

УДК 614.842.47

s_sharhun@mail.ru

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕСУРСА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
КОМПОЗИТНОЙ И СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ОТ ОЧАГА ПОЖАРА**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LIFE OF SAFE OPERATION
OF COMPOSITE AND STEEL REINFORCEMENT UNDER THE INFLUENCE
OF HEAT FLOW FROM THE FIRE SOURCE**

*Шархун С. В., кандидат технических наук,
Ожегов Э. А., кандидат технических наук,
Мокроусова О. А., доктор педагогических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Ширинкин П. В., кандидат технических наук,
Сибирская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, Железногорск*

*Sharhun S. V., Ojegov E. A., Mokrousova O. A.,
Urals Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Shirinkin P. V., Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry
of Emergency Situations of Russia, Zheleznogorsk*

В статье представлены результаты лабораторных испытаний по определению ресурса безопасной эксплуатации композитной арматуры при воздействии теплового потока от возможного очага пожара, также представлена сравнительная характеристика стальной и композитной арматуры по ряду механических свойств. Поставлен вопрос о необходимости разработки достоверной методики, позволяющей определять пределы огнестойкости бетонных конструкций армированных композитной арматурой.

Ключевые слова: тепловой поток, температура, пожар, стальная арматура, композитная арматура, потеря целостности, статический прогиб, сопротивление тепловому потоку.

The article presents the results of laboratory tests to determine the resource of safe operation of composite reinforcement under the influence of heat flow from a possible fire source, as well as the comparative characteristic of steel and composite reinforcement on a number of mechanical properties. The question was raised about the need to develop a reliable methodology allowing to determine the fire resistance limits of concrete structures reinforced with composite reinforcement.

Keywords: heat flow, temperature, fire, steel reinforcement, composite reinforcement, loss of integrity, static deflection, resistance to heat flow.

Композитная арматура, появившаяся на российском рынке строительных материалов относительно недавно, стала все больше конкурировать с традиционной применяемой арматурой, изготовленной из металла. По заверениям производителей, композитная арматура обладает ря-

дом уникальных характеристик, которые выделяют ее среди других изделий подобного назначения.

При изготовлении композитной арматуры могут быть использованы различные типы армирующих наполнителей,

исходя из этого арматура подразделяется на несколько видов:

АСК – изделия, изготовленные на основе стеклопластика;

АУК – углекомпозитные армирующие изделия;

АКК – арматура, выполненная из комбинированных композитных материалов.

На отечественном рынке строительных материалов наибольшее распространение получила стеклопластиковая арматура.

Стеклопластиковая арматура – это не просто пруток из композитного материала, это двухкомпонентный элемент, содержащий внутренний стержень и внешний слой.

Внутренний стержень, как правило, представляет собой волокна стеклопла-

стика, расположенные параллельно друг другу, соединенные между собой при помощи полимерной смолы; именно внутренний стержень арматуры из стеклопластика формирует ее основные прочностные характеристики.

Внешний слой арматурного прутка, изготовленного из стеклопластика, может быть выполнен в виде напыления мелкофракционного абразивного порошка либо в виде двунаправленной навивки из волокон композитного материала.

Практически все производители композитной арматуры заявляют более высокие показатели по прочностным характеристикам в сравнении со стальной арматурой. Сравнительная характеристика арматур по данным, представленным в работе [1], приведена в таблице 1.

Таблица 1
Сравнительная характеристика стальной и композитной арматуры

Характеристика	Сталь	Композитная арматура
Предел прочности при растяжении	390 МПа	1300 МПа
Модуль упругости	Высокий модуль упругости	Низкий модуль упругости – вибрация гасится быстро и без последствий
Относительное удлинение	25 %	2,2 %
Плотность	7 т/м ³	1,9 т/м ³
Диаметр профиля	6–80 мм	4–32 мм
Теплопроводность	Теплопроводна	Не проводит тепло
Электропроводность	Проводник	Диэлектрик
Долговечность	Около 50 лет, в соответствии со строительными нормами	Около 100 лет
Экологичность	Экологична	Экологична

Несмотря на преимущества, у композитной арматуры имеется также ряд недостатков, одним из которых является низкая стойкость композитной температуры к воздействию высоких температур, что в свою очередь может оказать существенное влияние на величину предела огнестойкости конструкции, в составе которой используется композитная арматура.

