

На правах рукописи



Зубарев Павел Александрович

**ЗАЩИТНЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ НА
ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИУРЕТАНОВ**

Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

22 МАЯ 2014

Пенза 2014



005548686

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

- Научный руководитель — доктор технических наук, профессор
Бобрышев Анатолий Николаевич
- Официальные оппоненты — **Ярцев Виктор Петрович**,
доктор технических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Тамбовский государственный
технический университет», зав. каф.
«Конструкции зданий и сооружений»
- **Шафигуллин Ленар Нургалеевич**,
кандидат технических наук, доцент,
Набережночелнинский институт
(филиал) федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего профессионального
образования «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», доцент каф.
«Материалы, технологии и качество»
- Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Липецкий государственный технический
университет»

Защита состоится 27 июня 2014 года в 13-00 на заседании диссертационного совета Д 212.184.01, созданного на базе Пензенского государственного университета архитектуры и строительства по адресу: 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, корп. 1, конференц-зал.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке Пензенского государственного университета архитектуры и строительства и на сайте <http://dissovet.pguas.ru/index.php/contact-us/d-212-184-01>.

Автореферат разослан 25 апреля 2014 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Бакушев Сергей Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В современном строительстве и в других областях экономики постоянно увеличивается спектр применения полимерных защитных покрытий (Пк). Все чаще к подобным Пк, помимо эстетических и гигиенических требований, предъявляются высокие требования по одновременной стойкости к воздействию агрессивных сред и механических нагрузок. Применяемые материалы должны обеспечивать экологичность и технологичность, возможность применения данного Пк для защиты того или иного основания (металлического, бетонного, деревянного и т.д.) при его формировании непосредственно на объекте.

Сочетание высокой стойкости к различным агрессивным средам (в том числе полярным органическим растворителям), термическим и механическим нагрузкам присуще, главным образом, полимерам на основе реактопластов. Однако достижение всего вышеперечисленного в сочетании с экономической составляющей возможно путём комплексного модифицирования полимеров, позволяющего получать материалы с необходимыми целевыми свойствами путем варьирования количеством и типами компонентов-модификаторов.

В настоящий момент самое широкое распространение для данного типа Пк получили эпоксидные и полиуретановые материалы. Однако и те и другие имеют ряд недостатков. К недостаткам эпоксидных материалов относятся относительно высокая стоимость исходных компонентов, недостаточная текучесть, компенсируемая применением различных растворителей и разжижителей, наличие усадки и склонность к старению Пк. Главными недостатками материалов, применяемых для формирования полиуретановых Пк эконом класса, являются высокая восприимчивость ароматических изоцианатов к влаге окружающей среды, недостаточная твердость и прочность полученных покрытий.

Для снижения действия влаги на изоцианат при формировании полиуретановых Пк в настоящий момент используют менее гидрофильные полиэфир в сочетании с применением гидроадсорбентов и пеногасителей. Следовательно, необходимо разработать технологию получения высокоэффективных защитных покрытий путём модифицирования полиуретанов на основе сырья отечественной химической промышленности, без использования производимых за рубежом сложных полиэфиров, гидроадсорбентов и пеногасителей, что позволит снизить себестоимость Пк и добиться эксплуатационных показателей, недостижимых ближайшими аналогами.

Цели и задачи исследований. Целью диссертационной работы является разработка составов и ресурсосберегающей технологии получения полиуретановых композиций на основе простых насыщенных полиэфиров, модифицированных аминсодержащими веществами, отвержденных ароматическими изоцианатами, для применения в качестве химической и износостойких защитных покрытий.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

– провести комплексный анализ полиуретановых материалов и способов их получения. Изучить способы их модификации с целью регулирования скорости полимеризации, снижения пористости и повышения других эксплуатационных показателей;

– исследовать закономерности влияния уретанобразующих компонентов, модификаторов, наполнителей и пластификаторов на технологические и физико-механические показатели полиуретановых композитов;

– разработать оптимальные составы модифицированных полиуретанов для использования в качестве защитных покрытий;

– выявить комплекс технологических и эксплуатационных свойств полученных покрытий;

– обосновать эффективность получения и применения разработанных составов.

Научная новизна работы.

Выявлены закономерности влияния аминоксодержащих модификаторов, структуры и природы полиэфира, растворителя, эпоксидного олигомера, пластификатора, пигментов и наполнителей на технологические и физико-механические показатели полиуретанового композита.

