

A 05.23.01
M-474

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ԵՐԵՎԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԾԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՊԵՏԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԱԼԵՔՍԱՆԴՐ ՄԱՄԻԿՈՆԻ ՄԵԼԻՔՏԵՅԱՆ

ՆՈՐ ԾԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏՆԵՐ ԲԱԶՄԱԵԹԵՐԱՅԻՆ
ԽԵԺԵՐԻ ԵՎ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԼԵՆԻՆԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ Յ ԼՅԱՆՅՈՒԹԵՐԻ
ԿԻՄԱՆ ՎՐԱ ԾԵՆԵՐԻ ԵՎ ԿԱՌՈՒՅՅՆԵՐԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ԵՎ
ԱՄՐԱՅՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ե. 23.01- Ծինարարական կոնստրուկցիաներ, շենքեր, կառույցներ և
շինարարական նյութեր մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման
ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Ե Ր Ե Վ Ա Ն - 2003

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬСТВА

АЛЕКСАНДР МАМИКОНОВИЧ МЕЛИКСЕТЯН

НОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРНЫХ
СМОЛ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ - ГОРНЫХ ПОРОД АРМЕНИИ ДЛЯ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УСИЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания, сооружения и
строительные материалы

Е Р Е В А Ն - 2003

Ատենախոսության թեման հաստատվել է «Քար և սիլիկատներ» գիտատարածարական և նախագծային փակ բաժնետիրական ընկերության խորհրդի նիստում:

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր, ՄԻԱ թղթ. անդամ

Մ. Ն. Բաղայան

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր, Ռ-Ճ և ԸԳ ակադեմիայի ակադեմիկոս

Յու. Ա. Սոկոլովա

Քիմիական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

Մ. Լ. Երիցյան

Առաջատար կազմակերպության՝ ՀՀ քաղաքաշինության նախարարության «Հայսելմաշին և կոնստր» ՓԲԸ:

Պաշտպանությունը կայանալու է 2003 թ. մարտի 7-ին ժամը՝ 14:00-ին ԵրՃԸՊՀ -ին կից 030 մասնագիտական խորհրդում: Հասցեն՝ 375009, ք. Երևան, Տերյան փ. 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵրՃԸՊՀ -ի գրադարանում:

Մեղմագիրն առաքված է 3-ը փետրվարի 2003 թ.

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,

տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

Ս. Ա. Մելքոնյան

Тема диссертации утверждена на заседании ученого совета Научно – производственного и проектного закрытого акционерного общества „Камень и силикаты”.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, проф., член. – корр. МИА

М. Г. Бадалян

Доктор технических наук, проф., академик РАА и СН

Ю. А. Соколова

Доктор химических наук, проф.

М. Л. Ерицян

Ведущая организация – АОЗТ „АрмНИИСА и ЗС” Министерства градостроительства РА.

Защита состоится 7-ого марта 2003г. в 14:00 на заседании специализированного совета

030 в области строительства при ЕрАСИ по адресу: 375009, Ереван, ул. Теряна 105.

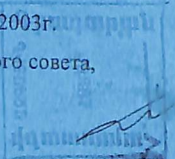
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕрАСИ.

Автореферат разослан 3 -ого февраля 2003г.

Ученый секретарь Специализированного совета,

доктор технических наук, профессор

Мелкумян С. А.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Современный строительный рынок значительно расширяется из-за большого объема ремонтных работ, связанных с восстановлением и усилением получивших повреждения жилых домов, зданий общего назначения, памятников архитектуры и истории, возникающих в результате природных катаклизмов.

Развитие стройиндустрии Республики, в связи с высокой сейсмичностью Закавказского региона, диктует применение таких технических решений и методов, которые технологичны, универсальны, имеют малую материалоемкость и, в конечном счете, обеспечивают низкую себестоимость.

