Соловьев Дмитрий Вадимович. Улучшение свойств гидроизоляционных тонкослойных цементных композиций поверхностного и проникающего действия : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Соловьев Дмитрий Вадимович; [Место защиты: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т].- Санкт-Петербург, 2008.- 123 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/474

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**

**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

**104.20 0.9 02105-**

**СОЛОВЬЕВ**

**ДМИТРИЙ ВАДИМОВИЧ**

**УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ**

**ТОНКОСЛОЙНЫХ ЦЕМЕНТЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

**ПОВЕРХНОСТНОГО и**

**ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ**

Специальность 05.23.05 — Строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени ' кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук,

профессор

Шангин Владимир Юрьевич

Санкт-Петербург 2008 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 5

1. Литературный обзор. Постановка работы.

Методы исследований 11

1.1. Современные представления и основные принципы  
получения , гидроизоляционных тонкослойных цементных  
композиций улучшенного качества 11

1. Постановка работы 24
2. Методы исследований и испытаний, стандарты и ГОСТы 27
3. Статистическая обработка данных 30

2. Разработка гидроизоляционной поверхностной тонкослойной 33  
цементной композиции (ТЦК) улучшенного качества

2.1. Оценка эффективности действия золя кремниевой кислоты

в качестве добавки при создании высокоэффективной 33

гидроизоляционной поверхностной ТЦК

2.2. Физико-химические исследования влияния добавки  
кремнезоля на гидратацию твердеющей системы ТЦК 36

1. Калориметрические исследования твердеющей системы ТЦК 41
2. Определение основных физико-механических характеристик ТЦК, активированной кремнезолем 43
3. Оценка долговечности ТЦК (тонкослойной цементной композиции) активированной кремнезолем 50

2.6. Оценка адгезионной прочности активированной ТЦК к  
бетонной подложке 55

2.7. Выводы по главе 2 60

3. Разработка нормативно-технической документации и опытно-  
промышленное изготовление гидратационной ТЦК  
поверхностного действия и ее применение на объектах

***•-\***

строительства 62

1. Разработка технических условий и технологии производства ТЦК поверхностного действия 62
2. Разработка технологии производства ТЦК поверхностного действия 65
3. Технология производства работ 74
4. Выпуск опытной партии сухой строительной смеси и физико-механические испытания ТЦК поверхностного действия 76
5. Выводы по главе 3 80

4. Разработка гидроизоляционной тонкослойной цементной  
композиции (ТЦК) проникающего действия 81

4.1. Оценка скорости продвижения электролитов в бетонное  
основание 82

4.2. Определение количества и глубины проникновения  
электролита разной природы и концентрации в глубь бетонного  
основания 86

4.3. Разработка гидроизоляционной ТЦК проникающего действия 89

4.4. Физико-механические бетона, обработанного ТЦК  
проникающего действия 91

4.5. Физико-химические исследования бетона, обработанного  
тонкослойной цементной композицией, модифицированной  
электролитами 93

4.6. Выводы по главе 4 95

5. Разработка нормативно-технической документации, опытно-  
промышленное изготовление гидроизоляционной ТЦК  
проникающего действия и ее применение на объектах  
строительства 97  
5.1. Разработка технических условий на гидроизоляционную ТЦК  
проникающего действия 97

1. Выпуск опытно-промышленной партии ССС для гидроизоляционного материала проникающего действия 100
2. Выводы по главе 103 6. Общие выводы по работе 105 Литература 108 Приложение 1 118 Приложение 2 131 Приложение 3 133 Приложение 4 135 Приложение 5 137 Приложение 6 149 Приложение 7 152

**4**

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы:**

Тонкослойные цементные композиции (ТЦК), получаемые по разным технологиям — таким, как одно- или много компонентные сухие строительные смеси, строительные растворы или комплексные технологии, являются одними из наиболее востребованных современных материалов в строительстве, которые расширяются от, например, кладочных растворов или всех видов штукатурных и других к более функциональным - звуко-, тепло-, гидро- защитным цементным композициям в соответствии с задачами достижения комфортного жилья и качественного строительства, а также и с учетом экологии и создания качественных композиций по ликвидации повреждений бетонных сооружений.

