

## «УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
Воронежского ГАСУ,  
д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ О.Б. Рудаков

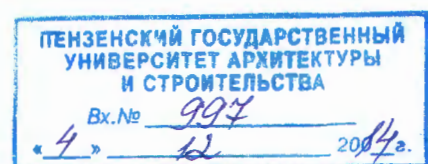
«03» декабря 2014 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет» на диссертационную работу Киселева Дениса Георгиевича на тему «Наномодифицированные серные вяжущие вещества для строительных материалов общестроительного и специального назначения», представленную в диссертационный совет Д.212.184.01 при ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

### Актуальность работы

Повышение стойкости строительных материалов к воздействию эксплуатационных факторов, вызывающих как физическую, так и химическую коррозию, является актуальной научно-технической задачей, имеющей существенное значение для экономики. Применение серы для получения строительных материалов с высокой долговечностью в настоящее время приобретает большую значимость в связи с растущими объемами отходов промышленности газового и нефтяного комплекса. Создание серных вяжущих веществ, являющихся основным компонентом серных бетонов и строительных растворов, вследствие преобладания граничных эффектов требует обоснования применения различных минеральных наполнителей для получения коррозионно-стойких серных материалов и формирования сырьевой базы для их производства в различных регионах страны. Введение тонкомолотых наполнителей в расплав серы приводит как к физическому, физико-химическому, так и химическому взаимодействию. Поэтому установление управляющих факторов, механизма взаимодействия, и последующее управление процессом структурообразования серных вяжущих позволит как внести определенный вклад в развитие строительного материаловедения, так и разработать материал, обладающий заданным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств. Исходя из этого актуальность, научная новизна и практическая значимость представленной диссертационной работы не вызывают сомнения.





## Общая характеристика работы

Диссертационная работа Киселева Д.Г. состоит из введения, шести глав, основных выводов. Содержит 199 страниц, в том числе 158 страниц машинописного текста, 48 таблиц, 83 рисунка, списка использованных источников, состоящего из 216 наименования, и приложений.

На основании анализа литературы диссертантом сформулированы цель и задачи диссертационной работы. В литературном обзоре приведены сведения о достоинствах и недостатках серных вяжущих веществ, показан отечественный и зарубежный опыт по исследованию композиционных материалов на основе серы, а также основы нанотехнологии и технологии наномодифицирования строительных материалов.

Проведённый анализ научно-технической литературы позволил автору сформулировать научную гипотезу работы, которая заключается в том, что управление структурообразованием серных вяжущих веществ можно осуществить посредством последовательного проведения физического (термическая обработка) и физико-химического (нанесение прекурсора) модифицирования границы раздела фаз «сера – наполнитель». Показано, что термическая обработка наполнителя способствует удалению адсорбционной воды и увеличению числа активных центров адсорбции прекурсора, а его введение нивелирует химическую активность наполнителей по отношению к сере, а также препятствует образованию растворимых соединений, регулирует внутреннее напряженное состояние и формирует аморфно-кристаллическую структуру серы, что обеспечивает серного композита с повышенными показателями эксплуатационных свойств.

Следует отметить, что при разработке наномодифицированных серных вяжущих веществ регулирование их свойств проводилось за счет управления процессами структурообразования на границе раздела фаз. Автором установлено, что термообработка наполнителя способствует повышению средней плотности и прочности, а также снижению пористости серных вяжущих, что объясняется изменением плотности наполнителя. Однако повышение показателей физико-механических свойств связано с формированием волокнистого  $\text{SiS}_n$ , который является водорастворимым веществом. Поэтому химическая стойкость такого материала невысока. Комплексное физико-химическое модифицирование поверхности предотвращает образование  $\text{SiS}_n$  на границе раздела фаз, а увеличение количества активных центров на поверхности дисперсных фаз при термообработке увеличивает прочность сцепления прекурсора с поверхностью наполнителя, а серы с каучуком за счет образования вулканизата, в котором сера участвует как элемент сшивки. Такое совокупное комплексное воздействие позволяет существенно повысить показатели эксплуатационных свойств вяжущего при сохранении высоких показателей физико-механических свойств, а введение прекурсора снижает величину внутренних напряжений.

В соответствии со сформулированной научной гипотезой автор последовательно проводит диссертационное исследование. С применением методов системного анализа диссертант конкретизирует требования к каждому структурному уровню материала, выделяет основные управляющие факторы и устанавливает закономерности их влияния на показатели качества вяжущего.



Автором исследованы реологические, основные физико-механические и эксплуатационные свойства разработанных вяжущих, которые демонстрируют эффективность предлагаемой комплексной модификации минеральных наполнителей. Проведена многокритериальная оптимизация, позволяющая установить рецептурные и технологические границы варьирования управляющих факторов с целью получения вяжущих веществ с повышенными показателями эксплуатационных свойств.

В заключении диссертант разрабатывает технологию производства предлагаемых наномодифицированных серных вяжущих веществ и проводит расчёт технико-экономической эффективности, результаты которого доказывают перспективность и целесообразность промышленного внедрения полученных в работе научно-практических результатов.

Требования по структуре, содержанию, оформлению диссертационной работы и автореферата учтены и выполнены. Основные положения работы опубликованы в 12 печатных трудах, в том числе в 5 статьях по Перечню ВАК РФ. Техническая новизна работы защищена патентами РФ на изобретение № 2248634 и № 2439025.