Как показал сравнительный анализ, в наибольшей степени этим требованиям отвечают способы восстановления и усиления конструкций с применением полимерных композиций, в частности, на основе эпоксидных и полиэфирных смол, обладающих необходимыми технологическими свойствами: высокой адгезией практически ко всем видам строительных материалов (бетону, камню, стали и др.), прочностью, долговечностью, способностью проникать под давлением в микротрещины, поры, раковины и др.

В связи с этим возникла необходимость разработки новых высоконаполненных композиций, обладающих комплексом свойств, удовлетворяющих предъявляемым требованиям.

Таким образом, актуальность настоящей диссертационной работы заключается в разработке и исследовании композиционных материалов на основе полиэфирных смол и наполнителей из отходов камнеобработки горных пород и строительного кирпича для восстановления и усиления зданий и сооружений.

Цель и задачи работы:

Настоящая работа посвящена разработке новых решений и методов восстановления и усиления поврежденных зданий и сооружений, обеспечивающих значительное сокращение сроков выполнения работ, снижение их материало – и трудоемкости и, как следствие, стоимости.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие теоретические и практические задачи:

- разработка новых композиционных материалов путем эффективного использования структуры и состава горных пород Армении, обеспечивающих высокую адгезию практически ко всем видам строительных материалов, прочность, долговечность, способность проникать под давлением в микротрещины, поры, раковины и др.;
- разработка технологии производства фракционированных наполнителей из горных пород и отходов строительного кирпича, обеспечивающих наиболее плотную упаковку композиционных материалов;
- изыскание способов повышения физико-механических характеристик композитов;
- изыскание рациональных путей применения разработанных композитов и снижение стоимости в связи с использованием отходов камнеобработки;
- опытно-производственные испытания разработанных композиций инъектированных в поврежденную каменную кладку;
- промышленные испытания композитов и определение технико-экономической эффективности их внедрения;

В процессе подготовки настоящей работы проведены:

- комплексное исследование сырьевой базы Республики Армения для производства строительных композитов;
- исследования по разработке технологии производства бимодальных наполнителей;

- исследования по разработке композиционных материалов на основе полиэфирных смол и наполнителей горных пород Армении и отходов строительного кирпича;

- испытания разработанных композиций физико-химическими и физико-механическими методами.

Научная новизна.

- Разработаны научные основы выбора наполнителей композиционных материалов из горных пород алюмосиликатного вещественного состава и эффективного использования структурно-фазовых особенностей вулканитов.

- Показано что, наличие в структуре вулканических стекол алюмосиликатного каркаса и, следовательно, гидроксильного покрова с активными ОН – группами, способными взаимодействовать с функциональными группами смолы, позволяют исключить трудоемкий и дорогостоящий процесс повышения адгезионных свойств композита методом модификации наполнителей поверхностно-активными веществами и обеспечить повышенные адгезионные и когезионные характеристики полимерраствора, синтезированного на полиэфирном связующем и наполнителях из отходов камнеобработки.

- Установлены закономерности регулирования реологических свойств композита и скорости гелеобразования. Направленное регулирование вязкости полимерраствора и скорости отверждения позволяют придать композиту требуемые, исходя из условий применения, характеристики.

- Выявлена значительная чувствительность времени гелеобразования от степени наполнения композита и от дисперсности наполнителя. Регулируя эти параметры в широких пределах можно технологически управлять процессом ремонтно-восстановительных работ, обеспечивая надежность, монолитность и однородность конструкции.

- Впервые установлена зависимость вязкости клея от процентного содержания наполнителя фракции 0...0,056 мм.

- Раскрыт и проанализирован механизм влияния вещественного состава наполнителя на физико-механические и адгезионные свойства композита.

- Впервые выявлено влияние содержания кремнезема в наполнителе, положительно отражающееся на механических характеристиках отвержденного композита.

- Определены оптимальные составы полимеррастворов для каждого вида наполнителя и изучены их функциональные и общестроительные свойства.

- В результате экспериментальных и теоретических исследований научно обоснована и практически подтверждена возможность значительного повышения адгезии композита к природному камню в традиционных для Республики кладках. Применение наполнителя из той же горной породы, что и стеновой каменный материал существенно повышает адгезию.

