

На правах рукописи

**Шурышева Галина Валерьевна**

**ЛИГНОПОЛИМЕРСИЛИКАТНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ  
БЕТОНА ОТ ОРГАНОГЕННОЙ КОРРОЗИИ**

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Красноярск  
2008

Работа выполнена в Хакасском техническом институте – Филиале  
Федерального государственного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель

кандидат технических наук,  
профессор  
Шибаета Галина Николаевна

Официальные оппоненты:

доктор химических наук,  
профессор  
Киселев Владимир Петрович

доктор технических наук,  
профессор  
Пичугин Анатолий Петрович

Ведущая организация:

ОАО «Красноярский  
ПромстройНИИпроект»

Защита состоится 19 июня 2008 г., в 16.00 часов на заседании  
диссертационного совета ДМ 212.099.08 при Федеральном государственном  
образовательном учреждении высшего профессионального образования  
«Сибирский федеральный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск,  
ул.Ленина, 70, корпус А, ауд. 204.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО  
«Сибирский федеральный университет».

Автореферат разослан “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2008 г.

Ученый секретарь диссертационного  
совета

Е.В. Пересыпкин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы:** защита строительных материалов и конструкций от коррозии относится к числу важнейших научно-технических задач развития народного хозяйства. Наряду с коррозией в неорганических средах возрастают потери от коррозии органического происхождения – в производстве пищевых продуктов, в животноводстве, птицеводстве, при нефте- и газопереработке, в очистных сооружениях коммунального хозяйства.

В числе материалов для защиты бетона от коррозии СНиП 2.03.11-85 рекомендует жидкостекольные натрийсиликатные покрытия с минеральными кислотостойкими наполнителями. Еще более эффективны полимерсиликатные композиции, в которых жидкое стекло модифицировано полимерами. В такие композиции можно вводить органические наполнители вместо минеральных, снижая этим самым жесткость структуры и повышая трещиностойкость покрытий. Целесообразно использовать в качестве наполнителя порошок гидролизного лигнина, обладающего водо-, био-, и кислотостойкостью, способного повышать эластичность покрытий.

Возможность использовать полимерсиликатные композиции с гидролизным лигнином для защиты бетона от органогенной коррозии легла в основу диссертационного исследования. Работа выполнялась в соответствии с межвузовскими научно-техническими программами «Строительство», «Интеграция науки и высшего образования» по теме: «Разработка полимерсиликатных систем и создание нового класса материалов на их основе», Новосибирск, НГАСУ 1996-2008 гг. Научный руководитель темы докт. техн. наук, профессор В.М. Хрулев.

**Цель исследования:** разработка составов и принципов производства эффективных полимерсиликатных покрытий с использованием гидролизного лигнина для защиты бетона от органогенной коррозии.

### **Задачи исследования:**

- изучить опыт применения силикатных покрытий для защиты бетона от коррозии, а также проанализировать составы, свойства, технологию приготовления и применения полимерсиликатных защитных покрытий;
- разработать и оптимизировать состав полимерсиликатного покрытия, включающего гидролизный лигнин как полимерный микронаполнитель и модификатор жидкостекольной композиции;
- определить основные технические свойства и защитный эффект лигнополимерсиликатного покрытия, изучить его структуру и ее изменения при воздействии органической агрессивной среды;
- разработать производственную технологию приготовления и применения лигнополимерсиликатной композиции в качестве защитного покрытия по бетону, а также провести опытную проверку эксплуатационных свойств разработанного материала и оценить технико-экономический эффект его применения.

### **Автор защищает:**

- результаты исследований, направленные на повышение эффективности использования полимерсиликатных композиций в антикоррозионных работах при введении в их состав гидролизного лигнина;
- результаты оптимизации состава и научные принципы регулирования его технических свойств, а также экспериментальные данные о свойствах, структуре и адгезионной активности лигнополимерсиликатных покрытий;
- технологические параметры приготовления и нанесения лигнополимерсиликатного покрытия, а также результаты опытной проверки эксплуатационных свойств и технологии защитного покрытия. Техно-экономические обоснования.

### **Научная новизна:**

- развиты существующие научные основы получения композиционных лигнополимерсиликатных покрытий с использованием вторичных ресурсов гидролизной промышленности, что позволит эффективно защищать

бетонные конструкции и изделия, эксплуатируемые в богатой различной микрофлорой среде;

- в работе впервые установлено, что введение порошка гидролизного лигнина в полимерсиликатную композицию на основе жидкого натриевого стекла и бутадиенстирольного латекса повышает антикоррозионные свойства покрытия по сравнению с типовыми защитными силикатными красками;
- установлено, что содержание сернокислотных остатков в микрочастицах гидролизного лигнина способствует ускоренному твердению лигнополимерсиликатного покрытия дополнительно к действию микрокремнеземистых добавок, например аэросила;
- определен интервал содержания лигнина 3,0–7,0 масс. %, при котором защитные свойства корректно сочетаются с реологическими показателями, позволяющими получать покрытия заданной толщины, обеспечивающей адгезионно-барьерный механизм защиты бетона от органической коррозии.

#### **Практическое значение:**

- разработан и предложен для использования в производственных условиях состав антикоррозионного покрытия на основе лигнополимерсиликатной композиции (патент на изобретение № 2272009 от 20.03.2006 г.), предназначенный для защиты бетона в изделиях и конструкциях промышленных производств с агрессивной органической средой;
- разработана технология приготовления лигнополимерсиликатного состава (патент на изобретение № 2272010 от 20.03.2006 г.), и определены условия его нанесения на бетон, подвергаемый органической коррозии. Применяемые компоненты позволяют регулировать консистенцию состава от вязко-текучей до мастичной, учитывая величину неровностей защищаемой поверхности. При этом сцепление состава с бетоном сохраняется на уровне 1,4–2,1 МПа, достаточном для обеспечения длительного защитного эффекта;
- составлена и утверждена «Технологическая инструкция по приготовлению и нанесению на бетон лигнополимерсиликатного покрытия».