Установлена возможность замены дорогостоящих сложных полиэфиров, производимых за рубежом, на простые полиэферы, производимые как за рубежом, так и на территории России, а также отказа от использования гидроадсорбентов и пеногасителей.

На основе теоретических и экспериментальных исследований впервые установлены возможность и целесообразность получения высокоэффективных полиуретановых защитных покрытий на основе смеси простого полиэфира, модифицированного аминоксодержащими веществами, с инертными пластификаторами и пигментами, отвержденной ароматическими полиизоцианатами.

Практическая значимость работы. На основе сырья отечественной химической промышленности разработана модифицированная полиуретановая композиция с требуемыми физико-механическими и технико-экономическими показателями, предназначенная для получения наливного и непьюремого полимерного защитного покрытия.

Определены оптимальные технологические параметры изготовления компонентов и процесса нанесения защитных покрытий.

Внедрение результатов исследований. Результаты диссертационной работы получили внедрение в ООО «Специализированная технологическая лаборатория», ООО «ПензСтройПолимер», ООО «Пензенская строительная компания» (г. Пенза).

Степень достоверности. Достоверность представленных результатов, полученных на высокоточном лабораторном оборудовании, прошедшем метрологическую поверку, по стандартным высокоинформативным методикам, подтверждена сходимостью и воспроизводимостью полученных результатов, их непротиворечивостью известным законам и теориям отечественных и зарубежных ученых. Результаты и рекомендации, полученные при выполнении

работы, внедрены в реальное производство, получены положительные отзывы.

Личный вклад заключается в анализе и предложении своего подхода к решению существующей проблемы защиты от одновременного химического и механического воздействия, в определении материалов, необходимых для экспериментальных исследований, проведении и обработке результатов экспериментальных исследований, а также формулировании выводов, их обсуждении и внедрении в реальном производстве.

На защиту выносятся:

– теоретическое и практическое обоснование возможности получения высокоэффективных защитных покрытий на основе малопористых полиуретанов, сформированных путем отверждения ароматическими изоцианатами простого полиэфира, модифицированного аминоксодержащими соединениями с применением дибутилфталата (ДБФ) в качестве пластификатора и нелетучего разжижителя;

– результаты исследования влияния матричных компонентов и модификаторов на технологические и физико-механические свойства, подбор оптимальных составов для различных способов применения и условий эксплуатации;

– результаты экспериментальных исследований эксплуатационных свойств полученных защитных покрытий.

Апробация работы. Основные положения и результаты докладывались на Всероссийских и Международных научно-технических конференциях: «Биоповреждения и биокоррозия в строительстве» (г.Саранск, 2009 г.), «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса» (г.Пенза, 2009 г.), «Актуальные вопросы строительства» (г.Саранск, 2010 г.), «Композиционные строительные материалы. Теория и практика» (г.Пенза, 2011, 2012 гг.), «Актуальные проблемы проектирования и возведения зданий и сооружений с учетом энергосберегающих технологий и методов строительства» (г.Пенза, 2012 г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 16 работ, из них в журналах по перечню ВАК РФ – три работы.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных выводов, списка использованной литературы, включающего 128 наименований. Изложена на 123 страницах машинописного текста, содержит 28 рисунков и 29 таблиц.

Выражаю благодарность кандидату технических наук, докторанту А.В. Лакно за помощь и научные консультации при выполнении некоторых разделов диссертационной работы и проведении экспериментов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранного направления исследований, сформулированы цель и задачи исследований, показана их научная и практическая значимость.

В первой главе приводится литературный обзор данных исследований отечественных и зарубежных авторов, посвященных изучению высокоэффективных защитных покрытий (Пк) на основе полиуретанов, кремнийорганических и эпоксидных полимеров. Обоснована практическая значимость модифицирования полиуретанов с целью снижения негативного влияния влаги и повышения физико-механических показателей. Отмечено, что смеси полимеров могут обладать свойствами, характерными для каждого полимерного компонента смеси, а также приобретать новые, не свойственные отдельным полимерам, характеристики (синергизма свойств).

Значительный вклад в развитие теоретических представлений о структуре и свойствах различных полимерных композитных материалов внесли работы А.М. Пакена, П.Райта, А. Кампинга, Дж. Саундерса, К. Фриша, З. Вирпша, Я. Бжезиньского, Дж. Мэнсона, Дж.М. Бьюиста, Л. Сперлинга, Л.А. Зенитовой, Д.А. Кардашова, Ю.С. Липатова, В.М. Хрулева, С. И. Омельченко, М.В Со-болевского, В.Е. Гуля, В.И. Соломатова, А.Н. Бобрышева, В.Г. Хозина, А.П. Прошина, Ю.А. Соколовой, и многих других ученых.

