

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Пухаренко Юрия Владимировича  
на диссертационную работу Шогеновой Фатимы Мухамедовны  
**«Теплоогнезащитные фиброгипсоцементновермикулитобетонные и  
растворные композиты с применением вулканического пепла и пемзы»**,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия

Рецензируемая работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 177 наименований и приложений. Изложена на 176 страницах текста, в том числе 5 страниц приложений, содержит 84 рисунка и 68 таблиц.

### **Актуальности темы диссертационной работы**

Одной из тенденций современного гражданского строительства, особенно в условиях плотной городской застройки, является рост этажности возводимых зданий, к которым предъявляются повышенные требования по огнестойкости. Обеспечение огнезащиты предусматривает, наряду с реализацией специальных конструктивных решений, снижение пожарной опасности применяемых материалов и конструкций, а требуемая огнестойкость различных конструкций эффективно обеспечивается применением огнезащитных составов в виде облицовок, экранов и штукатурных покрытий, наносимых набрызгом или торкретированием. Стоимость мероприятий по снижению пожарной опасности зданий может составлять до 10 % их стоимости, а обеспечению огнестойкости строительных конструкций до 30 % их стоимости, в связи с чем являются актуальными исследования в области разработки эффективных составов для производства бетонов и строительных растворов на основе местного природного и техногенного сырья в сочетании с эффективными многокомпонентными вяжущими и дисперсным армированием различными волокнами для огнезащитных облицовок, экранов и штукатурных покрытий, характеризующихся низкими показателями стоимости и трудоемкости в сочетании с технологичностью, декоративностью, атмосферостойкостью и, при определенных условиях, акустическими функциями.

### **Научная новизна исследований и полученных результатов**

1. Автором диссертации развиты научные представления о закономерностях изменения и получены зависимости изменения показателей прочности и водостойкости гипсопепловых и гипсопемзовых дисперсно-армированных композитов на основе вулканических пород при введении в состав рациональной доли портландцемента.

2. Выявлены закономерности влияния параметров приготовления дисперсно армированных смесей на основе комбинированных гипсовых вяжущих, вспученного вермикулита, химических добавок, вулканических пород, а также параметров формования изделий из них на основные

эксплуатационные показатели, получены зависимости изменения свойств композитов от рецептурных факторов.

3. Выявлены закономерности влияния и получены количественные показатели эффективности армирования высокомодульными и низкомодульными дисперсными волокнами, а также полидисперсного армирования на прочностные свойства огнезащитных композитов.

4. Уточнены зависимости предела прочности при сжатии от средней плотности, параметров дисперсного армирования, зависимость предела прочности при изгибе от предела прочности при сжатии разработанных огнезащитных композитов.

### **Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

Полученные автором результаты и сформулированные научные положения, изложенные в работе, согласуются с основными современными научными представлениями строительного материаловедения в области дисперсно армированных и огнезащитных бетонов.

Во время работы над диссертацией соискатель опирался на результаты исследований в области дисперсного армирования строительных композитов и огнезащиты строительных конструкций, полученные в разное время Баженовым Ю.М., Жаворонковым М.И., Коротких Д.Н., Курбатовым Л.Г., Левитес Ф.А., Леоновичем С.Н., Лобановым И.А., Моргун Л.В., Морозовым В.И., Пантелеевым Д.А., Пухаренко Ю.В., Рабиновичем Ф.Н., Романенковым И.Г., Смирновой О.М., Талантовой К.В., Федоровым В.С., Хежевым Т.А., Чернышовым Е.М., Яковлевым А.И. и другими учёными.

**Степень достоверности полученных результатов** обеспечена комплексом проведенных исследований с использованием сертифицированного и метрологически поверенного современного лабораторного оборудования, стандартных средств измерений и методов научных исследований, непротиворечивостью полученных результатов и выводов общепризнанным положениям строительного материаловедения и результатам исследований других авторских коллективов.

### **Значимость выводов и рекомендаций диссертации для науки и практики**

Теоретическая значимость работы заключается в:

- развитии научных представлений о влиянии рецептуры комбинированных гипсовых вяжущих на основные эксплуатационные показатели их качества;
- уточнении закономерностей влияния параметров дисперсного и полидисперсного армирования на строительно-технические свойства огнезащитных композитов на основе комбинированных гипсовых вяжущих;
- выявленных закономерностях влияния технологических параметров приготовления смеси и формования изделий на их строительно-технические свойства;

- полученных новых данных о влиянии вида вулканических пород в составе огнезащитных композитов на их показатели прочности и водостойкости;

- развитии научных представлений о влиянии воздухововлекающей и полифункциональной добавок на технологические свойства смесей и огнезащитные свойства композитов на основе комбинированных гипсовых вяжущих и вулканических пород.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

