

В Диссертационный совет  
Д 212.223.01  
при ФГБОУ ВПО  
«Санкт-Петербургский  
государственный  
архитектурно-строительный  
университет»  
190005 г. Санкт – Петербург,  
2-я Красноармейская ул., д.4

#### ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Грызлова Владимира Сергеевича на диссертационную работу Хаммади Мустафы Маджид Хамид на тему:  
« Метод модифицирования цементных бетонов нанорствором », представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - «Строительные материалы и изделия».

Диссертационная работа посвящена исследованию процессов поглощения кремнезоля ячеистыми и мелкозернистыми бетонами. Эти исследования базируются на существующих достижениях теорий капиллярного массопереноса коллоидных растворов в пористых телах и последующего изменения их физико-химических и физико – механических характеристик как критериев повышения эксплуатационных свойств этих тел.

Диссертационная работа объемом 121 страница основного текста, состоит из введения, пяти глав, общих выводов и восьми приложений, включает 78 рисунков, 32 таблицы. Список литературы содержит 100 наименований, в числе которых 85 иностранных источников.

Оценивая основные положения диссертационной работы Хаммади Мустафы в плане актуальности, научной новизны, практической значимости, достоверности, обоснованности выводов и рекомендаций, можно отметить следующее.

##### **1. Актуальность.**

В настоящее время в технологии бетонов уделяется повышенное внимание к вопросам развития и внедрения нанотехнологий. Это внимание основано на том, что механизмы формирования структуры и свойств бетона на макро- и микро- уровнях, как проблемы фундаментальной науки, можно считать доказанными. Область исследований расширяется и ведется поиск новых механизмов на уровне субмикроструктуры. Этим исследованиям посвящено достаточно большое количество теоретически и эмпирических работ. Полученные результаты убеждают в раскрытии новых резервов качественного улучшения свойств бетонных изделий, что влечет поиск эффективных технологических способов реализации этих результатов.

В этой связи, разработка и практическая апробация методов наномодифицирования бетонов является, безусловно, актуальной проблемой.

Автор, определил предмет и объект исследования – метод модифицирования пенобетонов путем поверхностного поглощения нанораствора кремнезоля; сформулировал цель и задачи исследования

## **2. Структура диссертации и степень обоснованности полученных в ней результатов**

Структура диссертационной работы логично раскрывает тему исследования.

**В первой главе** автор, на основе анализа и обобщения литературных сведений, дает описание основных процессов, происходящих при твердении цементных бетонов, приводит характеристики образующихся фаз, подробно рассматривает наноструктурные модели гидросиликатов кальция (C-S-H), обосновывает физико-химическое взаимодействие кремнезема со структурными элементами гидратации цемента.

**Вторая глава** является наиболее важной составной частью диссертационной работы, где представлены результаты экспериментов, проведенных в лабораторных условиях на стандартных образцах бетона 100x100x100мм и образцах-балочках 40x40x160мм. Опыты проводились на модельном растворе кремнезоля, полученного на катионообменной колонке из раствора  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , а также на промышленном растворе кремнезоля.

В результате экспериментальных исследований получены и представлены в работе характеристики: плотности, прочности, водопоглощения, водонепроницаемости, теплопроводности, морозостойкости модифицированных бетонов. Анализ прочностных характеристик предусматривал кинетику их изменения во времени и зависимость от концентрации раствора кремнезоля.

Параллельно с ячеистым бетоном средней плотности D400 – D600, проводились испытания мелкозернистого бетона на кварцевом песке класса по прочности B10, по плотности D2000.

Данные исследования позволили установить рациональные параметры наномодифицирования бетонов раствором кремнезоля; концентрация раствора -1,5%; начало погружения образцов соответствует 3-х-суточному возрасту их твердения в стандартных условиях; время выдержки в растворе – 10 часов.

К сожалению, экспериментальные результаты не представлены в математической интерпретации, что, несомненно, придало бы им большую информативность и прогнозируемость, а применение методов математического планирования экспериментов позволило бы получить математическую модель процесса поглощения кремнезоля капиллярно пористой структурой исследуемых бетонов и существенно развить область предмета исследования.

**В третьей главе** приведены физико-химические исследования процессов поглощения кремнезоля во взаимосвязи с фазовым составом цементного

камня. В исследованиях применялись методы рентгенофазового, дериватографического и ИК- спектральных методов анализа.

Используя методы термодинамического анализа, автор сделал попытку обосновать самопроизвольно протекающую химическую реакцию при подсосе кремнезоля в капиллярах бетона. Приведенный фактический материал свидетельствует о том, что в процессе наномодифицирования происходят количественные и качественные изменения с образованием новых фаз, например низкоосновных гидросиликатов типа тоберморита, а также возможны реакции наночастиц  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в стандартных условиях.