Так, в работах [2, 3] приводятся данные, «что минимальное значение предела огнестойкости составляет 13 минут для изгибаемых конструкций, при этом разрушение является хрупким. При интенсивном разогреве рабочей арматуры до 100 °С происходит активное выделение пара из смежных со стержнем микротрещин бетона. При этом мгновенно повыша-

ется давление на поверхности арматуры, что приводит к разрушению волокна. Логично предположить, что предел огнестойкости может значительно отличаться для различных производителей арматуры, однако, очевидно, что композитную арматуру нельзя применять без специальных конструктивных мероприятий либо дополнительной огнезащиты несущих конструкций, к которым предъявляются требования по огнестойкости» [3].

Для оценки ресурса безопасной эксплуатации композитной и стальной арматуры при воздействии теплового потока от очага пожара проведена серия испытаний. Для чего была использована установка, подробное описание которой приведено в работе [4]. Установка представляет собой несущую конструкцию, на которой размещено следующее оборудование:

- источник теплового излучения (газовая инфракрасная горелка В64-2 SX SBM);
- перемещаемый по направляющим измерительный блок с оборудованием для



Рисунок 1. Образец для испытания (стальная арматура диаметром 10 мм) закреплена на установке в процессе испытания

В ходе проведения испытания образца стальной арматуры диаметром 10 мм на начальном этапе наблюдался незначительный прогиб (не более 2 мм), при дальнейшем испытании изменений зафик-

измерения температуры в пяти точках исследуемого образца;

- ручной привод для перемещения блока в процессе эксперимента;
- пульт управления оборудованием [4].

Для проведения лабораторных испытаний была использована стальная и композитная арматура длиной 1500 мм и номинальным диаметром 8, 10, 12 мм.

Для создания статической нагрузки на образцы при испытании был использован груз весом 4,84 кг.

При этом после нагружения арматуры была определена величина прогиба от действия статической нагрузки и при помощи газовой инфракрасной горелки на образец воздействовали тепловым потоком. Ход проведения испытания показан на рис. 1. В процессе испытания фиксировались следующие показатели:

- скорость увеличения прогиба;
- время разрушения образца;
- температура на двух термопарах с интервалом 10 секунд;
- величина итогового прогиба.

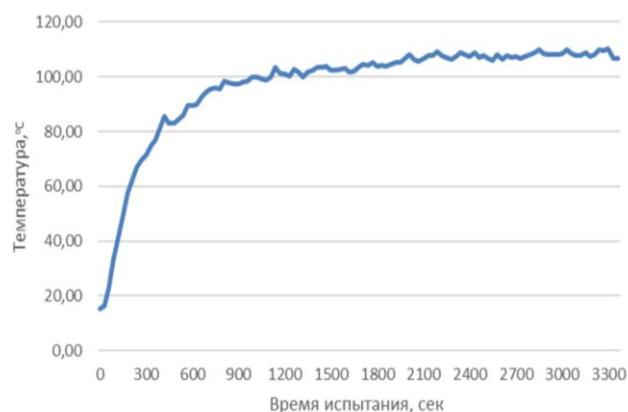


Рисунок 2. Динамика нарастания температуры в процессе испытания

сировано не было, на 55 минуте было принято решение прекратить испытание. На рис. 2 показана динамика нарастания температуры в процессе испытания данного образца.

Далее были проведены испытания образца композитной арматуры номинальным диаметром 8 мм, в процессе которого на 2 минуте испытания наблюдались стремительный прогиб образца вниз

и потеря его целостности (излом прутка). На рис. 3 показана динамика нарастания температуры в процессе испытания данного образца.