- предложены уравнения, описывающие зависимость предела прочности при изгибе от предела прочности при сжатии огнезащитных композитов в зависимости от рецептурных и технологических факторов;

- выявлены закономерности изменения пределов огнестойкости слоистых конструкций по критериям прочности и теплопроводности в зависимости от средней плотности, толщины слоя и состава огнезащитных композитов;

- предложены уравнения зависимости коэффициентов теплопроводности и удельной теплоемкости от температуры огнезащитных композитов для расчетов температурных полей при оценке пределов огнестойкости конструкций расчетными методами;

- предложена методика экспериментальной оценки предела огнестойкости по критериям прочности и теплопроводности огнезащитных композитов;

- предложены рекомендации по производству штукатурных составов огнезащитных композитов, в т.ч. производимых по технологии сухих строительных смесей.

### **Оценка содержания диссертации**

**Во введении** диссертантом сформулирована проблема и обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, научная и практическая значимость.

**В первой главе** отмечено, что в связи с ростом средней этажности жилищного строительства по данным 2019 г. до 17,7 этажей на 1 м<sup>2</sup> возводимых зданий, несущие конструкции которых выполнены в основном из железобетона, возрастает актуальность разработки новых и совершенствования известных конструктивных решений и материалов, обеспечивающих снижение пожарной опасности зданий, в первую очередь, посредством огнезащиты с использованием конструкций с пониженной пожарной опасностью и эффективных огнезащитных составов, в т.ч. для огнезащитных штукатурных покрытий традиционного или машинного нанесения, к достоинствам которых относятся низкая стоимость и трудоемкость, технологичность, декоративность и атмосферостойкость, в связи с чем актуальной задачей является разработка эффективных огнезащитных составов с максимальным использованием местного сырья и техногенных отходов. Указывается, что для производства эффективных огнезащитных составов широко применяются гипсовые вяжущие, в т.ч. многокомпонентные, в первую очередь в сочетании с портландцементом и различными активными минеральными добавками, композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности, в т.ч. с гидрофобизирующими добавками

различного химического состава для повышения водостойкости и технологичности, в связи с чем актуальной является задача выявления влияния состава композиционного гипсового вяжущего с учетом особенностей свойств его компонентов на основные показатели, определяющие целесообразность его применения. Показано, что применение дисперсного армирования обеспечивает в одном технологическом процессе объединение приготовления смеси и армирования изделий, существенно повышает трещиностойкость изделий и стойкость композитов в агрессивных средах. Эффективность дисперсного армирования обеспечивается при условии высокомодульности волокон по отношению к матрице, сочетании высокомодульных и низко модульных волокон, близости значений коэффициентов линейного температурного расширения матрицы и волокон, обеспеченности уровня сцепления между матрицей и волокнами, химической (коррозионной) совместимости матрицы и волокон, технологичности, доступности и низкой стоимости волокон.

В связи с чем актуальной является задача определения параметров рационального дисперсного и полидисперсного армирования в зависимости от свойств волокон и матрицы. Сделан вывод о том, что для рационального использования туфов, пеплов, пемзы Кабардино-Балкарии для производства огнезащитных составов целесообразно выявить влияние вида и дозировки указанных материалов, используемых в качестве заполнителей, наполнителей и активных минеральных добавок при производстве огнезащитных дисперсно-армированных композитов на основе гипсовых и композиционных вяжущих, в связи с чем актуальной является задача получения закономерностей изменения показателей качества огнезащитных композитов от рецептурных (состав вяжущего, вид и дозировка заполнителей, наполнителей, волокон) и технологических (способы приготовления смесей и формования изделий факторов).

**Во второй главе** представлена информация о методах экспериментальных исследований и использованных материалах. Строительно-технические свойства огнезащитных композитов исследованы в соответствии с ГОСТ 23789-2018. Огнезащитная эффективность композитов оценивалась испытанием двухслойных плит с несущим слоем 20 мм из мелкозернистого бетона, при этом формирование огнезащитного слоя выполнялось литьевым способом с последующей после предварительного выдерживания сушкой в воздушно-сухих условиях. Образцы размерами 210×210 мм испытывали на электрической печи в горизонтальном положении по стандартному температурному режиму пожара по ГОСТ 30247.1-94 (рисунок 1). Отклонение температуры в изготовленной лабораторной электрической печи от стандартного температурного режима пожара во время испытаний образцов составляло всего 3 %.