**Апробация работы:** результаты исследования доложены и обсуждены на ежегодных научных конференциях Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета и Хакасского технического института – филиала Красноярского государственного технического университета (ныне – Филиала ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет») в 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 гг.; на научно-технических конференциях: «Устойчивое развитие Северо-Запада России», Архангельск, 2002 г.; «Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций», Волгоград, 2003 г. и 2005 г.; «Проблемы строительного комплекса России», Уфа, 2003 г. и 2004 г.; «Актуальные проблемы градостроительства и жилищно-коммунального комплекса», Москва, 2003 г.; «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии», Тула, 2003 г. и 2005 г.; «Актуальные проблемы современного строительства», Пенза, 2005 г.; «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии», Белгород, 2005 г.; «Строительный комплекс России: наука, образование, практика», Улан-Удэ, 2006 г.

**Публикации.** Основные результаты работы – опубликованы в 14 печатных трудах (статьи, описания изобретений), в т.ч. в журнале «Известия высших учебных заведений. Строительство» и в описании 2 патентов на изобретения.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и приложений; содержит 143 страницы машинописного текста, 18 таблиц, 16 рисунков, список использованной литературы из 140 наименований.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Введение** содержит научное обоснование актуальности темы, целевую установку исследования, рабочую гипотезу. Показаны народно-хозяйственное значение защиты бетона от коррозии и связь проводимых исследований с региональными отраслевыми и общегосударственными научно-техническими программами.

**В первой главе** «Состояние вопроса» проведен литературный анализ и сделан патентный поиск защитных составов на основе жидкого стекла, показана роль органических полимерных и неорганических добавок в формировании структуры покрытий. Получено представление об адгезионно-барьерном механизме действия защитных покрытий. Приведена характеристика гидролизного лигнина как компонента, улучшающего механические, реологические и адгезионные свойства связующего в лакокрасочных, битумных, полимерных композициях.

Эффективность применения лигнина в технологии строительных материалов и изделий показана в трудах В.В. Арбузова, М.И. Чудакова, Ю.Е. Никифорова, Р.К. Низанова, В.М. Хрулева, Т.Ю. Химерик, Э.П. Плотникова, В.М. Селиванова, А.А. Тинникова, Г.Н. Шибяевой, Е.Б. Соломоновой.

Представления о коррозии строительных материалов, в том числе органогенной освещены в трудах Ю.С. Зуева, Я.М. Колотыркина, В.И. Соломатова, И.В. Стрижевского, В.П. Селяева, А.В. Чуйко, Е.И. Чекулаевой, В.П.Шевякова, В.В. Шнейдеровой.

Патентный поиск показывает тенденцию перехода от традиционных минеральных составов защитных и фасадных красок к использованию органо-минеральных композиций. Результаты поиска показали, что силикатнатриевое стекло уже предлагалось модифицировать латексом. Такие составы способны твердеть при введении наполнителей, имеющих кислую реакцию.

Рассмотрены свойства гидролизного лигнина как органического наполнителя, способного улучшать структуру, повышать физико-механические показатели и регулировать реологические свойства состава.

На основании литературного анализа и патентного поиска определен круг задач по созданию нового полимерсиликатного защитного покрытия с наполнителем – лигнином. Научно-теоретический поиск был проведен в области взаимодействия компонентов в составе «жидкое натриевое стекло, стирольный латекс, органические добавки-модификаторы, порошок лигнина».

**Вторая глава** «Материалы и методы исследования» характеризует сырье, материалы и методы определения свойств и структуры защитного покрытия.

В опытах использовали жидкое натриевое стекло (ГОСТ 13078-81), плотностью – 1,35 г/см<sup>3</sup>; с силикатным модулем – 3,0–3,5; pH – 10,8; микрокремнеземистую добавку – аэросил А-175 (ГОСТ 14922-77); полимерную добавку – бутадиенстирольный латекс СКС-65ГП (ГОСТ 10564-75); минеральный наполнитель – микротальк МТ-КШС (ГОСТ 19384-79); органический модификатор – карбамид (ГОСТ 2081-92); органический наполнитель – тонкомолотый гидролизный лигнин, содержащий (масс. %): 48,3–72,0 собственно лигнина; 17,6–9,1 смолы; 12,6–31,9 полисахаридов; 2,7–9,6 золы; 0,4–2,4 кислотного остатка. Удельная поверхность порошка 2500-3000 см<sup>2</sup>/г, размер частиц 10–100 мкм.

Назначение компонентов, добавляемых к жидкому стеклу:

- аэросил способствует образованию коагуляционных структур, улучшает реологические свойства, активизирует твердение жидкостекольных композиций;

- стабилизированный латекс регулирует вязкость композиции, способствует совмещению лигнина с жидким стеклом, повышает эластичность пленки покрытия;

- микротальк способствует образованию структурно-однородной среды, улучшает смачивание, стабилизирует адгезионную прочность, повышает атмосферостойкость покрытий, а также их устойчивость к истиранию;

- водорастворимый карбамид-мономер является модификатором, склонным к полимеризации (поликонденсации) под влиянием высокощелочной среды твердеющего жидкого стекла;

- лигнин служит активным органическим наполнителем-модификатором полимерсиликатной композиции. Благодаря ароматическому строению легко совмещается со стирольным латексом и распределяется в композиции.