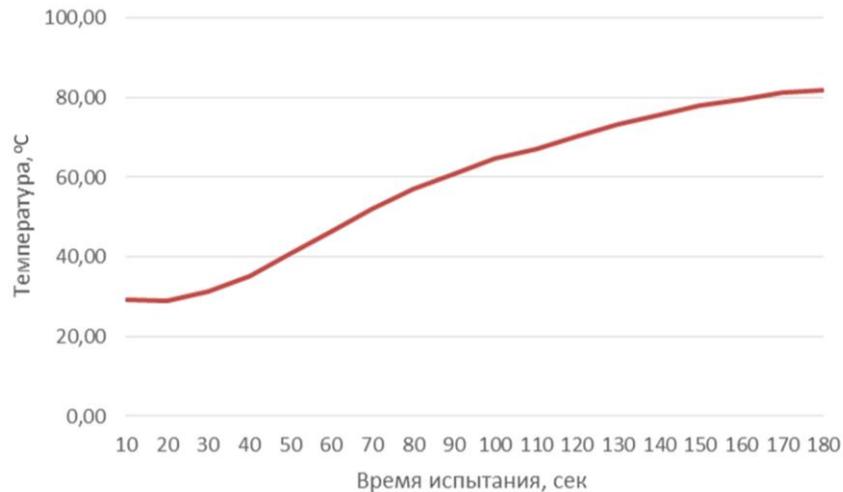


Рисунок 3. Динамика нарастания температуры в процессе испытания образца композитной арматуры номинальным диаметром 8 мм

В ходе проведения испытания образца композитной арматуры номинальным диаметром 10 мм наблюдалось оплавление поверхностного слоя, и на 12 минуте испытания наблюдался стреми-

тельный прогиб образца с дальнейшим изломом прутка. На рис. 4 показана динамика нарастания температуры в процессе испытания данного образца.

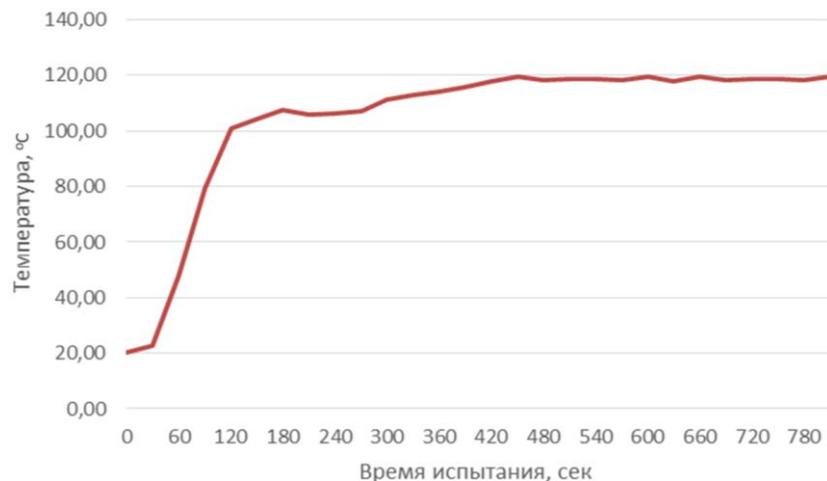


Рисунок 4. Динамика нарастания температуры в процессе испытания образца композитной арматуры номинальным диаметром 10 мм

В ходе проведения испытания образца композитной арматуры номинальным диаметром 12 мм наблюдалось оплавление поверхностного слоя и незначи-

тельный (от начального) прогиб образца, по истечении 30 минут испытания с целью установления температурного предела эксплуатации данного типа арматуры, бы-

ла увеличена температура теплового воздействия до 200 °С. При такой температуре образец потерял свою целостность на

33 минуте испытания. На рис. 5 показана динамика нарастания температуры в процессе испытания данного образца.