### **Новизна научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

1. Предложен комплексный метод обработки наполнителей различного химико-минералогического состава, заключающийся в их последовательной температурной обработке, обеспечивающей термическое преобразование минералов и удаление адсорбционной воды, в нанесении на поверхность термообработанного наполнителя прекурсора (раствор каучука в керосине), которые способствуют снижению количества кристаллических аллотропов серы и повышению количества полимерной фазы, а также повышают показатели эксплуатационных свойств наномодифицированных серных вяжущих и материалов на их основе.

2. Установлен механизм структурообразования наномодифицированных серных вяжущих веществ, заключающийся в следующем: на начальном этапе протекает насыщение серного расплава газообразными продуктами, что приводит к снижению величины физико-механических и эксплуатационных показателей свойств вяжущих, изготовленных с его применением; затем происходит интенсивное удаление газовой фазы из расплава – показатели качества получаемого вяжущего при этом возрастают.

3. Предложен параметр, характеризующий степень дефектности структуры материала и позволяющий оценивать эффективность технологий наномодифицирования композитных материалов.

4. Установлены закономерности изменения процессов структурообразования, параметров структуры, физико-механических и эксплуатационных свойств наномодифицированного серного вяжущего вещества в зависимости от варьирования основных рецептурных и технологических факторов.

**Значимость полученных автором результатов работы для производства** заключается в разработке составов и установлении технологических режимов получения наномодифицированных серных вяжущих веществ для строительных материалов



с высокими эксплуатационными свойствами общестроительного и специального назначения.

Разработан алгоритм синтеза наномодифицированных серных вяжущих веществ, заключающейся в проведении последовательной декомпозиции системы критериев качества таких материалов, определении элементарных управляющих рецептурных и технологических факторов посредством разбиения выделенных свойств по явлениям, процессам и компонентам, научном обосновании выбора компонентов материала, в последующем установлении экспериментально-статистических зависимостей влияния управляющих факторов на свойства материала и проведении многокритериальной оптимизации рецептуры и технологического режима изготовления материала.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты и выводы диссертационной работы «Наномодифицированные серные вяжущие вещества для строительных материалов общестроительного и специального назначения» вносят значимый вклад в развитие представлений о механизмах структурообразования наномодифицированных серных вяжущих веществ и управлении формированием их эксплуатационных свойств. Разработанные вяжущие вещества могут быть использованы для изготовления строительных материалов общестроительного и специального назначения с заданными показателями качества.

### **Замечания по работе**

1. Диссертантом не обоснована необходимость исследования теплофизических свойств, истираемости и ударной прочности наномодифицированных серных вяжущих. Так же было бы целесообразно вместо теплопроводности установить значения коэффициента температуропроводности, который учитывает величину как теплопроводности и удельной теплоемкости, так и плотность материала.

2. Автором представлена оценка комплексного влияния модифицирования для всех использованных наполнителей. Однако данных, характеризующих эффективность тепловой обработка ферроборового шлака, отсутствуют.

3. В работе не представлены результаты «прямых» исследований, подтверждающих образование на поверхности наполнителей наноразмерного слоя вулканизата и его равномерное распределение по поверхности дисперсной фазы.

4. Одним из элементов научной гипотезы является повышение химической активности наполнителей при удалении адсорбированной на поверхности воды (в том числе и химически), однако в работе отсутствуют данные об изменении количества адсорбированной воды при термообработке.

5. Целесообразно было бы на основе результатов проведенных исследований сформулировать модель наномодифицированных серных вяжущих веществ на минеральных наполнителях, применение которой позволило бы проектировать составы таких материалов для различных регионов из местных минеральных ресурсов.

6. В разделе 4.1 работе отсутствует анализ результатов оптических исследований (таблица 4.6), на основании которого автором делается заключение о том, что термо-



активированные наполнители не являются центрами кристаллизации серы. Представленные рисунки не позволяют убедиться в правильности сделанных предположений.

### Общее заключение

Диссертация Киселева Дениса Георгиевича является научно-квалификационной работой, в которой представлено решение задачи, имеющей существенное значение для строительного материаловедения и строительной отрасли. Она содержит научную новизну, практическую ценность и в ней на основе выполненных автором исследований предложены научно обоснованные технологические решения по технологии наномодифицированных серных вяжущих веществ для строительных материалов общестроительного и специального назначения.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Киселева Д.Г. выполнена на достаточном научно-методическом уровне и отвечает требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям по представленной научной новизне, практической значимости, количеству публикаций в рецензируемых научных изданиях. Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки представленной работы.

Считаем, что Киселев Денис Георгиевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций, протокол № 6 от 18.11.2014 г.

Заведующий кафедрой технологии строительных материалов, изделий и конструкций Воронежского ГАСУ, канд. техн. наук, профессор

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, тел. 8(473) 271-52-35,  
e-mail: vlasov@vgasu.vrn.ru

Доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Воронежского ГАСУ, канд. техн. наук, доцент

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, тел. 8(473) 271-52-35,  
e-mail: korotkih@vgasu.vrn.ru

В.В. Власов

Д.Н. Коротких

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет  
<http://edu.vgasu.vrn.ru>

Власов Виктор Васильевич; Коротких Дмитрий Николаевич

Ознакомлен 04.12.2014.