Однако, в традиционных ТЦК, такой параметр, как защитность любой специфики требует дальнейшего совершенствования и может быть достигнут использованием, в том числе и высокоэффективных химических добавок нового типа - в виде твердых дисперсий, в которых используются свойства особенностей размера этих дисперсий, лежащих в нано - области. К таким дисперсиям относятся добавки коллоидных растворов, например, коллоидный раствор кремнекислоты. Кроме того, при исследовании защитности не исчерпан резерв знаний химического поведения в затвердевшем камне на цементной основе известных электролитов, так как часто при «лечении» поверхности затвердевших бетонов и нанесении защитных покрытий, кроме высоких требований к самим ТЦК во многом важная роль состоит в способности смеси, из которой готовится ТЦК, проникать в глубь подложки, улучшая при этом и эксплуатационные свойства основания, т.е. проникающая способность цементной смеси и закономерности ее изменения во многом способствуют улучшению качества покрытия. Особый интерес также при рассмотрении свойств ТЦК

**5**

вызывает поверхность раздела покрытия и бетонной основы, которая может быть рассмотрена как своего рода контактная зона и которая играет такую же важную роль в защитности и активности, которую ей отводит композиционное материаловедение.

Предлагаемая работа посвящена исследованию влияния добавок нового типа (коллоидные растворы), новых свойств известных добавок (проникающих) и границы раздела покрытия-основания для улучшения специальных свойств ТЦК, таких как гидроизоляционные поверхностного и проникающего действия, получаемых по технологии сухих строительных смесей.

**Цель работы** состояла в улучшении свойств гидроизоляцион­ных тонкослойных цементных композиций (ТЦК) поверхностного и проникающего действия с помощью добавок.

Для осуществления поставленной цели решались следующие задачи:

1. определение параметров добавок, обеспечивающих получение высокоэффективных тонкослойных гидроизоляционных поверхностных и проникающих цементных композиций;
2. определение основных физико-механических свойств ТЦК с выбранными добавками и механизма их действия;
3. осуществление опытно промышленного апробирования ТЦК с улучшенными свойствами.

**Научная новизна;** 1. Показано, что уровень основных механо-физических свойств гидроизоляционных тонкослойных цементных композиций (ТЦК) поверхностного и проникающего действия — плотности, водонепроницаемости, трещиностойкости, прочности и морозостойкости можно повысить введением коллоидных растворов кремнезоля и специальных электролитов; прослежены механизмы влияния добавок на свойства ТЦК; результаты исследования легли в основу создания

6

гидроизоляционных поверхностных и проникающих ТЦК высокого качества.

1. Показано, что адгезию ТЦК к защищаемой бетонной поверхности можно прогнозировать исходя из представления о донорно-акцепторном взаимодействии, осуществляемом образующимися в покрытии и существующими в бетонной подложке гидросиликатами; установлено, что адгезия покрытия тем выше, чем большее количество гидратных фаз образуется в покрытии и содержится в бетонной подложке, что согласуется с классом бетона подложки.
2. Впервые показано, что проникающую способность ТЦК можно оценивать с учетом природы вводимых солей электролитов — их свойства образовывать труднорастворимые гидроксиды в бетонном теле, что отражает параметр, произведения растворимости гидроксида; определено, что проникающая способность катионов в смеси для ТЦК тем ниже, чем ниже значения произведения растворимости образующегося в камне гидроксида; так же определено, что наиболее прон икаем ы в бетон катионы, которые не образуют труднорастворимых гидроксидов; составлены ряды катионов и анионов по росту проникающей способности в бетонную подложку при прочих равных условиях.
3. Исследованы фазовые превращения в ТЦК и показано, что в присутствии коллоидного раствора кремнезоля основными продуктами гидратации являются низкоосновные гидросиликаты, а в присутствии добавок — электролитов тоберморитоподобные гидросиликаты типа CSH (I), также исследованы продукты превращений в бетонном теле, обработанном ТЦК проникающего действия и показано, что в бетонной подложке увеличивается количество гидратных соединений, которые также представлены, в основном, тоберморитоподобными гидросиликатами типа CSH (I).