Рассмотрены химическая структура и свойства полиуретанов, кремнийорганических и эпоксидных полимеров, природа и способы полимеризации. Показаны различные способы модификации полиуретановых материалов. Изложена краткая информация о применении высокоэффективных защитных Пк на основе вышеперечисленных полимеров, представленных на отечественном и зарубежном рынке.

Рассмотрено перспективное направление синтеза полимеров: получение композитов с взаимопроникающими и взаимодополняющими сетками, которые представляют собой системы из двух и более трёхмерных полимеров, где отдельные сетки могут быть химически связаны (взаимодополняющие), или не связаны, но не делимы механически (взаимопроникающие сетки (ВПС)). В зависимости от фазового состояния реакционной смеси наиболее характерны две топологические ситуации. При соотношении полимер «А» - полимер «Б» смеси от 3:7 до 7:3 возникают ВПС обеих фаз. За границами указанных соотношений меньшая (по объему) из фаз выделяется в смеси в виде неравномерно распределенных кластерных образований.

Обосновано применение модифицирования полиуретановых композитов. Проанализированы существующие методы модификации полиуретанов раз-

личными соединениями. Выявлена актуальность и перспективность применения модифицированных полиуретанов в качестве защитных покрытий.

Кратко рассмотрены существующие способы защиты строительных материалов от одновременного механического и химического воздействия различных агрессивных факторов. Определены проблемы, возникающие при использовании для этих целей полимерных защитных Пк, и пути их решения.

Во второй главе приведены характеристики используемых материалов, способы получения полимеров, описаны оборудование и методы исследования. В качестве основных компонентов для формирования полимерной матрицы использовались: простые полиэфиры Лапрол 805Б, Лапрол 373, Пропол 490, Пропол 1055; кремнийорганическое соединения класса полисилазанов МСН-7-80; 4,4'-метилтен-бисортохлоранилин (МОКА); эпоксидный олигомер ЭД-20; полиизоцианат. В качестве растворителя применялся толуол, пластификатора дибutilфталат (ДБФ). Пигментирование осуществлялось следующими пигментами: диоксид титана; охра; сурик железный; оксид хрома и фталоцианиновый пигмент.

Получение гидроксилсодержащего компонента осуществлялось путем загрузки полиэфира, эпоксидного олигомера, аминоксодержащего модификатора, пластификатора, наполнителя и пигмента в необходимых пропорциях в трехгорловую колбу (реактор), снабженную электромешалкой, термометром и отводом для присоединения к вакуумной системе. Далее при постоянном перемешивании под вакуумом с остаточным давлением 10 мм ртутного столба (1333 Па) смесь компонентов подвергалась термической обработке путем нагрева колбы при $105 \div 110$ °С ($378,15 \div 383,15$ °К) в течение 20 минут. Данный процесс позволяет получать качественную смесь всех компонентов, при необходимости растворить МОКА и удалить при температурном воздействии под вакуумом из всех компонентов остатки следов воды и газовых примесей. После температурной обработки полученный уретанообразующий гидроксилсодержащий компонент охлаждался до комнатной температуры. Отверждение полученного компонента производилось ароматическими изоцианатами, после чего капазит подвергался исследованию эксплуатационных и технологических характеристик по стандартным методикам.

В третьей главе проведен анализ влияния матричных компонентов, модификаторов и наполнителей на физико-механические и технологические свойства модифицированных полиуретанов.

Объяснен и доказан принцип получения в стандартных условиях формирования малопористых полиуретановых материалов. Порообразование полиуретанов объясняется высокой активностью ароматических изоцианатов по отношению к воде, всегда имеющей место быть в воздухе в виде пара и адсорбированной на поверхностях защищаемого материала. В результате такого взаимодействия, протекающего по реакции,

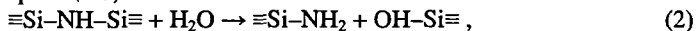
$$O = C = N - R' - N = C = O + H_2O \rightarrow O = C = N - R' - NH_2 + CO_2 \uparrow, (1)$$
 выделяется углекислый газ, являющийся инициатором порообразования.