**В третьей главе** представлены результаты исследований влияния рецептурных факторов на строительно-технические свойства композитов. Установлено, что введение в состав гипсового вяжущего рациональной дозировки портландцемента (ПЦ) 20 % обеспечивает повышение предела прочности при изгибе до 1,55 раза, при сжатии до 1,57 раза. Введение в состав

гипсопеплового вяжущего рациональной дозировки ПЦ 20 % при соотношении гипс : пепел = 1 : 1 обеспечивает повышение предела прочности при изгибе в 1,1 раза, при сжатии в 1,17 раза, а при соотношении гипс : пепел = 1 : 2 повышение прочности при изгибе составляет до 1,23 раза, при сжатии до 1,37 раза.

Показано, что при соотношении гипс : пепел = 1:1 коэффициент размягчения возрастает с 0,45 у вяжущего без ПЦ до 0,7 у комбинированного вяжущего при дозировке ПЦ до 20 % от массы гипса. При соотношении гипс : пепел = 1 : 2 коэффициент размягчения возрастает с 0,4 у вяжущего без ПЦ до 0,6, у комбинированного вяжущего при дозировке ПЦ до 10 % от массы гипса.

Установлено, что дисперсное армирование базальтовыми волокнами при проценте армирования по объему 1,3 и соотношении длина/диаметр  $l/d = 1444$  обеспечивает повышение предела прочности при сжатии до 36 % через 2 ч и до 20 % через 28 сут относительно других параметров армирования, при этом уровень от максимальной прочности не менее 90 % обеспечивается при соотношении  $l/d$  от 1100 до 1800. Дисперсное армирование повышает предел прочности при сжатии до 16 % в возрасте 2 ч и до 19 % в возрасте 28 сут, а при изгибе соответственно до 69 % и до 75 % в сравнении с показателями матрицы.

Установлено, что дисперсное полиармирование базальтовыми и полипропиленовыми волокнами обеспечивает по сравнению с составами, армированными только базальтовыми волокнами рост предела прочности фиброгипсопеплоцементного композита при сжатии более чем в 1,37-1,38 раза, при изгибе в 1,33-1,35 раза в возрасте 2 часов и 28 суток соответственно.

**В четвертой главе** представлены результаты исследований влияния рецептурных и технологических факторов на строительно-технические и огнезащитные свойства композитов на многокомпонентном вяжущем и комбинированном заполнителе.

Исследовано влияние воздухововлекающей добавки СДО на возможность уменьшения средней плотности и пределов прочности при изгибе и сжатии гипсоцементнопепловермикулитобетонных (ГЦПВБ) композитов, улучшения удобоукладываемости смеси, а также повышения пределов огнестойкости конструкций с огнезащитным слоем из указанных материалов. Пределы прочности при сжатии и изгибе определялись на образцах – балочках 40x40x160 мм. Пределы прочности при изгибе и сжатии ГЦПВБ композитов определялись в возрасте 2 ч и 28 сут после выдерживания в воздушно-сухих условиях, а средняя плотность в возрасте 28 сут.

Установлено, что при армировании композитов полипропиленовой фиброй незначительно, в пределах 3 – 7 %, возрастает предел прочности при сжатии в зависимости от возраста композита, при этом повышение предела прочности при изгибе достигает 13 %. В случае применения более высоко модульных, в сравнении с полипропиленовыми, базальтовых волокон повышение предела прочности при изгибе достигает значений от 1,61 раза через 2 ч до 1,73 раза через 28 сут, при этом, в зависимости от возраста композита, предел прочности при сжатии возрастает от 1,15 до 1,22 раза. Полидисперсное армирование базальтовыми волокнами в сочетании с

полипропиленовой фиброй обеспечивает рост предела прочности при сжатии от 1,67 раза через 2 ч до 1,68 раза через 28 сут, а рост предела прочности при изгибе достигает значений от 2,17 раза через 2 ч до 2,3 раза через 28 сут.

Установлено, что в содержащих вулканическую пемзу композитах превышение предела прочности при сжатии относительно составов, содержащих вулканический пепел при наличии дисперсного армирования составляет до 1,15 раза при плотности 620 кг/м<sup>3</sup> и до 1,73 раза при плотности при плотности 470 кг/м<sup>3</sup>, а при отсутствии дисперсного армирования соответственно до 1,19 раза при плотности 620 кг/м<sup>3</sup> и до 1,85 раза при плотности 470 кг/м<sup>3</sup>. Дисперсное армирование при равной прочности при сжатии повышает предел прочности при изгибе до 1,42 раза, при этом вид активной минеральной добавки на соотношение  $R_f/R$  влияет незначительно.