Вязкость композиции при разной степени ее наполнения измеряли чашечным вискозиметром ВЗ-4, либо прибором Вика – в случае высоковязких составов.

Адгезию покрытия к бетону определяли по ГОСТ 28574-90 методом отрыва диска, приклеенным к покрытию высокопрочным клеем. Состав бетона: портландцемент М 35 и мелкий заполнитель в соотношении 1:3,5; водоцементное отношение 0,5; возраст бетона 28 сут. Напряжение отрыва повышали равномерно со скоростью 1 МПа/с.

Прочность покрытия при растяжении определяли разрывом образцов-пластинок размером 10×50 мм толщиной 5 мм по ГОСТ 18299-72 при раздвижении зажимов со скоростью 5 мм/мин.

Поглощение покрытия в % определяли на образцах-пластинках при кратковременном (36 ч) и длительном (30 сут) выдерживании. Для определения набухания в агрессивной среде покрытие наносили на стеклянные пластинки, края покрывали парафином. Деформации набухания измеряли индикатором часового типа с точностью 0,001 мм, а также по величине поглощения (ГОСТ 21513-76).

Процессы поглощения, набухания определяются диффузионной проницаемостью. Одним из критериев оценки этой способности является коэффициент диффузии, определяемый по формуле:

$$D = \frac{a^2 \ln \left( \frac{Q_2 - Q_1}{Q_3 - Q_2} \right)}{\pi^2 (\tau_3 - \tau_2)} \quad (1)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии,  $\text{см}^2/\text{с}$ ;

$a$  – толщина образца,  $\text{см}$ ;

$Q_1, Q_2, Q_3$  – изменение массы образцов за время  $\tau_1 = 10$  сут,  $\tau_2 = 20$  сут,  $\tau_3 = 30$  сут (определяется из хода кинетических кривых набухания).

Агрессивной средой служили сточные воды убойного цеха ОАО «Птицевод», г. Усть-Абакан, содержащие жирные кислоты, кровь, щелочь

смыва, а также выделения из куриного помета – аммиак, фосфаты, протеин, калийные соли, сульфаты.

Структурные изменения покрытия изучали методом рентгенофазового анализа на приборе ARL-9800XRF-XRD с дифрактометром типа CubiXRD PRO.

**Третья глава** «Свойства лигнополимерсиликатной композиции» посвящена изучению вязкости состава и адгезионной прочности покрытия, а также содержит результаты определения прочности, водостойкости и проницаемости лигнополимерсиликатного покрытия. Эти свойства во многом взаимосвязаны, так как вязкость определяет полноту смачивания поверхности, а от нее зависит плотность адгезионных контактов, отнесенная не к геометрически правильной плоскости, а к общей поверхности со всеми неровностями. В связи с этим оптимизацию состава покрытия проводили с учетом реологических свойств, обеспечивающих смачивание, и проницаемости покрытия, обеспечивающей защиту. Состав оптимизирован по плану двухфакторного эксперимента. За критерий оптимизации  $Y$  принята в первом случае прочность сцепления покрытия с бетоном в возрасте 28 сут, МПа; во втором – коэффициент диффузии для покрытия в возрасте 7 сут,  $\text{см}^2/\text{с}$ . Переменными факторами были содержание в составе (масс. %): порошка лигнина ( $x_1$ ); бутадиенстирольного латекса ( $x_2$ ). Получены два уравнения регрессии:

$$Y = 1,5292 + 0,1308x_1 - 0,0575x_2 - 0,2425x_1x_2 \quad (2)$$

$$Y = 0,2808 - 0,0677x_1 - 0,0492x_2 - 0,0077x_1x_2 \quad (3)$$

Из уравнения (2) следует, что гидролизный лигнин (фактор  $x_1$ ) повышает прочность сцепления состава с бетоном ( $+0,1308x_1$ ). Теоретически совместное действие лигнина и латекса должно улучшать адгезионные свойства покрытия. Это можно объяснить тем, что лигнин взаимодействует и совмещается со стирольной частью латекса по бензольным кольцам, а дивинильная часть латекса, будучи линейным полимером, совмещается с кремнегелем жидкого стекла, находящимся в коллоидном состоянии. Таким образом, создается последовательно-звеньевая, устойчивая против внешних деструктивных

факторов лигнополимерсиликатная система. Латекс и лигнин, взаимодействуя по бензольным кольцам, образуют новый комплекс, усиливающий всю систему, но отрицательное значение коэффициента совместного действия латекса и лигнина ( $-0,2425x_1x_2$ ) свидетельствует о том, что остающаяся вне реакции дивинильная часть латекса способна разбавлять натрийсиликат, а это снижает его адгезионную активность и служит предупреждением, что количество вводимого латекса должно ограничиваться ( $-0,0575x_2$ ).

Вышеуказанные уравнения регрессии получены для конкретного содержания компонентов состава (масс. %) и описывают только определенный интервал кривых зависимостей прочности сцепления и проницаемости от содержания компонентов. Из уравнения (3) следует, что в интервале, где кривая прочности сцепления носит экстремальный характер, коэффициент диффузии только уменьшается.

Расчетный оптимальный состав покрытия содержит (масс. %): водный раствор жидкого стекла – 74,0–76,0; бутадиенстирольный латекс – 5,0–7,0; микротальк – 5,0–10,0; порошок карбамида – 4,0–6,0; порошок гидролизного лигнина – 5,0–7,0.