**7**

**Практическая ценность работы;**

1. Установлено, что создание высокоэффективного гидроизоляционного ТЦК - покрытия, работающего в тонком слое, возможно с использованием добавки на основе золя ортокремниевой кислоты, которая обеспечивает при испытании по ГОСТ 12730.5-84 повышение водонепроницаемости до 16 атм, при испытании по ГОСТ 5802-86 повышение прочности на сжатие на 32%, прочности на растяжение при изгибе на 57% и коэффициента трещиностойкости на 22%.
2. Показано, что адгезионная прочность к бетонной подложке (при прочих равных условиях) в присутствии золь-добавки в гидроизоляционном поверхностном ТЦК покрытии увеличивается на (47-66)% в зависимости от класса бетона подложки и повышается в следующей последовательности: В15->В22,5—»В30. Определена зависимость повышения водонепроницаемости бетонной подложки от толщины гидроизоляционной поверхностной ТЦК. Установлено, что каждые 2,5 мм ТЦК покрытия повышают водонепроницаемость основания на 0,2 МПа, при максимальном значении гидроизоляционного покрытия 10мм. Выпущена опытно-промышленная партия сухой смеси для гидроизоляционной ТЦК поверхностного действия.
3. Для проникающей растворной смеси ТЦК предложен модификатор, который обеспечивает более интенсивное продвижение компонентов смеси ТЦК в бетонную подложку на глубину до 40 мм, в течение 1 часа, что повышает плотность структуры бетона подложки на 1,3% или на 22 относительных %, прочности на сжатие на 25% и увеличивает водонепроницаемость на 0,4 МПа. Выпущена опытно-промышленная партия сухой строительной смеси для гидроизоляционной ТЦК проникающего действия.
4. Новизна разработок подтверждена патентом №2305671, 2 техническими условиями: ТУ №5745-001-98593931-2007 «Смесь сухая

**8**

строительная «Стронг» (гидроизоляционный материал поверхностного действия) и ТУ 5745-002-98593931-2007 «Смесь сухая строительная «Стронг» (гидроизоляционный материал проникающего действия). **На защиту выносятся:**

- обоснование выбора добавок, обеспечивающих получение  
высокоэффективных гидроизоляционных тонкослойных цементных  
композиций (ТЦК) поверхностного и проникающего действия;

-основные физико-механические характеристики ТЦК с выбранными добавками и механизм их действия;

- опытно-промышленное апробирование ТЦК поверхностного и  
проникающего действия и их применение на строительных объектах.

**Апробация работы:** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на четвертой международной научно-практической конференции «Бетон и железобетон в третьем тысячелетии», Ростов-на-Дону 2006г., на XVI Международном конгрессе по строительным материалам (Германия, г. Веймар, 2006г.), на научно-технических конференциях «Неделя науки 2006, 2007, 2008» г. Санкт-Петербург, на 2-ой Международной конференции «Пенобетон - 2007», Санкт-Петербург, 2007 г.; на XII Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы. СПб, 2008г.

**Публикации:** По материалам диссертации опубликовано 16 научных работ и докладов в международных и отраслевых изданиях, в т.ч. 1 статья в журнале, рекомендованном ВАК РФ, получен 1 патент, разработано 2 технических условия.

**Достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена результатами экспериментальных исследований, выполненных с применением современных методов физико-химического

9

анализа: рентгенофазового, дифференциально-термического,

калориметрического методов, хорошей сходимостью результатов при проведении научных исследований, а также хорошей сходимостью практических результатов, полученными в лабораторных, полупромышленных и промышленных условиях стройплощадки; коэффициент вариации составляет 7^-8%;

**ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.**

1. Показано, что уровень основных механо-физических свойств гидроизоляционных тонкослойных цементных композиций (ТЦК) поверхностного и проникающего действия - плотность,-водонепроницаемость, трещиностоикость, прочность и морозостойкость можно повысить введением коллоидных растворов кремнезоля и специальных электролитов; прослежены механизмы влияния добавок на свойства ТЦК; результаты исследования легли в основу создания специальных ТЦК-покрытий высокого качества.

2. Показано, что адгезию к защищаемой бетонной поверхности можно прогнозировать исходя из представления о донорно-акцепторном взаимодействии, осуществляемом образующимися и существующими гидросиликатами, соответственно в покрытии и в бетонной подложке;-установлено, что адгезия покрытия тем выше, чем большее количество гидратных фаз образуется в покрытии и содержится в бетонной подложке, что согласуется с классом бетона подложки.