Это является доказательством определенной новизны физико – химических превращений, происходящих при подсосе кремнезоля и повышения прочности пенобетонных изделий.

**В четвертой главе** приведены результаты исследований, характеризующие изменения структуры бетона при поглощении кремнезоля. В данных исследованиях использовались современный растровый электронный микроскоп (РЭМ ISM-35CF) и рентгеновский микроанализатор (РМА). Важным результатом этих исследований стала масштабная оценка глубины проникновения кремнезоля в поры бетона, которая проводилась по количеству и видам характерных новообразований. Было установлено, что наномодификатор активно проникает в пористую структуру пенобетонов на глубину до 10 мм, взаимодействует с компонентами цементного геля и образует соединения в виде игольчато – пластинчатых микрокристаллов: этрингитов, гидросиликатов, тобермаритов. При этом наблюдается «залечивание» микротрещин и микропор с образованием связующего каркаса из этих новообразований.

Можно согласиться, что в целом, это способствует повышению эксплуатационных свойств бетонов.

**В пятой главе** приводятся результаты опытно – промышленной апробации и экономической оценки разработанного метода наномодификации бетонов. В приложении представлены акты лабораторных и производственных испытаний. На основании полученных результатов сделано заключение, что предложенный метод приводит к снижению стоимости изделий, а также к снижению энерго - и материалоемкости

Представленные в диссертации научные разработки позволили автору сделать обоснованный вывод, что полученные результаты свидетельствуют об эффективности и универсальности предложенного метода наномодификации бетонов разной плотности. Результаты инструментально обоснованы применением современных методов и приборов микроструктурного анализа, что убедительно доказывает материаловедческий характер данных исследований.

### 3. Оценка новизны и достоверности

В качестве новых научных результатов, полученных в работе, следует указать следующие положения:

1. Предложен метод наномодифицирования цементных бетонов разной плотности путём поглощения раствора кремнезоля и определены его рациональные технологические параметры.

2. Доказано, что повышение эксплуатационных свойств наномодифицированных бетонов при равной плотности и расходе цемента связано со степенью поглощения кремнезоля, которая выражается величиной емкости поглощения.

3. Физико-химическими и инструментальными методами установлено, что процесс взаимодействия кремнезоля с продуктами гидратации портландцемента сопровождается образованием гидросиликатов, которые отличаются игольчатой морфологией и прорастают внутрь пор.

**Достоверность научных результатов** диссертационной работы подтверждается результатами экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных и производственных условиях с использованием современных методов и оборудования, а также хорошим согласованием этих результатов со сведениями, имеющимися в литературных источниках.

**Библиографический список** свидетельствует о том, что основные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в публикациях, в том числе 7 в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК, а также в других изданиях. Они обсуждались на различных научных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

### 4. Замечания по диссертационной работе в целом.

По работе имеется ряд замечаний.

1. Рациональный уровень концентрации кремнезоля, принят равным 1,5%, однако, это требует уточнения в интервалах  $\pm 0,25\%$  для обоснования более достоверных данных физико – механических характеристик бетона.
2. Емкость поглощения раствора представлена эмпирическим рассуждением без вывода уравнения переноса как функции плотности, концентрации, вязкости раствора кремнезоля, характеристик структуры пор бетона.
3. В тексте диссертации присутствуют орфографические ошибки и неточности. Например:
  - в содержании отсутствует раздел «Выводы по работе»;
  - в названии главы 5 допущена ошибка;

- на рис. 1.2 требуют пояснения обозначения В,Р;
  - на странице 17 отношение  $Q_2/Q_1$  приведено без объяснения смысла;
  - имеются расхождения в обозначении рисунков и таблиц: стр. 28, 29, 88, 93, 99, 107.
4. Необходимо пояснить рисунки 5.1, 5.2, 5.3 – в тексте на них нет ссылок.
5. Из текста главы 5 не ясно, как разработанный метод наномодификации можно применить для массивных бетонных конструкций.

Отмеченные недостатки носят частный характер и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

### **Заключение**

Диссертация является законченным научно-квалификационным трудом, выполненным автором самостоятельно на достаточном научном уровне. В работе приведены результаты, позволяющие их квалифицировать как решение научной задачи, имеющей важное хозяйственное значение. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Работа базируется на большом числе исходных данных, примеров и расчетов. Она написана доходчиво, автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, п.9. принятом постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842, а ее автор Хаммади Мустафы Маджид Хамид заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:  
Заслуженный деятель науки РФ,  
доктор технических наук, профессор  
заведующий кафедрой «Строительства»  
ФГБОУ ВПО «Череповецкий  
государственный университет»

Грызлов Владимир Сергеевич

162600 г. Череповец  
Вологодская область  
ФГБОУ ВПО Череповецкий государственный университет  
Пр. Луначарского 5.  
Зав. кафедрой строительства.  
Т. +79217232468  
E-mail: gryvs@mail.ru