Сравнили нарастание вязкости жидкостекольного полимерсиликатного и расчетного оптимального лигнополимерсиликатного составов. Вязкость водного раствора жидкого стекла с аэросилом возрастает сравнительно медленно (рис. 1, кривая 1). Введение в жидкостекольный состав 5 масс. % бутадиенстирольного латекса уменьшает начальную вязкость композиции, но уже через 65 мин она достигает вязкости раствора жидкого стекла с аэросилом, а через 90 мин превышает ее на 20 с и далее возрастает (рис. 1, кривая 2). Можно предположить, что водная фаза латекса распределяется в структуре кремнегеля примерно в течение часа и затем состав начинает твердеть быстрее, чем раствор жидкого стекла.

Введение лигнина в полимерсиликатную композицию сразу повышает ее вязкость и далее она возрастает по круто восходящей кривой (рис. 1, кривая 3). При содержании 3 % лигнина начальная вязкость состава примерно 40 с; через

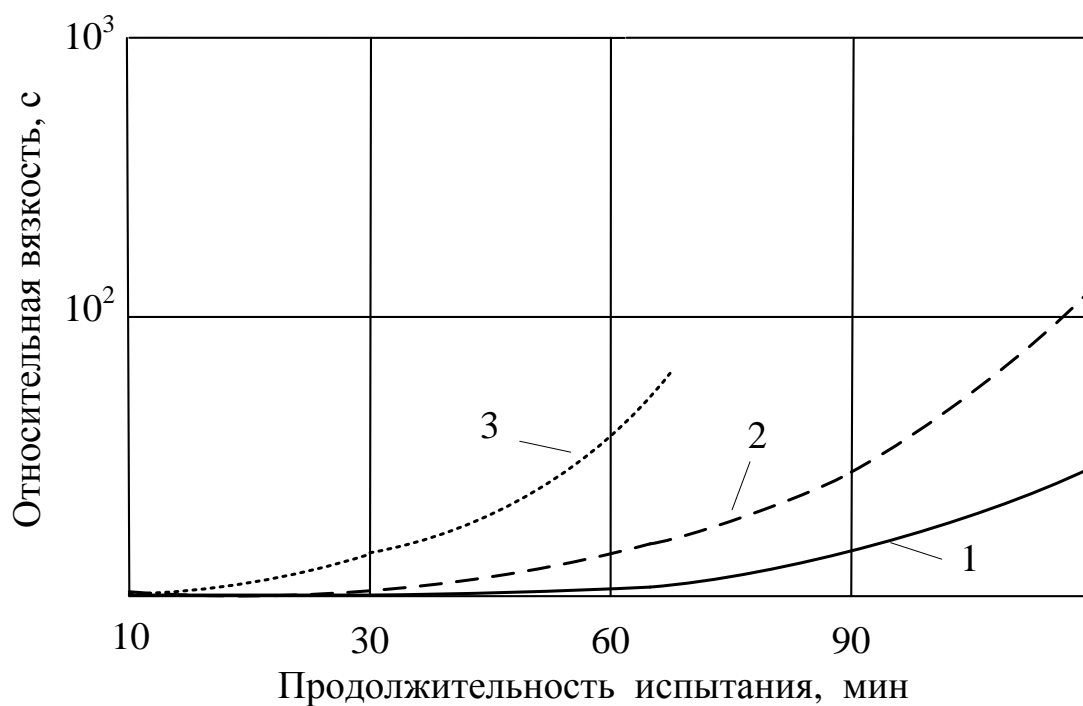


Рис 1. Изменение вязкости жидкостекольного (1), полимерсиликатного (2) и лигнополимерсиликатного (3) составов

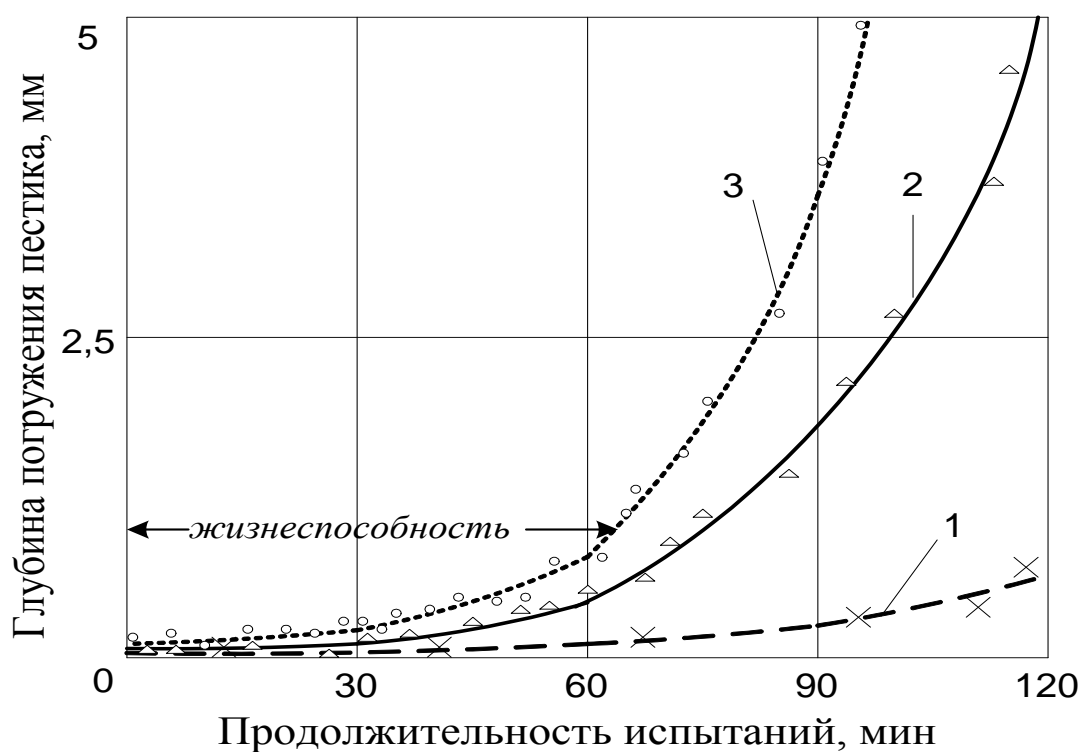


Рис 2. Измерение вязкости составов, определенное прибором Вика: 1 – водный раствор жидкого стекла с аэросилом; 2 – то же + 5 масс. % латекса; 3 – то же + 6 масс. % лигнина