1. Впервые показано, что проникающую способность ТЦК можно оценивать с учетом природы вводимых солей электролитов образовывать труднорастворимые гидроксиды в бетонном теле, что отражает параметр произведения растворимости гидроксида; определено, что проникающая способность катионов в смеси для ТЦК тем ниже, чем ниже значения произведения растворимости образующегося в камне гидроксида; так же-определено, что наиболее проникаемы в бетон такие катионы, которые не образуют труднорастворимых гидроксидов и составлены ряды катионов и анионов по росту проникающей способности в бетонную подложку при прочих равных условиях.
2. Исследованы фазовые превращения в ТЦК и показано, что в присутствии коллоидного раствора кремнезоля основными продуктами гидратации являются низкоосновные гидросиликаты, а в присутствии

105

добавок — электролитов тоберморитоподобные гидросиликаты типа CSH (I), а также исследованы продукты превращений в бетонном теле, обработанном ТЦК проникающего действия и показано, что в бетонной подложке увеличивается количество гидратных соединений, которые также представлены в основном тоберморитоподобными гидросиликатами типа CSH (I).

5. Установлено, что создание высокоэффективного гидро­изоляционного ТЦК - покрытия, работающего в тонком слое, возможно с-использованием добавки на основе золя ортокремниевой кислоты, которая обеспечивает при испытании по ГОСТ 12730.5-84 повышение водонепроницаемости до 16 атм, при испытании по ГОСТ 5802-86 повышение прочности на сжатие на 32%, прочности на растяжение при изгибе на 57% и коэффициента трещиностойкости на 22%.

1. Показано, что адгезионная прочность к бетонной подложке (при прочих равных условиях) в присутствии золь-добавки в гидроизоляционном поверхностном ТЦК покрытии увеличивается на 24% и в зависимости от класса бетона подложки повышается в следующей -последовательности: В15—»В22,5—ЯЗЗО. Определена зависимость повышения водонепроницаемости бетонной подложки от толщины гидроизоляционной поверхностной ТЦК. Установлено, что каждые 2,5 мм ТЦК покрытия повышают водонепроницаемость системы основание-покрытие на 0,2 МПа, при максимальном значении гидроизоляционного покрытия 10мм. Выпущена опытно-промышленная партия сухой смеси для гидроизоляционной поверхностной ТЦК поверхностного действия объемом 7т.
2. Для проникающей растворной смеси ТЦК предложен" модификатор, который обеспечивает более интенсивное продвижение компонентов смеси ТЦК в бетонную подложку на глубину до 40 мм в течение 1 часа, что повышает плотность структуры бетона подложки на

106

1,1% или на 22 относительных %, прочность на сжатие на 25% и увеличивает водонепроницаемость на 0,4 МПа. Выпущена опытно-промышленная партия сухой строительной смеси для гидроизоляционной ТЦК проникающего действия объемом 3 т.

8. Новизна разработок подтверждена патентом №230567, 2 техническими условиями: ТУ №5745-001-98593931-2008 «Смесь сухая строительная «Стронг» (гидроизоляционный материал поверхностного действия) и ТУ 5745-002-98593931-2008 «Смесь сухая строительная «Стронг» (гидроизоляционный материал проникающего действия).

