

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу **Шулдякова Кирилла Владимировича**

**«Тяжелые бетоны, стойкие к циклическим воздействиям**

**в суровых условиях эксплуатации»,**

представленную в диссертационный совет Д 212.184.01, созданный на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «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

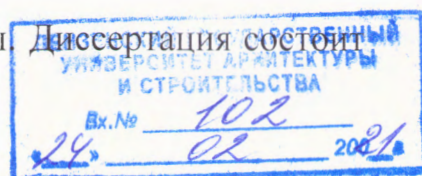
### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Для обеспечения национальной безопасности Российской Федерации необходимо проводить строительство и модернизацию инфраструктуры на территории Арктики, Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, для чего требуются новые материалы, предназначенные для суровых условий эксплуатации. Изложенные в диссертации принципы создания тяжелых бетонов с повышенной стойкостью и надежностью позволяют решить эту задачу. Традиционный подход обеспечения морозостойкости тяжелых бетонов предполагает обязательное введение воздухововлекающих добавок и организацию порового пространства, без учета структурных особенностей цементного камня. Проведенные в работе исследования выявляют закономерности между формирующейся структурой цементного камня в бетоне и его стойкостью к циклическим воздействиям, что позволяет получать бетоны с маркой по морозостойкости F<sub>2500</sub>.

Таким образом, исследуемая в диссертационной работе тема актуальна для решения современных задач, стоящих перед строительной отраслью.

### **Общая характеристика представленной на оппонирование диссертационной работы**

На оппонирование представлена диссертационная работа, объемом 178 страниц формата А4, и автореферат объемом 24 страницы.



из введения, пяти глав, выводов по главам, заключения, списка сокращений, списка литературы, включающего 273 наименования на русском и английском языках, и двух приложений. В диссертации содержится 70 рисунков и 29 таблиц в основном тексте, а также 15 таблиц в приложении А.

**Во введении** рассматриваются требования к тяжелым бетонам, предназначенным для эксплуатации в суровых условиях, и современные способы обеспечения их стойкости к циклическим воздействиям. Сформулированы цели и задачи исследования, обоснована научная новизна и практическая значимость работы.

**Первая глава** посвящена анализу задач и проблем разработки тяжелых бетонов, стойких к циклическим воздействиям в суровых климатических условиях. Для подобных условий эксплуатации национальные стандарты регламентируют класс бетона по прочности, марку по морозостойкости, расход цемента и величины водоцементного отношения и воздухововлечения. Однако, этих требований недостаточно для получения тяжелых бетонов с маркой по морозостойкости не ниже F<sub>2450</sub> – требуемой для суровых условий эксплуатации. В литературе большее внимание уделяется параметрам порового пространства цементного камня, тогда как роль структурного компонента до конца не раскрыта. Таким образом, необходимо установить влияние направленного формирования гидратных фаз цементного камня на стойкость тяжелого бетона к циклическим воздействиям. Наиболее прочными и плотными компонентами цементного камня являются слабозакристаллизованные низкоосновные гидросиликаты кальция. Как правило, модификация структуры цементного камня производится введением эффективных водоредуцирующих и активных минеральных добавок, поэтому необходимо оценить их роль в технологии тяжелого бетона с повышенными характеристиками стойкости. Создание структуры цементного камня, которая длительное время не изменяется при различных агрессивных воздействиях, будет способствовать повышению эксплуатационных характеристик бетона.

**Во второй главе** приводятся сведения о применяемых в работе материалах и методах исследования. При проведении экспериментов применялись заполни-

тели постоянного качества, а часть исследований дополнительно воспроизводилась на портландцементных разных производителей. Перечислены используемые в работе как стандартные методы испытаний цементного камня и бетона, так и выбранные из литературы физико-механические способы исследований с применением электронной микроскопии с рентгеновским микроанализатором, калориметрии и дериватографического и рентгенофазового анализов.