Покрyтия имеют большую площадь соприкосновения композитного материала с защищаемой поверхностью и воздушным пространством, содержащими значительное количество воды. Исследование количества влаги (таблица 1), набранной различными полиэфирами из окружающей среды за 24 часа экспозиции в нормальных условиях, показали, что простые полиэферы, ввиду наличия большого количества алифатических гидроксидов значительно гидрофильнее гидроксидсодержащих компонентов на основе сложных полиэфиров. В связи с высокой гидрофильностью простых полиэфиров предотвратить порообразование с помощью введения комплекса пеногасящих и гидроадсорбционных добавок невозможно.

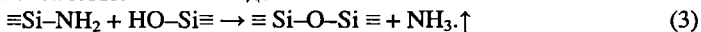
Таблица 1 - Количество влаги в тонком слое полиэфиров через 24 часа экспозиции при нормальных условиях

Лапрол 805 А (модифицированный МСН7-80)	Пропол 490 (модифицированный МСН7-80)	Лапрол 373 (модифицированный МСН7-80)	Пропол 1055 (модифицированный МСН7-80)	DESMOPHEN 1150
3,4 (3,1)	3,4 (3,13)	3,6 (3,45)	1,8 (1,6)	0,25

Применение кремнийорганического модификатора класса полисиланов позволяет устранить данный эффект. Вводимый в гидроксидсодержащий компонент, благодаря присущим ему свойствам, при контакте с водой вступает с ней в реакцию,



с образованием неустойчивых соединений, которые в свою очередь образуют устойчивые силоксановые связи с выделением аммиака:

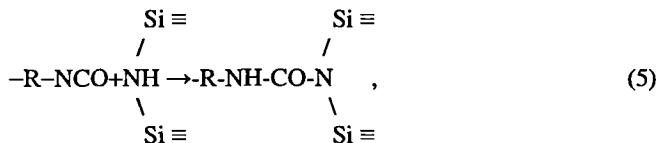


Аммиак активнее воды в отношении изоцианата, и вступая с ним в реакцию, приводит к образованию аминогруппы, которая, в свою очередь, реагируя с другим изоцианатом, приводит к образованию мочевиновой сшивки:

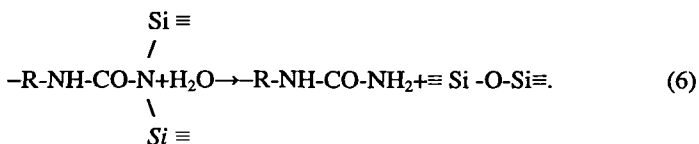


Таким образом, аммиак выступает в роли удлинителя цепи.

В присутствии изоцианата реакция происходит по схожему принципу, но без выделения аммиака, а посредством создания неустойчивой биссилилмочевины,



которая в присутствии воды распадается с образованием силоксановой связи и аминогруппы:



Аминогруппа вступает в реакцию с другим изоцианатом с образованием мочевиной сшивки:

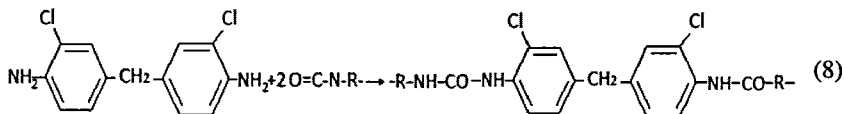


Экспериментально определено, что введение 4 масс частей полиметилсилазана (МСН7-80) к 100 масс частям простого полиэфира при отверждении ароматическими изоцианатами позволяет исключить порообразование при формировании покрытий в нормальных условиях. Введение большего количества МСН7-80 нежелательно из-за экономических соображений.

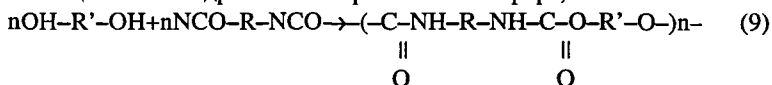
Данные о наличии влаги в простых полиэфирах, модифицированных МСН 7-80, доказывают, что основной эффект снижения пенообразования достигается за счет ускорения полимеризации и образования предварительных мочевиных сшивок без выделения углекислого газа.

В связи с необходимостью удешевления полимерного композита были проведены исследования с другими аминоксодержащими веществами – полиэтиленполиамином, этилендиамином и 4,4'-метилен-бисортохлоранилином (МОКА), также простые полиэфиры насыщались непосредственно аммиаком. После чего для отверждения модифицированных таким образом полиэфиров вводились изоцианаты. Из-за слишком высокой активности алифатических NH_2 и NH групп полиэтиленполиамина, этилендиамина и аммиака сформировать пространственно сшитый полимерный композит не удалось.