107

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Аганин СП. Бетоны низкой водопотребности с мидифицированным кварцевым наполнителем.: Автореферат дисс. канд. техн. наук. М.: 1996-28 с.
2. Атлаева З.Н., Султанбеков Т.К., Есельбаева А.Г. Применение сухой смеси с полимерными добавками в полистиролбетон // Сборник трудов ЦеЛСИМ. Вып. 1: Новое в химии и технологии силикатных и строительных материалов. - Алматы, 2001 - С. 194-202.
3. Бабков В.В., Барангулов Р.И., Апаненко А.А. и др. О некоторых закономерностях связи структуры и прочности бетона // Известия" вузов. Строительство и архитектура. 1983. №2 - С. 12-20.
4. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов СМ., Комохов А.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа - 2002 -370 с.
5. Бабков В.В., Печеный В.Г., Иванов В.В., Варфоломеев Д.Ф. О роли внутренних напряжений в формировании физико-механических свойств композитных материалов // ДАН СССП. - 1984 - Т. 277 №3 -С. 594-597.
6. Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов А.Г. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. 1988. №3 - С. 14-16.
7. Баженов Ю.М. Технологии бетона: Учебное пособие для вузов — М.: Высшая школа, 1978 — 455 с.
8. Баженов Ю.М. Технология бетона. - М.: АСВ, 2002, - 500 с.
9. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В, Магдеев У.Х. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М.: АСВ -2004 - 235 с.
10. Баженов Ю.М., Бабаев Ш.Т., Чумаков Ю.Т. Влияние суперпластификаторов 10-03 и 30-03 на свойства бетонной смеси и бетона с учетом химико-минерального состава цементов // Применение химических добавок в технологии бетона // МД НТП, М.: Знание - 1980 - С. 54-56.
11. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технологии бетонных и железобетонных изделий. — М.: Стройиздат, 1984 — 672 с.
12. Батраков В.Г., Булгаков М.Г., Фаликлон В.Р., Вовк А.И. Суперпластификатор - разжижитель с МФ // Бетон и железобетон -1985-№5-С. 18-20.
13. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. // 2-е' изд. перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1988, - 768 с.
14. Батраков В.Г. Суперпластификаторы. Исследования и опыт применения // Применение химических добавок в технологии бетона // МД НТП, М.: Знание - 1980 - С 29-36.
15. Батраков В.Г., Каприелов СС, Иванов Ф.И., Шейнфельд А.В. Оценка ультрадисперсных отходов металлургических производств

108

как добавок в бетон // Бетон и железобетон. 1990 - №12 - С. 15-17.

1. Башлыков И.Ф., Вайнер А.Я., Серых Р.Л., Фаликман В.Р. Комплексные пластифицирующе-ускоряющие добавки на основе-суперпластификатора С-3 и промышленных смесей тиосульфата и роданида натрия // Бетон и железобетон. - 2004 - №6 - С. 13-16.
2. Белоцерковский Г.М., Захаров В.И., Плаченов Т.Г. ЖПХ. 1970 - Т. 18. №18-С. 1744-1748.
3. Бондарева В.М., Солтамбеков К.Т., Махамбетова У.К. Сухие клеевые смеси в современном строительстве // Сборник трудов ЦеЛСИМ. Вып. 1: Новое в химии и технологии силикатных и строительных материалов. - Алматы, 2001 - С. 185-193.
4. В.Д. Мартынова, Д.В. Соловьев, Н.В. Ершиков Композиционные материалы на цементной матрице Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах. Материалы XII Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы. С-Пб, 2008 - С. 225-226.
5. Венюа М. Цементы и бетоны в строительстве / Перевод с франц. — М.: Стройиздат. 1980-415 с.
6. Волженский А.В. Влияние концентрации вяжущих на их прочность и деформативность при твердении // Бетон и железобетон. М.: 1986. №4-С. 11-12.
7. Волженский А.В., Карпова Т.А. Влияние низких водоцементных отношений на свойства камня при длительном твердении // Строительные материалы. 1980. №7 - С. 18-20.
8. Волконский Б.В., Судакас Л.Г. Справочник по химии цемента. Л.: Стройиздат - 221 с.
9. Высоцкий С.А. Минеральные добавки для бетонов // Бетон и железобетон. - 1994 - №2 - С. 7-Ю.
10. Гвоздев А.А., Яшин А.В., Петрова К.В. и др. Прочность, структурные изменения и деформации бетона. / Под редакцией А.А." Гвоздева. - М.: Стройиздат, 1978 - 296 с.
11. Гельфман М.И. Практикум по коллоидной химии. С-Пб - М -Краснодар - 2005 - 114 с.
12. Горчаков Г.И., Орентлихер Л.П., Савин В.И. и др. Состав, структура и свойства цементных бетонов. / Под ред. Горчаков Г.И. — М.: Стройиздат, 1976 - 144 с.
13. Горшков B.C., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа - 1981 -333 с.
14. Грызлов B.C., Меньшикова Е.В. Элементы термодинамики бетона: Учебное пособие. - Череповец.: ГОУ ВПО ГТУ, 2005, - 169 с.
15. Д.В. Соловьев, Н.В. Ершиков, В.Д. Мартынова Гидроизоляционные защитные покрытия. Сборник научных трудов: Новые исследования.