**В третьей главе** приводятся результаты исследований структуры и свойств цементного камня. В данной главе проведен анализ данных полученных в ходе реализации двухфакторного эксперимента, где значимыми факторами была принята дозировка активной минеральной добавки и суперпластификатора. Кроме этого, в данной главе выполнено сравнение свойств цементного камня при введении суперпластифицирующих добавок различного генезиса, стойкости цементного камня с различными модификаторами при циклических воздействиях и данных микроструктурных исследований. Установлено, что количество портландита в цементном камне снижается как за счет реакции пуццоланизации, так и за счет введения поликарбонатного суперпластификатора. Циклические испытания выявили наиболее стойкие структуры цементного камня из слабоакристаллизованных низкоосновных гидросиликатов кальция, формирующиеся при пониженном содержании портландита, менее 5 % по массе.

**Четвертая глава** посвящена исследованию свойств бетонной смеси и тяжелого бетона, в том числе при различных физико-механических циклических воздействиях. Испытания проводились с применением комплексов модифицирующих добавок, установленных в предыдущей главе, при одинаковом В/Ц и подвижности бетонной смеси. Проведены исследования структуры цементного камня в бетоне, как не подвергавшегося никаким агрессивным воздействиям, так и прошедшего различное количество циклических замораживаний и оттаиваний и механических нагрузжений. Механические свойства бетона и его стойкость повышаются при формировании структуры цементного камня из низкоосновных гидросиликатов кальция. Наиболее стойкие бетоны характеризуются низким водопоглощением, которое не изменяется даже после низкотемпературных цикли-

ческих замораживаний. Следовательно, по водопоглощению можно оценивать стабильность структуры в условиях циклического замораживания. Выявлено, что наибольшее количество циклических нагрузений выдерживают образцы со слабозакристаллизованной гидросиликатной структурой цементного камня, формирующейся в присутствии поликарбоксилатного суперпластификатора и микрокремнезема.

**В пятой главе** предложена технология применения разработанных тяжелых бетонов в сборных и монолитных дорожных покрытиях, а также приведены данные опытно-промышленных испытаний. Кроме того, определен оптимальный режим тепловлажностной обработки железобетонных изделий и рассчитан экономический эффект применения разработанного бетона.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

При выполнении исследований автор использовал системный подход, заключающийся в планировании эксперимента и получении математической модели выявляющей взаимосвязь между параметрами структуры гидратных фаз цементного камня и их сохраняемостью при циклических воздействиях.

Литературный обзор по вопросам стойкости бетонов и структурообразования цементного камня в диссертации включает в себя 273 наименования на русском и английском языках, в том числе в нем проанализированы статьи из журналов входящих в первый квартиль науки о строительных материалах.

Теоретическим основанием диссертационной работы являются общепризнанные положения модификации свойств современных тяжелых бетонов через направленное формирование структуры гидратных фаз цементного камня. Диссертационная работа содержит научную новизну, теоретическую и практическую значимость.

Опытно-промышленное внедрение результатов диссертационной работы подтвердило полученные лабораторные зависимости по созданию тяжелых бетонов, стойких к циклическим воздействиям в суровых условиях эксплуатации.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе применялось планирование экспериментов с построением математических моделей и оценкой их адекватности и воспроизводимости по критериям Фишера и Кохрена. Достоверность полученных результатов остальных экспериментов оценивалась по статистическим характеристикам – среднеквадратичной погрешности и коэффициенту вариации, менее 5 %.

Все эксперименты проводились на аттестованном оборудовании и поверенных приборах.

Для определения количества образцов в серии был произведен расчёт среднего внутрисерийного коэффициента вариации по прочности бетона.

В диссертации установлено, что направленное формирование слабозакристаллизованной структуры цементного камня из низкоосновных гидросиликатов кальция, с C/S не более 1,5, при сниженном количестве свободного гидроксида кальция менее 5 %, способствует существенному увеличению стойкости, как цементного камня, так и бетона. Формированию подобной структуры способствует введение добавок микрокремнезема и поликарбоксилатного суперпластификатора. Замена нафталинформальдегидного суперпластификатора на поликарбоксилатный, без изменения состава бетона и в присутствии микрокремнезема, повышает его марку по морозостойкости с F<sub>2300</sub> до F<sub>2500</sub>, за счет снижения содержания гидроксида кальция на 1,5 %.