Установлено, что полидисперсное армирование базальтовыми и полипропиленовыми волокнами повышает предел прочности при сжатии и изгибе до 1,3 раза относительно композитов только на базальтовых волокнах. Применение полидисперсного фибрового армирования базальтовыми и полипропиленовыми волокнами в сочетании с матрицей на основе многокомпонентного вяжущего «строительный гипс + портландцемент + добавки» в сочетании с вулканической пемзой в качестве как активной минеральной добавки, так и заполнителя в составе комбинированного заполнителя «вулканическая пемза + вспученный вермикулит» обеспечивает получение эффективных огнезащитных композитов, предел огнестойкости которых в первую очередь определяется толщиной и коэффициентом теплопроводности огнезащитного слоя.

Исследованы огнезащитные свойства разработанных композитов. Для проведения испытаний в условиях, моделирующих воздействие пожара, использованы двухслойные образцы 20+20 мм с размерами в плане 210×210 мм. Получена зависимость температуры на необогреваемой поверхности двухслойных армоцементных образцов от вида используемого в качестве огнезащитного слоя композита и его средней плотности, полученная экспериментально.

Экспериментально-расчетным способом получены зависимости коэффициентов теплопроводности и удельной теплоемкости от температуры разработанных композитов.

**В пятой главе** представлены результаты исследований свойств теплоогнезащитных штукатурных растворов на основе вулканического пепла и пемзы. Установлено, что добавка Д-5 вызывает сокращение сроков схватывания штукатурных растворных смесей до 30 %, обеспечивает повышение предела прочности при сжатии в зависимости от вида вяжущего, соотношения вяжущее/заполнитель и возраста раствора от 9 % до 60 %, при этом в меньшей степени эффект проявляется в составах без портландцемента и в возрасте 2 ч. Добавка Д-5 практически не влияют на зависимость  $R_f = f(R)$  штукатурных растворов.

Получены зависимости предела прочности при изгибе и сжатии растворного композита от вида заполнителя и соотношения

«многокомпонентное вяжущее/заполнитель» и дисперсного армирования штукатурных растворов.

Показано, что разработанные огнезащитные штукатурные растворы с вулканическим пеплом и пемзой соответствуют требованиям ГОСТ 28013–98 и могут производиться по технологии сухих строительных смесей. Фиброгипсоцементновермикулитовые огнезащитные растворы с применением вулканического пепла либо пемзы фракции 0–0,315 мм взамен части вспученного вермикулита фракции 0–0,315 мм дешевле эталонных огнезащитных растворов на 64 руб. 10 коп и 65 руб соответственно на 1 м<sup>2</sup> стоимости материалов огнезащитной штукатурки толщиной 20 мм.

### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации и публикациям**

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает ее основные результаты. Публикации в полном объеме отражают основные положения диссертации, что в сочетании с выступлениями на научных конференциях представляется достаточной апробацией. По материалам диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 5 в российских журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ, 1 в зарубежном издании, индексируемом в базе Scopus. Получено 3 патента на изобретения.

### **Замечания по работе**

1. Исследования огнезащитных свойств композитов проводилась на изготовленной лабораторной электрической печи, которая обеспечивала стандартный температурный режим пожара. Отклонение температуры в печи во время испытаний образцов составляло всего 3 %. Желательно было привести значения допускаемых отклонений средних измеренных температур по ГОСТ 30247.0–94.

2. В диссертационной работе используется вспученный вермикулит Санкт-Петербургской слюдяной фабрики. Надо было указать концентрат какого месторождения используется для получения вспученного вермикулита.

3. Желательно было исследовать влияние влажности разработанных композитов на их огнезащитные свойства.

4. Возможно ли повторное использование огнезащитного слоя из разработанных композитов после воздействия пожара?

5. В диссертации за предел огнестойкости двухслойных элементов приняты признаки потери несущей и теплоизолирующей способности. По какому признаку раньше наступает предел огнестойкости?

### **Заключение**

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертация Шогеновой Фатимы Мухамедовны «Теплоогнезащитные фиброгипсоцементновермикулитобетонные и растворные композиты с применением вулканического пепла и пемзы» является законченной,

самостоятельно выполненной научно-исследовательской работой, в которой содержится решение научной задачи улучшения характеристик композитов путём использования комбинированных вяжущих и заполнителей, полипропиленовых и базальтовых волокон, что имеет существенное значение для повышения огнезащиты строительных конструкций.

С учётом содержания, актуальности, полноты поставленных и решённых задач, получения новых научных результатов представленная работа отвечает требованиям п.9. «Положения о присуждении научных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор, Шогенова Фатима Мухамедовна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия.

### **Официальный оппонент**

Профессор-консультант кафедры технологии строительных материалов и метрологии СПбГАСУ, доктор технических наук по специальности 05.23.05- Строительные материалы и изделия, профессор, член-корреспондент РААСН

Пухаренко  
Юрий Владимирович



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4

Тел.: +7 (921) 324-59-08

E-mail: [tsik54@yandex.ru](mailto:tsik54@yandex.ru)