При растворении 30 масс частей 4,4'-метилен-бисортохлоранилина в 100 масс частях простых полиэфиров и дальнейшем отверждении данного раствора ароматическими изоцианатами удалось сформировать плотное покрытие. В ходе реакции МОКА и изоцианата происходит образование линейных мочевиных сшивок,



которые, совместно с уретановыми соединениями, образующимися в ходе реакции изоцианата с гидроксилами простого полиэфира,



создают взаимодополняющие сетки.

Для получения высоких прочностных показателей в сочетании с высокой термической и химической стойкостью необходимо образование разветвленной структуры полимера. В связи с этим наибольший интерес представляют

полифункциональные полиэфиры, имеющие относительно невысокую молекулярную массу. Из распространенных простых полиэфиров этим критериям наиболее удовлетворяют Лапрол-805А, имеющий пять активных ОН групп (функциональность 5) и молекулярную массу 800, полученный оксипропилированием ксилита, Пропол (Лапрол) 490, многоатомный полиэфирный спирт, полученный оксипропилированием глицерина и сахарозы, Лапрол-373, имеющий три активных ОН группы (функциональность 3) и молекулярную массу 370 ± 20 , Пропол-1055, полученные полимеризацией оксипропилена с глицерином с последующей очисткой.

С целью устранения эффекта вспенивания осуществлялось модифицирование полиметилсилазаном МСН-7-80 в количестве 4 масс части МСН-7-80 к 100 масс частям полиэфира. Либо для достижения стабильного эффекта по устранению порообразования потребовалось введение 30 масс частей МОКА к 100 масс частям полиэфира.

При этом полимеры, имеющие более разветвленную структуру, полученные при взаимодействии пяти функциональных полиэфиров с изоцианатами, обладают большей прочностью и меньшей эластичностью в отличие от менее разветвленных на основе трех функциональных полиэфиров (таблица 2).

Таблица 2 - Предел прочности, относительное удлинение и модуль упругости при разрыве покрытий на различных полиэфирах (с разными способами устранения порообразования)

№ п/п	Полиэфир	Способ устранения порообразования	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Модуль упругости, МПа
1	DESMOPHEN 1150	Комплексное введение гидроадсорбентов и пеногасителей	20,12	13,89	144,85
2	Лапрол 805 А	Полиметилсилазан	58,83	14,61	402,67
		4,4'-МЕТИЛЕН-БИСОРТОХЛОРАНИЛИН	74,31	9,54	778,93
3	Пропол 490	Полиметилсилазан	51,36	7,49	685,7
		4,4'-МЕТИЛЕН-БИСОРТОХЛОРАНИЛИН	78,83	7,08	1113,42
4	Лапрол 373	Полиметилсилазан	29,41	36,73	80,07
		4,4'-МЕТИЛЕН-БИСОРТОХЛОРАНИЛИН	44,18	28,33	155,95
5	Пропол 1055	Полиметилсилазан	0,5	25,3	1,98
		4,4'-МЕТИЛЕН-БИСОРТОХЛОРАНИЛИН	14,19	39,75	36

Выявлено, что покрытия, полученные при введении в простые полиэфиры МОКА, во всех случаях обладают более высокими прочностными показателями, также имеются отличия в деформационных показателях, по сравнению с применением полиметилсилазана. Это объясняется образованием взаимодополняющих сеток, имеющих большое количество фрагментов, содержащих ароматические циклы.

Использование полученных таким образом композитов в качестве защит-

ных покрытий без применения специальных заливочных и напылительных установок осложнено их высокой скоростью полимеризации и низкой жизнеспособностью. В связи с этим были проведены исследования влияния органического растворителя толуола на технологические и механические характеристики модифицированных полиуретанов.

Применение растворителя в размере 5-7 % по объему композита, сформированного путем отверждения Лапрол 805А модифицированным МСН 7-80 ароматическим полиизоцианатом, позволяет увеличить жизнеспособность с 4х до 11-12ти минут, снизить вязкость и количество дефектов композита, вызванных наличием газовых включений. Таким образом, применение растворителя в размере 5-7 % по объему композита позволяет повысить предел прочности и относительное удлинение при растяжении на 6-8 %.