60 мин она возрастает до 100 с, далее увеличивается до порога измерительной способности вискозиметра ВЗ-4 (250–300 с), и состав приобретает консистенцию мастики. При содержании в составе 5 масс. % лигнина и 7 масс. % латекса максимальная вязкость 250–300 с достигается через 60–75 мин и свободное прохождение смеси через отверстие вискозиметра прекращается.

Далее вязкость измеряли прибором Вика. Сравнение хода кривых изменения вязкости разных составов указывает на примерное соответствие показаниям вискозиметра ВЗ-4 (рис. 2).

При измерениях вязкости прибором Вика глубина погружения пестика в полимерсиликатный состав, содержащий 5 масс. % латекса стала превышать 1 мм примерно через 80 мин. После этого начинается структуризация и теряется жизнеспособность (рис. 2, кривая 2).

При введении в полимерсиликатный состав 3 масс. % порошкообразного лигнина глубина погружения пестика достигает 1 мм через 65 мин, затем ускорено возрастает (рис. 2, кривая 3).

Использование двух приборов для измерения вязкости позволила с большей точностью определить жизнеспособность составов – важный технологический параметр, означающий время от начала приготовления до потери пригодности состава.

Кроме того, установлен допустимый интервал содержания в составе лигнина (5,0–7,0 масс. %) и латекса (5,0–7,0 масс. %). При таких соотношениях жизнеспособность композиции находится в пределах 45–70 мин, что достаточно для совершения всех технологических операций при нанесении состава покрытия на бетон.

В испытаниях на растяжение установили, что добавки лигнина и латекса, действуя совместно, существенно повышают прочность покрытия. Варьируя содержание лигнина от 3,0 до 9,0 масс. %, а латекса от 3,0 до 7,0 масс. %, получали показатели прочности, измеряющиеся по экстремальной зависимости (рис. 3). Положение максимума прочности находится в интервале одинакового содержания лигнина и латекса: 5,0–7,0 масс. %.

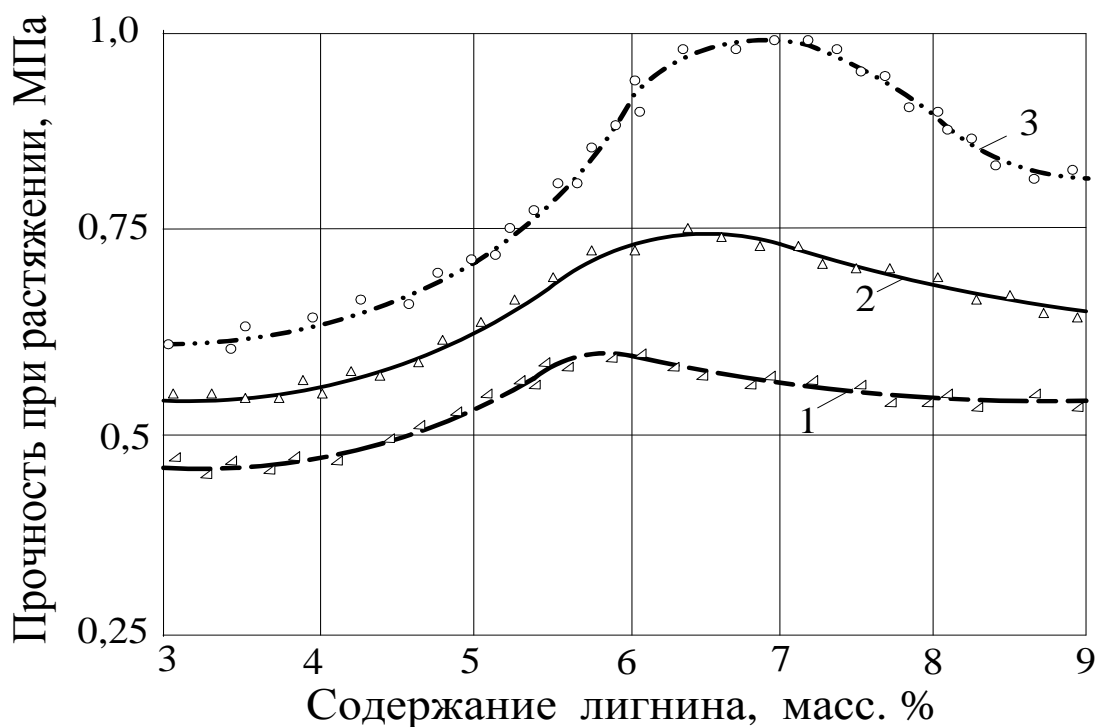


Рис. 3. Прочность лигнополимерсиликатного покрытия с добавкой латекса в количестве (масс. %): 1 – 3%; 2 – 5%; 3 – 7%

При определении прочности сцепления покрытия с бетоном разрушение происходило преимущественно по бетону. У образцов покрытия в односуточном возрасте наблюдались случаи разрушения по контактной поверхности из чего следует, что твердение покрытия не завершается в течение суток. Набор прочности происходит в интервале от 20 до 36 ч.

