, образец № 4	14	Видимых изменений не зафиксировано
	37	Обрушение конструкции
БК-30, образец № 5	13	Видимых изменений не зафиксировано
	43	Обрушение конструкции
БК-30 образец № 6	12	Видимых изменений не зафиксировано
	45	Обрушение конструкции
БЖ-20, образец № 7	11	Видимых изменений не зафиксировано
	86	Обрушение конструкции
БЖ-20, образец № 8	10	Видимых изменений не зафиксировано
	84	Обрушение конструкции

стальной арматурой класса А500С и стеклокомпозитной арматурой марки АСК по ТУ 2296-001-24488682-2014, испытанных под действием статической нагрузки согласно ГОСТ 8829-94:

- для балки марки БЖ-20, армированной стальной арматурой класса А500С, испытанной под воздействием статической нагрузки, равной 93,2 кН (9500 кгс), составил 85 мин, что соответствует классификации R 60 по ГОСТ 30247.0-94;
- для балки марки БКПФА, армированной стеклокомпозитной арматурой АСК, испытанной под воздействием статической нагрузки, равной 36,2 кН (3700 кгс), составил 45,5 мин, что соответствует классификации R 45 по ГОСТ 30247.0-94;
- для балки марки БКП-20, армированной стеклокомпозитной арматурой АСК, испытанной под воздействием статической нагрузки, равной 36,2 кН (3700 кгс), составил 38 мин, что соответствует классификации R 30 по ГОСТ 30247.0-94;

- для балки марки БК-30, армированной стеклокомпозитной арматурой АСК, испытанной под воздействием статической нагрузки, равной 36,2 кН (3700 кгс), составил 44 мин, что соответствует классификации R 30 по ГОСТ 30247.0–94.

2. Класс пожарной опасности по ГОСТ 30403–2012 конструкций бетонных балок, армированных стеклокомпозитной арматурой марки АСК по ТУ 2296-001-24488682–2014, соответствует К0.

Библиографический список

1. Бегунова Н. В., Возмищев В. Н. Сравнительная оценка прочности, жесткости и трещиностойкости

бетонных конструкций, армированных полимеркомпозитной и стальной арматурами // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т. 15, № 4. С. 69–74.

References

1. Begunova N. V., Vozmishchev V. N. *Sravnitel'naya otsenka prochnosti, zhestkosti i treshchinostoykosti betonnykh konstruktsiy, armirovannykh polimerkompozitnoy i stal'noy armaturami* [Comparative evaluation of strength, rigidity and crack resistance of concrete structures reinforced with fiberglass rebar and steel rebar]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve – Intellectual systems in industry*, 2017, vol. 15, no. 4, pp. 69–74.