С целью повышения прочностных характеристик исследовалось влияние модифицирования полиэфира эпоксидными олигомерами. Введение и увеличение количества эпоксидного олигомера, и уменьшение количества полиэфира приводит к увеличению более разветвленных и хрупких эпоксиуретановых соединений, что приводит к снижению прочности и относительного удлинения при растяжении. Таким образом, модифицирование простого полиэфира эпоксидной смолой не позволило добиться повышения эксплуатационных характеристик защитных покрытий. Также использование ЭД-20 привело к снижению таких технологических параметров как время хранения, при хранении полиэфиров, модифицированных эпоксидной смолой, происходит её отверждение аминсодержащими веществами, необходимыми для пеногашения, и увеличению вязкости.

Исследовано влияние пластификатора ДБФ на физико-механические и технологические параметры полученных покрытий. Экспериментальные данные влияния количества ДБФ на параметры покрытий, сформированных отверждением Пропол 490 модифицированного МСН 7-80 ароматическим полиизоцианатом, показывают, что применение дибутилфталата (до 30 % по объему композита) способствует увеличению относительного удлинения с 7,5 до 17,4 % при растяжении; увеличению жизнеспособности с 5 до 25 минут; но также приводит к снижению предела прочности при растяжении с 51,5 до 17,5 МПа. Введение более 30 % ДБФ по объему композита недопустимо из-за значительного снижения прочностных и деформационных характеристик полимера и формирования открытых пор матрицы, косвенным доказательством чего также является то, что именно эта концентрация является пороговой для начала «выпотевания» дибутилфталата при повышенных температурах.

Помимо придания эластичности полиуретановым композитам применение ДБФ позволяет частично гидрофобизировать полиэфирный компонент, снизить вязкость и скорость полимеризации, создавая возможность вовлеченным газовым включениям покинуть формирующийся полимер, частично выполняя функции гидрофобизатора, разжижителя и пеногасителя.

При толщине покрытия 2-4 мм, необходимой для сохранения герметичности Пк при длительном механическом воздействии, требуется от 2 до 4 масс.ч. пиг-

мента на 300 масс.ч. пластифицированной матрицы, что составляет более 25 грамм пигмента на квадратный метр основания. Таким образом, объемная концентрация пигмента составляет менее 1 %, следовательно, применение пигментов вызывает незначительное изменение эксплуатационных характеристик, что подтверждено экспериментальными исследованиями влияния пигментов на предел прочности и относительное удлинение при одноосном растяжении. Изменение предела прочности и относительного удлинения при одноосном растяжении не превышает 3 % и 10 %, соответственно, от аналогичных параметров непигментированного Пк.

В четвертой главе произведены дополнительные исследования эксплуатационных параметров, необходимых защитным напольным покрытиям: истираемости, ударной стойкости, эластичности при изгибе, и рассмотрена химическая стойкость полученных полимеров в различных агрессивных средах (вода, кислоты и щелочи различных концентраций, масло-бензин).

Так как для напольных защитных Пк является важным наличие относительно высокого коэффициента трения для предотвращения скольжения, приводящего к авариям и травмам, приведена сравнительная оценка скользкости полученных покрытий, с аналогичным свойством глазурованной напольной плиткой. В качестве трущихся материалов исследовали: полиуретановую и резиновую пластины подошв, полиэтилен, хлопчатобумажную ткань. Во всех случаях отмечено проскальзывание на границе: прослойка-плитка, что указывает на целесообразность использования разработанных покрытий, как менее скользких, следовательно, более безопасных.

Исследования истираемости разработанных Пк с разными прочностными и деформативными показателями позволяют сделать вывод о зависимости истираемости не только от прочности, но также от относительного удлинения при растяжении. При оценке химической стойкости разработанных материалов выявлено, что набухание материала в течении двух месяцев составляет менее 1 % по массе, а изменение предела прочности не превысило 3 %. Разрушающее действие начинает оказывать только серная кислота 60 %-й концентрации.

Основные характеристики разработанных материалов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики разработанных материалов.

Наименование	Ед. изм.	Значение
Вязкость по ВЗ-4 (ГОСТ 8420-74)	с	15÷240
Жизнеспособность (ГОСТ 27271-87)	мин	0,5÷30
Плотность (ГОСТ 267-73)	кг/м ³	1100÷1200
Ударная стойкость (ГОСТ 4765-73)	см	>50
Эластичность пленки при изгибе (ГОСТ 6806-73)	мм	1÷2
Адгезионная прочность (ГОСТ 14760-69)	МПа	5÷30
Предел прочности при растяжении (ГОСТ 18299-72)	МПа	10÷78
Относительное удлинение (ГОСТ 18299-72)	%	7÷40
Истираемость (ГОСТ 13087-81)	г/см ²	0,02÷0,21

Стоимость исходных компонентов покрытий, сформированных по предлагаемой технологии, в сравнении со стоимостью исходных компонентов ближайших аналогов снижена на 19 % за счет замены полиэфирной составляющей и отказа от дорогостоящих гидроадсорбентов и пеногасителей.