Сравнение прочности сцепления покрытия с бетоном и ударной вязкости адгезионного соединения в суточном возрасте (рис. 4) показала, что оптимум содержания лигнина в составе находится вблизи 6 масс. %, причем испытание на ударную вязкость выявляет это более отчетливо (рис. 4, кривая 2). Так как плотность лигнина вдвое-втрое меньше плотности жидкого стекла, то каждый процент отклонения количества лигнина от оптимума (6 %) заметно меняет его объемное содержание в составе, при 6%-ном содержании его объем занимает около четверти объема состава. Испытания на ударную вязкость оказываются наиболее чувствительными к отклонениям содержания лигнина от оптимума.

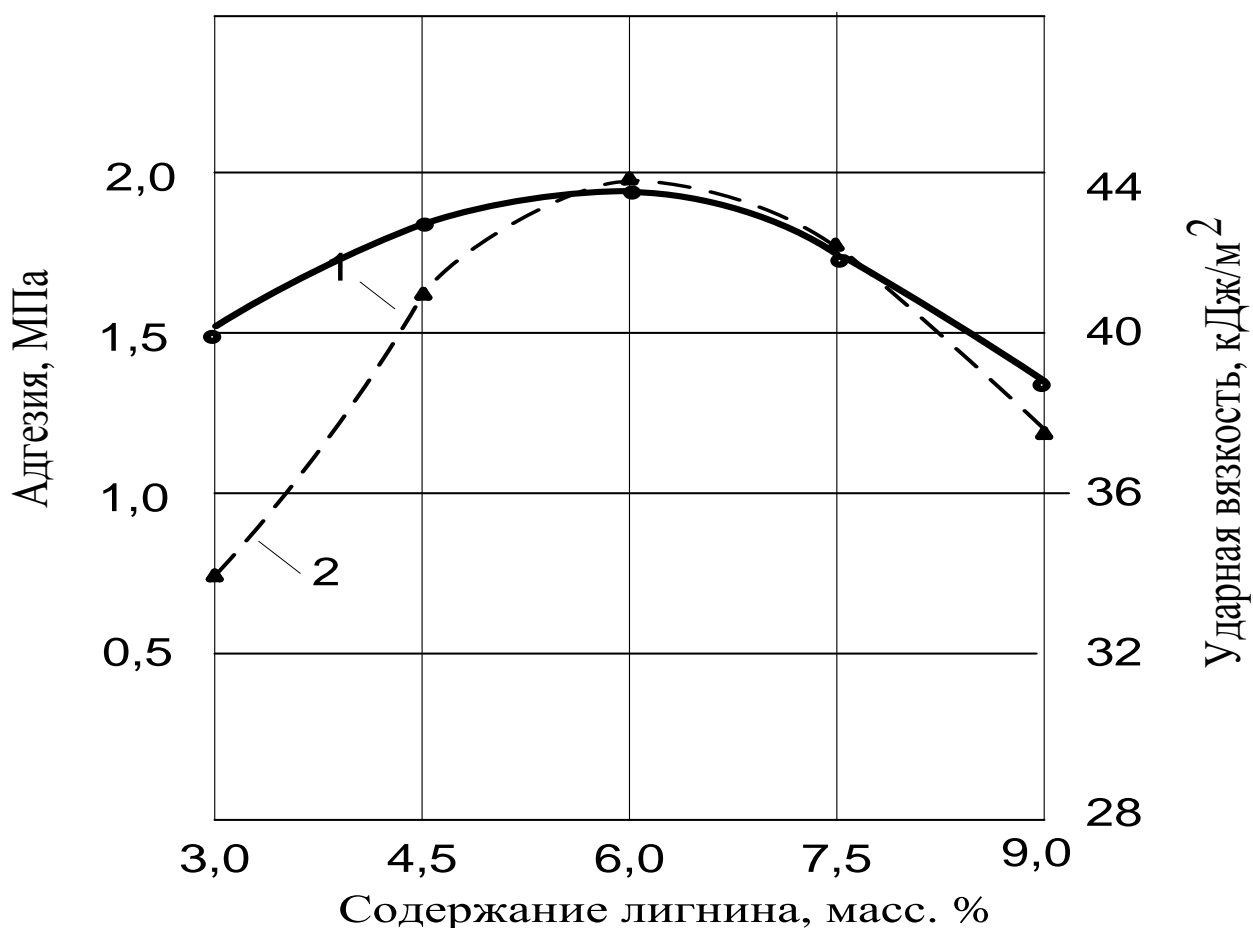


Рис. 4. Зависимость прочности сцепления (1) и ударной вязкости (2) защитной композиции от содержания наполнителя-лигнина

По ГОСТ 21513-76 водопоглощение покрытий определяется поглощением воды с поверхности. При содержании в составе 6 масс. % лигнина поглощение образцов 7-суточного возраста составило за 24 ч и 36 ч 1,5% и 3,3% соответственно; у образцов без лигнина 3,1% и 4,3%. Более высокое поглощение образцов без лигнина объясняется растворимостью жидкостекольное композиции с поверхности.

Испытания позволили заключить, что твердение полимерных защитных микропленок связующего на зернах лигнина завершается не позже 1,0-1,5 сут. Связующее закупоривает зерна лигнина оболочкой стойкой к жидкой среде, и выдерживание образцов свыше 36 ч не увеличивает существенно прирост влаги в материале.