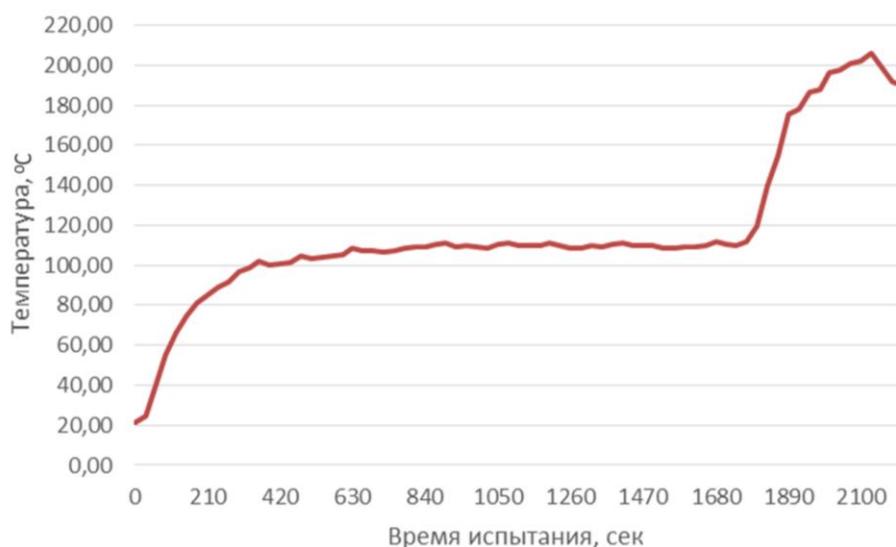


Рисунок 5. Динамика нарастания температуры в процессе испытания образца композитной арматуры номинальным диаметром 12 мм

В целях получения объективных результатов от теплового воздействия (без аккумулялирования теплового эффекта) испытания образца композитной арматуры диаметром 12 мм были проведены повторно при температуре, увеличенной в 2 раза.

В ходе повторного испытания аналогичного образца получены следующие

результаты: на 6 минуте наблюдается оплавление поверхности образца, а также прогиб равный 5,4 см, на 7 минуте испытания наблюдался стремительный прогиб и потеря целостности образца. На рис. 6 показана динамика нарастания температуры в процессе повторного испытания аналогичного образца.

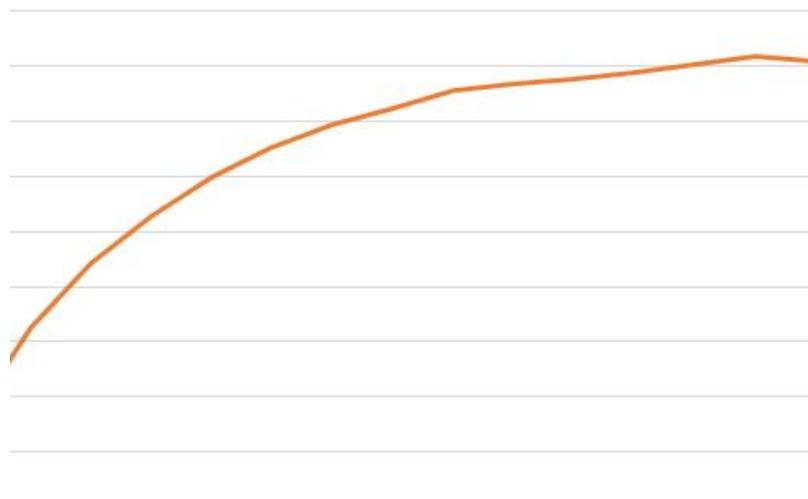


Рисунок 6. Динамика нарастания температуры в процессе повторного испытания образца композитной арматуры номинальным диаметром 12 мм

Интерпретация полученных результатов испытаний показала, что при воздействии теплового потока мощностью 42 кВт/м^2 на расстоянии установки образцов создается температура около $100 \text{ }^\circ\text{C}$. При испытании стальной арматуры значительного прогиба на протяжении 60 минутного теплового воздействия не наблюдается. Следовательно, огнестойкость конструкции, включающей в состав такую арматуру, не будет снижена при рассмотренных тепловых нагрузках.

При воздействии аналогичного теплового потока на композитную арматуру различных диаметров происходит разрушение образца в различные временные интервалы. Как следствие, огнестойкость конструкции, включающей в состав такую арматуру, при рассмотренных тепловых нагрузках будет снижена.

Также необходимо отметить, что в условиях реального пожара температура может достигать значительных величин и температура в $100\text{--}200 \text{ }^\circ\text{C}$ на поверхности арматуры в несущих конструкциях, участвующих в геометрической устойчивости зданий, может быть достигнута. Вследствие чего предел огнестойкости и прочностные характеристики конструкций, в состав которых включена композитная арматура, может быть значительно снижен.