Разработана технологическая линия промышленного производства и фасовки компонентов покрытий. При организации промышленного производства используется серийно производимое на территории России оборудование. Процесс является закрытым с использованием комплекса автономных полуавтоматических агрегатов, сообщающихся между собой сетью герметичных трубопроводов.

Для организации промышленного производства и вывода разработанной продукции на рынок в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства создано малое инновационное предприятие «ПензСтрой-Полимер». Предложен способ нанесения полученных покрытий методом налива (стандартная технология аналогов) и распыления при использовании серийного оборудования для заливки и распыления двухкомпонентных систем.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основе результатов комплексных исследований технологических и эксплуатационных характеристик разработаны составы для получения покрытий, предназначенных для защиты элементов строительных конструкций и изделий от одновременного химического и механического воздействия. Покрытия обладают следующими характеристиками: предел прочности при одноосном растяжении 10-78МПа; относительное удлинение при растяжении 7-40 %; истираемость 0,02-0,21 г/см² (0,2-2,1 кг/м²); химически стойки к воде, органическим растворителям, водным 10-30 % растворам NaOH и H₂SO₄.

2. Установлено, что полиметилсилазан и 4,4'-метилен-бисортохлоранилин позволяют значительно снизить действие воды на полиизоцианат в процессе полимеризации, обеспечивая возможность формирования малопористых покрытий, и ускоряют процесс взаимодействия модифицированного полиэфира и полиизоцианата. Определен характер влияния данных компонентов на прочностные характеристики полиуретанов. Применение данных компонентов позволяет получить плотный композит с пределом прочности при растяжении до 78 МПа. При этом относительное удлинение при растяжении таких материалов может составлять от 7 до 40%.

3. Определен характер влияния структуры и природы простого полиэфира на прочностно-деформационные свойства покрытий на основе модифицированных полиуретанов. Применение полиэфира менее разветвленного строения позволяет получать более эластичные, но менее прочные полимерные композиты.

4. Выявлено, что применение растворителя (толуол) до 5-7 % по объему композита позволяет увеличить жизнеспособность, снизить вязкость и коли-

чество дефектов, вызванных наличием газовых включений, при незначительном, до 10 %, увеличении прочностных и деформационных свойств.

5. Выявлено, что модифицирование полиуретанов введением эпоксидного олигомера в полиэфир с последующим отверждением полиизоцианатом не позволило добиться повышения технико-эксплуатационных характеристик защитных покрытий.

6. Исследовано влияние пластификатора на физико-механические и технологические параметры полученных покрытий. Экспериментальные данные показывают, что дибутилфталат способствует увеличению относительного удлинения при растяжении, увеличению жизнеспособности, но также приводит к снижению предела прочности при растяжении полученных покрытий. Предельно допустимая объемная концентрация дибутилфталата составила 30 % по объему композита.

7. Выявлено, что введение пигментов в количестве менее 1 % в разработанные самовыравнивающиеся полиуретановые наливные покрытия не вызывает значительных изменений эксплуатационных показателей. Изменение предела прочности и относительного удлинения при одноосном растяжении не превышает 3 и 10 %, соответственно, от аналогичных параметров непигментированных покрытий.

8. Разработана технологическая линия промышленного производства гидроксилсодержащего компонента, предполагающая полностью закрытый полуавтоматизированный процесс.

9. Доказана эффективность применения разработанных покрытий для защиты основы промышленного пола от химического и механического воздействия в сравнении с ближайшими аналогами и глазурованной напольной плиткой.

10. Результаты диссертационной работы внедрены в малом инновационном предприятии ООО «ПензСтройПолимер» г. Пенза, осуществлена опытно-промышленная апробация защитных покрытий, произведенных на базе ООО «Специализированная технологическая лаборатория» для применения на реальном объекте в ООО «Пензенская строительная компания» (г. Пенза).

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

Публикации в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ:

1. Бобрышев А.Н. Анализ распределения наполнителя в структуре композитов / А.Н. Бобрышев, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, А.В. Ляхно // Интернет-вестник ВолгГАСУ, Серия: Политематическая. – 2012. – Выпуск 1 (20). – www.vestnik.vgasu.ru

2. Новиков Е.В. Кластеро- и трещинообразование в композитах / Е.В. Новиков, А.В. Лахно, А.Н. Бобрышев, П.А. Зубарев // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – №.5. – С. 96-100.