Рост относительных деформаций набухания образцов 6 %-ным содержанием лигнина меньше, чем с 3 %-ным. Через 30 суток наблюдений

набухание образцов толщиной 3 мм, соответственно, 0,25 % и 0,34 %. При этом рост деформаций затухает. Таким образом, оптимальное (6 %) содержание лигнина сдерживает набухание сильнее, чем 3 %-ное наполнение, что объясняется большей концентрацией внутримолекулярных связей, образуемых лигнином.



Рис. 5. Поглощение (1, 2, 3) и набухание (4, 5, 6) защитного покрытия толщиной 3 мм в 30-ти суточном возрасте при вымачивании в агрессивной среде при содержании лигнина (масс. %): 1, 2 – 3,0; 3, 4 – 6,0; 5, 6 – 9,0

При определении величины коэффициента диффузии получили следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты диффузии жидкой агрессивной среды в защитное покрытие в зависимости от содержания лигнина

Толщина покрытия, мм	Коэффициент диффузии, $D \times 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$		
	содержание лигнина, масс. %		
	3,0	6,0	9,0
3,0	1,60	1,000	0,600



Обработка полученных результатов показала, что максимальная глубина проникновения агрессивной среды в покрытие составляет: при содержании лигнина (масс. %) 3,0 – 0,5 мм; 6,0 – 0,4 мм; 9,0 – 0,3 мм.

**Четвертая глава** «Технология приготовления состава, производственная проверка и технико-экономический эффект получения и применения защитной композиции». Технология приготовления защитной композиции состоит из двух потоков: подготовка и получение смеси сухих компонентов и приготовление жидкой части состава. Подготовка сухих компонентов предусматривает сепарацию лигнина и отбор микрочастиц в вибробункер, измельчение кусков карбамида в мельнице, засыпку микропальца в расходный бункер.

Приготовление жидкой части включает растворение жидкого стекла и заполнение раствором накопительной емкости, стабилизацию латекса в эмалированном баке, смешение с водой аэросила.

Компоненты обоих потоков перемешиваются каждый с своим смесителем и в отдозированном количестве поступают в общий смеситель, а далее в накопительно-расходный бак для последующей расфасовки.

Средства механизации технологии – мельницы, сепараторы, дробилки, смесители, дозаторы, транспортеры, накопители и др. используются из набора типового оборудования цехов лакокрасочных материалов. Получение промышленных партий защитного состава возможно в условиях действующих заводов по производству красок и мастик. Опытные партии состава получены в лабораторных условиях. Свойства состава и покрытия удовлетворяют требованиям ГОСТ на лакокрасочные материалы и требованиям СНиП к материалам для защиты от коррозии.

Согласно экспертному заключению ОАО «Стройиндустрия» г. Ачинск, Красноярский край и результатам производственной проверки полученное защитное покрытие удовлетворяет требованиям ГОСТ 9825-73 «Материалы лакокрасочные» как защитное. Рекомендуются для антикоррозионной защиты

поверхности бетона изделий и конструкций, эксплуатирующихся в условиях органической коррозии.

По данным производственной проверки технологии разработана и утверждена «Технологическая инструкция по приготовлению и нанесению на бетон лигнополимерсиликатного покрытия», ООО «Технология», г. Абакан.

Результаты расчета экономической эффективности показали, что ежегодный экономический эффект от производства 2 000 т лигнополимерсиликатного защитного покрытия в сравнении с аналогом составит 15 446 руб./т.

### **Основные выводы:**

1. Результаты литературного анализа, патентного поиска и практический опыт показывают, что силикатные покрытия составляют значительную часть лакокрасочных материалов для строительства. Отмечается тенденция улучшения их свойств путем модифицирования жидких стекол полимерами и активными добавками.

2. При модифицировании натрийсиликатного раствора бутадиенстирольным латексом, добавляемым в количестве 5,0–7,0 масс. %, образуется полимерсиликатная композиция, допускающая введение в нее органические и минеральные добавки для получения защитных покрытий. Введение порошка гидролизного лигнина образует лигнополимерсиликатную композицию, пригодную для использования в качестве защитного покрытия.

3. Разработан и оптимизирован состав лигнополимерсиликатного покрытия, включающий (масс. %): водный раствор жидкого стекла – 74,0–76,0; бутадиенстирольный латекс – 5,0–7,0; микротальк – 5,0–10,0; порошок карбамида – 4,0–6,0; порошок гидролизного лигнина – 5,0–7,0. Критериями оптимизации являлись прочность сцепления покрытия с бетоном и коэффициент диффузии агрессивной среды в покрытие.

4. Введение лигнина в полимерсиликатную композицию в количестве 3,0–7,0 масс. % позволяет регулировать консистенцию состава от вязко-текучей (максимум 250 с по вискозиметру ВЗ-4) до мастичной (максимум 1 мм по

прибору Вика), сохраняя при этом жизнеспособность состава до 60–90 мин – приемлемую для технологических операций. Выбор консистенции состава зависит от величины неровностей поверхности защищаемого бетона.

5. Введение лигнина ускоряет твердение полимерсиликатного состава покрытия дополнительно к действию микрокремнеземистого компонента – аэросила благодаря влиянию кислотного остатка в микрочастицах. Твердение ускоряется примерно в 1,8 раза по сравнению с композицией из жидкого стекла с аэросилом.

6. Адгезия покрытия к бетону определяется в первую очередь содержанием лигнина в составе и изменяется по экстремальной зависимости с достижением максимума (МПа) 1,9–2,0 при содержании лигнина 6,0 масс. %, и соответственно, 1,5 МПа при 3,0 масс. %; 1,3 МПа при 9,0 масс. %.