- На основе результатов исследований адгезионно – когезионных характеристик композиционных материалов на полиэфирной смоле впервые наполнители условно классифицированы на „активные” и „пассивные” по отношению к связующему. В случае наличия $-Si-OH$ в структуре наполнителя (природная модификация) наблюдается химическое взаимодействие – поликонденсация между $-Si-OH$ и $-CO-OH$ с выделением молекулы воды, и происходит сшивка полимерных цепей между собой, в результате чего прочность возрастает от 4 до 6 раз. Механизм этого химического взаимодействия между компонентами полимерраствора раскрыт комплексом физико-химических методов исследования (дериватографическим, ИК- спектроскопическим и другими видами анализа).

- Впервые установлен эффект от ввода в состав клея обожженного цеолита, который способствует удалению из зоны реакции воды, тем самым ускоряя процесс поликонденсации. Ввод цеолита способствует также повышению адгезионно - когезионных характеристик композита и приводит к повышению прочности.

- Исследованы функциональные и общестроительные свойства всех видов разработанных полимеррастворов (водопоглощение, водостойкость, теплостойкость, атмосферостойкость, морозостойкость и др.), в том числе путем испытания крупномасштабных фрагментов стен из туфовой кладки.

Внедрение результатов исследований.

На основе теоретических исследований разработаны и внедрены 5 составов новых композиций на основе полиэфирной смолы и отходов горных пород Армении и кирпича, которые впервые были применены для восстановления пострадавших от землетрясения зданий и сооружений на сумму с общей стоимостью в 141 млн. др. Способ получения и составы разработанных полимеррастворов представлены 7 заявками, из коих имеются пять положительных решений, а - 2 на стадии рассмотрения. Важно отметить, что применение полимеррастворов дает возможность сохранить внешний вид восстанавливаемого здания благодаря совпадению цвета наполнителя и кладки стены. Утвержден стандарт предприятия СТП 00298896.001-2002 „Клей полимерный” ТУ.

Разработана и утверждена инструкция по инъектированию полимерраствора в восстанавливаемую стену, а также акты промышленного внедрения разработанных полимеррастворов.

Апробация работы.

Материалы диссертационной работы неоднократно докладывались и обсуждались на научных конференциях: на международном симпозиуме „Химическая наука Армении на пороге XXI века” (2000г), на мемориальных чтениях, посвященных памяти акад. Н. С. Ениколопова (2001г) и на мемориальной конференции, посвященной д.т.н., проф. З. А. Ацагорцяну.

Публикации: По теме диссертации опубликованы 19 статей, 1 ав. св-во., получено 5 положительных решений на заявки для получения патентов.

На защиту выносятся:

- научное обоснование и практическая реализация технической возможности и экономической эффективности использования полимерных композиций на основе полиэфирных смол и наполнителей – горных пород Армении;
- теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение лучшей адгезии полимерных композиций к каменным материалам с наполнителем из материала субстрата;
- практические рекомендации на разработку составов полимерных композиций с улучшенными физико-механическими свойствами, способствующими восстановлению несущей способности поврежденных каменных конструкций;
- классификация применяемых наполнителей на „активные” и „пассивные” в зависимости природной модификации кремнеземсодержащих пород Армении;
- результаты опытно-производственных испытаний и промышленного внедрения, а также данные технико-экономической эффективности.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, VIII глав и содержит 265 с. машинописного текста, 129 рисунков и 84 таблицы, а также перечень литературы, включающий 249 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен обзор научно-технической литературы о закономерностях формирования полиэфирных композиций и областях их применения. Были выявлены недостатки применяемых полиэфирных составов, связанных с неточным подбором наполнителей, снижающих показатель их адгезии к каменным материалам из-за возникновения внутренних напряжений на стыке клей-субстрат. В связи с этим возникла необходимость разработки новых высококачественных и экономически выгодных композиционных материалов на основе полиэфирных смол и наполнителей из горных пород Армении. В качестве горных пород будут использованы – базальты, туфы, фельзиты, перлиты, а также строительный кирпич. Основной особенностью указанных пород является содержание кремнезема в их составе и, как в следствие, активных ОН – групп, способных вступать во взаимодействие с функциональными группами полиэфирных смол.