Следовательно, к выбору этого материала следует подходить очень обоснованно, используя его для решения исключительно тех задач, для которых он действительно предназначен с учетом положений свода правил [5], применять стеклопластиковую арматуру можно достаточно эффективно, если учитывать ее недостатки и связанные с ними ограничения, которые оговариваются производителем.

Также стоит отметить тот факт, что в настоящее время отсутствует расчетная методика определения огнестойкости бетонных конструкций армированных композитной арматурой, утверждённая каким-либо нормативным правовым актом на уровне Российской Федерации, а имеющиеся методики различных производителей строительных материалов, как и результаты испытаний, проведенных по самостоятельно разработанным методам, не могут быть использованы в качестве легитимного способа подтверждения огнестойкости таких строительных конструкций.

Анализируя требования к пределу огнестойкости основных строительных конструкций, предъявляемые в [6, 7], а также желание производителей расширить область применения композитной арматуры, становится очевидно, что в настоящее время вопрос разработки методики, по-

звляющей произвести оценку предела огнестойкости бетонных конструкций армированных композитной арматурой расчетным путем, является весьма актуальным.

Строительному и научному сообществу предстоит искать пути решения

этого вопроса в ближайшее время, и первое, с чего необходимо начать, – это выработка общих требований к разрабатываемой методике, в том числе касающихся используемых исходных данных.

Литература

1. Негматуллаев С. Х., Оснос С. П., Степанова В. Ф. Арматура базальтопластиковая. Характеристики, производство, применение // Технологии бетонов. 2016. № 5–6. С. 32–39.
2. Имомназаров Т. С., Аль Сабри Сахар А. М., Дирие М. Х. Применение композитной арматуры // Системные технологии. 2018. № 27. С. 24–29.
3. Кустикова Ю. О., Юрпольская В. П. Проблемы внедрения композитной арматуры в строительстве // Научное обозрение. 2016. № 9. С. 22–25.
4. Шархун С. В. и др. Экспериментальное определение эффективной толщины защитного покрытия многослойного кремне-гранитного блока при тепловом воздействии от очага пожара // Техносферная безопасность. 2018. № 2 (19). С. 69–75.
5. Свод правил. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования: СП 295.1325800.2017: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 11 июля 2017 г. № 988/пр: официальное издание. М., 2017.
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123–ФЗ; с изм. и доп. Екатеринбург, 2019.
7. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты: СП 2.13130.2012: утв. приказом МЧС РФ от 21 ноября 2012 г. № 693 р: офиц. изд. М., 2013.

References

1. Negmatullaev S. H., Osnos S. P., Stepanova V. F. Armatura bazal'toplastikovaja. Harakteristiki, proizvodstvo, primenie // Tehnologii betonov. 2016. № 5–6. S. 32–39.
2. Imomnazarov T. S., Al' Sabri Sahar A. M., Dirie M. H. Primenenie kompozitnoj armatury // Sistemnye tehnologii. 2018. № 27. S. 24–29.
3. Kustikova Ju. O., Jurpol'skaja V. P. Problemy vnedrenija kompozitnoj armatury v stroitel'stve // Nauchnoe obozrenie. 2016. № 9. S. 22–25.
4. Sharhun S. V. et al. Jeksperimental'noe opredelenie jeffektivnoj tolshhiny zashhitnogo pokrytija mnogoslajnogo kremne-granitnogo bloka pri teplovom vozdejstvii ot ochaga pozhara // Tehnosfernaja bezopasnost'. 2018. № 2 (19). S. 69–75.
5. Svod pravil. Konstrukcii betonnye, armirovannye polimernoj kompozitnoj armaturoj. Pravila proektirovanija: SP 295.1325800.2017: utv. prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva RF ot 11 ijulja 2017 g. No 988/pr: oficial'noe izdanie – M., 2017.
6. Tehniceskij reglament o trebovanijah pozharnoj bezopasnosti : Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 22.07.2008 g. № 123-FZ; s izm. i dop. Ekaterinburg, 2019.
7. Svod pravil. Sistemy protivopozharnoj zashhity. Obespechenie ognestojkosti ob#ektov zashhity: SP 2.13130.2012: utv. prikazom MChS RF ot 21 nojabrja 2012 g. № 693 r: oficial'noe izdanie. M., 2013.