7. Водопоглощение лигнополимерсиликатного покрытия невелико и составляет от 0,7 до 1,5 кг/м<sup>2</sup> при оптимальном содержании лигнина 5,0–6,0 % в составе; оно в сотни раз меньше водопоглощения защищаемого бетона. Проницаемость покрытия с лигнином ниже, чем у составов с минеральными кислотостойкими наполнителями.

8. Проницаемость агрессивной среды в покрытие зависит от содержания лигнина в составе покрытия, так минимальная величина коэффициента диффузии  $0,945 \times 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/с имеет место при содержании лигнина 9,0 масс. %, а максимальная –  $2,52 \times 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/с при содержании лигнина 3,0 масс. %. При этом процесс проникновения агрессивной среды в покрытие затухает после 15 сут испытаний. Максимальная глубина проникновения агрессивной среды в покрытие не превышает 0,5 мм.

9. Разработана технология приготовления лигнополимерсиликатного состава покрытия с использованием типового оборудования лакокрасочных производств. С учетом производственной проверки технологии, показавшей, что покрытие удовлетворяет требованиям СНиП, разработана и утверждена «Технологическая инструкция по приготовлению и нанесению на бетон

лигнополимерсиликатного покрытия». Экономический эффект 15 446 руб./т в год при планируемом объеме производства 2 000 т.

**Основные положения диссертации опубликованы:**

1. Шибаева, Г.Н. Антикоррозийное полимерсиликатное покрытие с наполнителем – лигнином [Текст] / Г.Н. Шибаева, В.М. Хрулев, Г.В. Шурышева // Вестник ВолгГАСА. – Волгоград, 2003. – С. 128-130.

2. Шибаева, Г.Н. Лигнополимерсиликатная композиция для защиты строительных конструкций от коррозии [Текст] / Г.Н. Шибаева, Г.В. Шурышева // сб. Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии. – Тула: ТулГУ, 2003. – С. 86-87.

3. Соломонова, Е.Б. Структурно-усиливающий синергетический эффект микрочастиц гидролизного лигнина в изоляционных материалах для строительства [Текст] / Е.Б. Соломонова, Г.В. Шурышева, В.М. Хрулев // сб. Прогрессивные технологии развития. – Тамбов: ТГТУ, 2004. – С. 257-260.

4. Шурышева, Г.В. Полимерсиликатные композиции для клеев и защитных покрытий [Текст] / Г.В. Шурышева, Р.Р. Ибатуллин, В.М. Хрулев // сб. Наука на рубеже тысячелетий. – Тамбов: ТГТУ, 2004. – С. 367-368.

5. Шурышева, Г.В. Стойкость лигнополимерсиликатных замазок и покрытий в условиях органогенной коррозии [Текст] / Г.В. Шурышева // сб. Совершенствование качества строительных материалов и конструкций. – Новосибирск: НГАУ, 2004-2005. – С. 201-202.

6. Шурышева, Г.В. Лигнополимерсиликатное покрытие для защиты бетона от органогенной коррозии [Текст] / Г.В. Шурышева, В.М. Хрулев, Г.Н. Шибаева // сб. Актуальные проблемы современного строительства. – Пенза: ПГУАС, 2005. – С. 86-88.

7. Шурышева, Г.В. Полимерсиликатное покрытие для защиты бетона от органогенной коррозии [Текст] / Г.В. Шурышева, Г.Н. Шибаева, В.М. Хрулев // сб. Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии. – Тула: ТулГУ, 2005. – С. 75-76.

8. Шурышева, Г.В. Лигнополимерсиликатные футеровочные покрытия-обмазки для защиты бетона от органической коррозии [Текст] / Г.В. Шурышева // Вестник Хакасского техн. ин-та - филиала КГТУ. – Вып. 19. – Абакан, 2005. – С. 138-139.

9. Шибаева, Г.Н. Технологии изоляционно-отделочных материалов на основе лигнополимерсиликатных композиций [Текст] / Г.Н. Шибаева, В.М. Хрулев, Г.В. Шурышева // сб. Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии. – Белгород: БГТУ, 2005. – С. 322-325.

10. Шурышева, Г.В. Полимерсиликатное защитное покрытие [Текст] / Г.В. Шурышева // Изв. ВУЗов. Строительство. – 2006. – № 9. – С. 25-28.

11. Хрулев, В.М. Изоляционно-отделочные строительные материалы на основе полимерсиликатных композиций и гидролизного лигнина [Текст] / В.М. Хрулев, Г.Н. Шибаева, Г.В. Шурышева // сб. Строительный комплекс России: наука, образование, практика. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2006. – С. 133-136.

12. Хрулев, В.М. Теория и технология лигнополимерсиликатных материалов [Текст] / В.М. Хрулев и др. // Вестник Хакасского техн. ин-та – Филиала ФГОУ ВПО «СФУ». – Вып. 21. – Абакан, 2007. – С. 37-40.

13. Пат. 2280057 Российская Федерация, МПК С09J 1/02, С09J 109/08. Состав для склеивания легких бетонов и способ его получения [Текст] / Хрулев В.М., Ибатуллин Р.Р., Хасанов Р.Ш., Соломонова Е.Б., Шурышева Г.В.; заявитель и патентообладатель Уфимский государственный нефтяной технический университет. – № 2004133434/04; заявл. 16.11.04; опубл. 20.07.06, Бюл. № 20. – 3 с.

14. Пат. 2272009 Российская Федерация, МПК С04В 28/26, С04В 111/20. Сырьевая смесь для изготовления теплоизоляционных изделий [Текст] / Соломонова Е.Б., Хрулев В.М., Шибаева Г.Н., Шурышева Г.В.; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – № 2003105130/03; заявл. 04.08.03; опубл. 20.03.06, Бюл. № 8. – 3 с.