3. Лахно А.В. Некоторые аспекты усиления полимерных композитов / А.В. Лахно, А.Н. Бобрышев, П.А. Зубарев, В.О. Петренко, Е.В. Новиков // Международный технико-экономический журнал.– 2012.– №. 5.– С. 100-106.

Публикации в других изданиях:

4. Бобрышев А.Н. Влияние агрессивных сред на прочность полимерных композитов, использующихся в машиностроении / А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, П.А. Зубарев // Материалы III научно-технической конференции «Биоповреждения и биокоррозия в строительстве». – Саранск: Издательство МГУ им Н.П.Огарева.– 2009.– С. 180 – 184

5. Лахно А.В. Определение закономерностей разрушения конструкционных материалов / А.В. Лахно, П.И. Аношкин, П.А. Зубарев, А.В. Рыбачков // Сборник статей II Международной научно-технической конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса». – Пенза: РИО ИГСХА. – 2009.– С. 143-146

6. Лахно А.В. Влияние циклической тренировки на прочность композитов / А.В. Лахно, А.Н. Бобрышев, П.А.Зубарев, Кувшинов П.И. // Материалы Международной научно-производственной конференции «Актуальные вопросы строительства». Ч.1.– Саранск: Изд-во МГУ им Н.П.Огарева. – 2010. – С. 22 – 29

7. Бобрышев А.Н. Моделирование свойств дисперсно-наполненных полимерных композитов / А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, А.С. Мишин // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний. – 2011. – С. 172-177

8. Бобрышев А.Н. Влияние кремнийорганических модификаторов на прочность полиуретановых композитов / А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, В.Ю. Нестеров // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний. – 2011. – С. 181-187

9. Бобрышев А.Н. Перспективность модификации эпоксиполиуретанов кремнийорганическими соединениями / А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, А.А. Бобрышев, Н.Н. Туманова // Вестник отделения строительных наук. – Выпуск №15. – Москва-Орел-Курск. – 2011. – С. 180-186

10. Бобрышев А.Н. Химическая стойкость смесевых полимерных композитов в агрессивных средах / А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, В.Т. Перцев, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов // Научный вестник. – Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – Выпуск №5. – Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – 2012. – С. 26-33

11. Воронов П.В. Кинетические процессы усадки полимерных композитов / П.В. Воронов, А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, В.Т. Ерофеев, П.А. Зубарев // Научный вестник. – Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – Выпуск №5. – Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – 2012. – С. 71-75

12. Бобрышев А.Н. Особенности получения эпоксиполиуретановых смесевых композитов / А.Н. Бобрышев, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, А.В. Лахно, Н.Н. Туманова// НАУКА: 21 ВЕК. – Научно-информационное издание. – г.Саратов: ИЦ «РАТА». – 2012. – С.75-82

13. Бобрышев А.Н. Проницаемость в дисперсно-наполненных композитных материалах / А.Н. Бобрышев, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, А.В. Лахно, В.А. Тяпкин, В.М. Тростянский // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний. – Май 2012. – С. 3-10

14. Зубарев П.А. Действие агрессивных сред на эпоксиполиуретановые композиты / П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, А.В. Лахно, В.А. Тяпкин, В.М. Тростянский // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний. – Май 2012. – С. 17-22

15. Зубарев П.А. Эффект упрочнения композитов дисперсным наполнителем / П.А. Зубарев, А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, П.И. Кувшинов // Актуальные проблемы проектирования и возведения зданий и сооружений с учетом энергосберегающих технологий и методов строительства: сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза ПГУАС. – Декабрь 2012. – С. 188-193

16. Бобрышев А.Н. Диффузия в дисперсно-наполненных композитах / А.Н. Бобрышев, В.Т. Перцев, П.А. Зубарев, А.В. Лахно, П.И. Кувшинов, В.А. Тяпкин // Научный вестник. – Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – Выпуск №6. – Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – 2013. – С. 97-104

Зубарев Павел Александрович
**ЗАЩИТНЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ
НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИУРЕТАНОВ**

Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 24.04.2014. Формат 60x84 1/16

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе. Усл. печ. л. 1,0.

Заказ №83. Тираж 100 экз.

E-mail: office@pguas.ru; www.pguas.ru

отпечатано в ООО «Интеллект-сервис».

440028, г.Пенза, ул. Беляева, 14а