В второй главе представлены стандартные методы определения физико-механических и физико-химических характеристик композиционных материалов.

В третьей главе приведена технология производства наполнителей, позволяющая получать порошки различного зернового состава. Порошки, в лабораторных условиях, изготавливались дроблением и измельчением исходной породы до полного прохождения сквозь сито с размером отверстий 1,25 мм и с последующим отсевом на ситах, определяющих верхний предел размеров зерен порошка. Зерновой состав определен сочетанием ситового и седиментационного методов анализа. Кроме того определялась удельная поверхность порошка по методике воздухопроницаемости. Анализ зернового состава описывается уравнением Разина – Рамллера. Известно, что с уменьшением размеров зерен, повышаются прочностные характеристики

композитов. Однако, наряду с этим выдвигается вопрос плотной упаковки частиц или наименьшей межзерновой пористости. Нами подобрана методика позволяющая получать порошки с бимодальным зерновым составом, в котором имеется примерно 72% по объему крупных зерен и 28% по объему мелких, которые распределяются в пустотах между крупными частицами, обеспечивая жесткость системы. Таким образом, зерновой состав продуктов тонкого измельчения исследованных пород, позволяет сочетать высокую дисперсность наполнителя с повышенной плотностью упаковки частиц. Разработанная схема обеспечивает получение наполнителя требуемого качества.

В четвертой главе приведены результаты исследований композиционных материалов на основе синтетической смолы и наполнителей - горных пород Армении.

Было изучено влияние наполнителя на процесс гелеобразования и на изменения прочностных характеристик клеевой композиции на основе полиэфирной смолы, отвердителя-перекиси бензоила - (3%) и ускорителя - нафтената кобальта - (1,5%). В качестве подложки и наполнителя использовались вулканические породы и кирпич, химический состав которых приведен в табл.1.

При практическом применении полимеррастворов большое значение имеет время отверждения и упрочнения. Однако, на этот процесс, безусловно, влияет также вид наполнителя, его дисперсность и процентное содержание. Варьируя размерами наполнителя в пределах от 0...0,056; 0...0,1; 0...0,63; 0...1,25 мм и процентным содержанием в композиции от 0 до 50%, были определены время и скорость гелеобразования, а также изменение прочности во времени. На примере фельзитового наполнителя показана зависимость времени гелеобразования от размеров фракции и процента наполнения (рис.1).

Таблица 1

Наименование наполнителя	Процентное содержание оксидов									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	вл.	п.п.п.
Травертин	6,38	1,85	0,15	50,0	сл	-	-	-	-	41,15
Базальт	50,24	18,52	10,74	9,19	6,09	1,32	-	2,24	-	-
Арктический туф	64,99	18,54	2,50	2,22	0,68	0,56	0,64	8,65	-	0,61
Кирпич	67,93	19,20	3,11	2,20	0,97	0,87	сл	3,87	0,1	1,42
Фельзит. туф	69,23	18,32	1,6	1,28	0,37	0,40	1,0	6,48	-	0,61
Перлит	71,45	14,50	0,60	0,98	0,26	сл	сл	6,73	0,4	5,06
Кварцевый песок	97,24	0,60	0,20	0,37	0,68	0,17	сл	0,20	-	0,34