Было установлено, что при циклических воздействиях на разработанные составы тяжелого бетона его разрушение вызывается перекристаллизацией гидросиликатных фаз в цементном камне. Применение поликарбоксилатного суперпластификатора и микрокремнезема позволяет увеличить количество циклов ме-

ханического нагружения бетона до разрушения на 37 %, по сравнению с бетоном модифицированным нафатлинформальдегидным суперпластификатором и микрокремнеземом.

В работе отмечаются особенности насыщения разработанных тяжелых бетонов в процессе испытания их морозостойкости по 3-ему ускоренному стандартному методу. Из полученных данных следует, что образцы бетона выдерживаемые в 5%-м растворе NaCl и образцы испытываемые в этом же растворе циклическим замораживанием и оттаиванием при минус 50 °С характеризуются одинаковой степенью насыщения до того момента, который предшествует разрушению основных образцов. Эти закономерности могут быть использованы для разработки ускоренного способа определения морозостойкости бетона.

Основные положения диссертационной работы были опубликованы в 22 научных работах, из них шесть в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и семь статей в рецензируемых изданиях, входящих в реферативную базу данных SCOPUS. Кроме того, результаты диссертационного исследования докладывались на 15 всероссийских и международных конференциях, где были получены положительные отзывы и рекомендации.

### **Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы**

1. В работе применяется поликарбоксилатный суперпластификатор конкретной марки, если заменить его на другой поликарбоксилат, как это повлияет на результаты исследования?

2. Остается не ясным можно ли заменить микрокремнезем на другие пуццолановые добавки и какие критерии должны быть учтены при использовании этих добавок? Как повлияет замена пуццолановой добавки на полученные закономерности?

3. В диссертационной работе исследование проведено на чистых классифицированных заполнителях постоянного качества. Остается не ясным можно ли использовать небогатенные материалы и как это повлияет на полученные закономерности?

4. Почему при исследовании влияния структуры цементного камня в бетоне на его характеристики не рассматривается самое слабое место – контактная зона?

5. В диссертации на с.89 в табл.19 приведены данные используемого для сравнения бездобавочного состава бетона с большим расходом цемента. Чем это обусловлено и каким нормативным документом регламентируется такой завышенный расход цемента?

6. В тексте диссертации имеет место разночтение: на странице 90 указывается, что используется куб с ребром 70 мм, а на странице 91 – с ребром 100 мм? Почему приняты разные размеры образцов?

Отмеченные недостатки и замечания не снижают общую положительную оценку представленной работы. Диссертация Шулдякова Кирилла Владимировича изложена технически грамотным и научным языком.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертационная работа Шулдякова Кирилла Владимировича «Тяжелые бетоны, стойкие к циклическим воздействиям в суровых условиях эксплуатации» является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, содержит новые научно обоснованные технологические решения по получению тяжелых бетонов для конструкций и сооружений, стойких к циклическим воздействиям, указанные решения имеют существенное значение для развития строительной отрасли России.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Диссертация Шулдякова К.В. имеет прикладной характер, в ней приводятся сведения о практическом использовании полученных научных результатов.

Диссертация соответствует формуле и областям исследования научной специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия.

Диссертация и автореферат выполнены на высоком научно-методическом уровне и соответствуют требованиям ВАК РФ и нормативных документов. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что Шулдяков Кирилл Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия.

**Официальный оппонент:**

д-р техн. наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия, профессор, декан факультета инженерных и информационных технологий ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»



**Ильина  
Лидия Владимировна**

«12» февраля 2021 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», (НГАСУ (Сибстрин))

Адрес университета: 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113

Тел.: 8 (383) 266-81-89, деканат ФИИТ

E-mail: [su@z.sibstrin.ru](mailto:su@z.sibstrin.ru)

Подпись Ильиной Л.В. заверяю:

проректор по научной работе НГАСУ (Сибстрин)

канд. техн. наук

A blue ink signature of S.N. Shpanko.

**С.Н. Шпанко**

С отзывом официального  
оппонента ознакомлен 02 марта  
2021 года. Шулдяков