Химический состав горных пород Армении и строительного кирпича

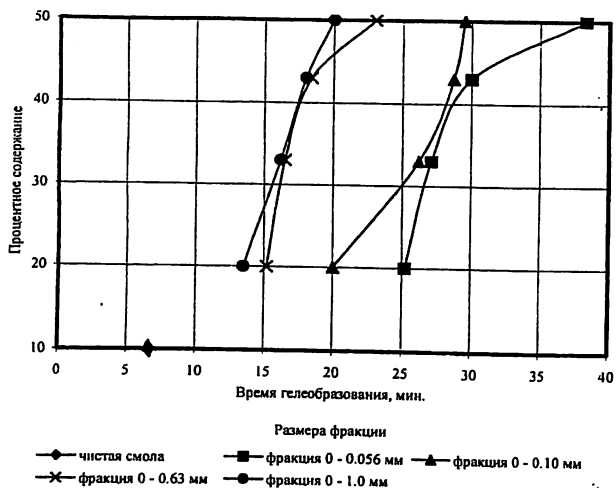


Рис 1. Зависимость времени гелеобразования от дисперсности и процентного содержания наполнителя.

Показано, что с увеличением процента наполнения и с уменьшением размера зерен, время гелеобразования возрастает: для травертина в среднем в 2 раза, базальта в 6 раз, туфа в 9 раз, фельзита – 23,0 раза, перлита - 1,7 раз, строительного кирпича – 2,5 раза. Таким образом, появилась возможность варьировать время гелеобразования, не меняя содержания отвердителя и ускорителя, что имеет важное технологическое значение для завершения процесс инъецирования и полного заполнения пустот и трещин. В то же время, удлинение времени гелеобразования уменьшает температуру самонагрева массы, что улучшает механические свойства клея.

Для определения прочности на изгиб готовились балочки из выше приведенных пород размером 40 x 40 x 125 мм. Испытания проводились на прессе УММ – 5.

Были исследованы для каждой породы различные фракции наполнителя 0...0,056; 0...0,1; 0...0,63; 0...1,25 мм, и следующие проценты наполнения - 20, 33, 43 и 50%. Экспериментальными данными установлено, что при склеивании балочек чистой смолой кривая упрочнения проходит через максимум при 24 ч, достигая величины 3,11 МПа и далее снижается до 2,26 МПа. Аналогичная картина, наблюдается для травертинового порошка фракции 0...0,056 мм и 0...0,1 мм. В случая же 0...0,63 мм ход кривых меняется, что по всей вероятности связано с изменением скорости гелеобразования (рис.2). Далее зависимость прочности на изгиб склеенных в торец балочек от процентного содержания наполнителя и размера фракций будет проиллюстрирована для фракции 0...0,056 мм.

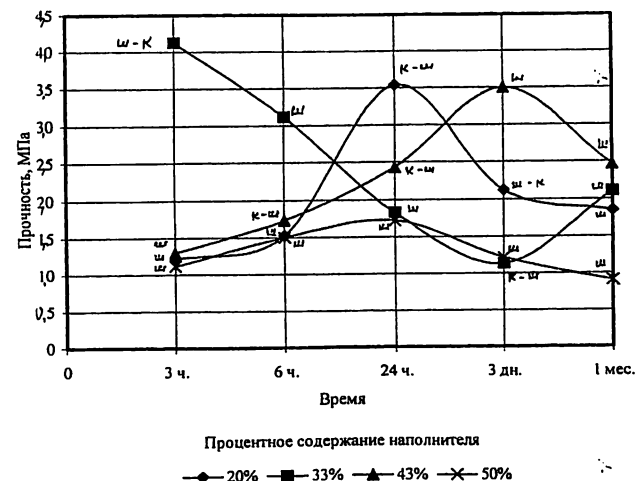


Рис 2. Зависимость прочности на изгиб склеенных травертиновых образцов от времени (фракция 0...0,056 мм).



Рис. 3 Зависимость прочности на изгиб склеенных базальтовых образцов от времени (фракция 0...0,056 мм).

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о нарастании прочностных показателей клеевой композиции с введением базальтового наполнителя (рис. 3).

Поскольку базальтовая порода относится к плотным, то полученные показатели прочности приближаются к показателям прочности самой композиции, после чего нарастание прочности невозможно фиксировать, поскольку разлом проходит по камню.

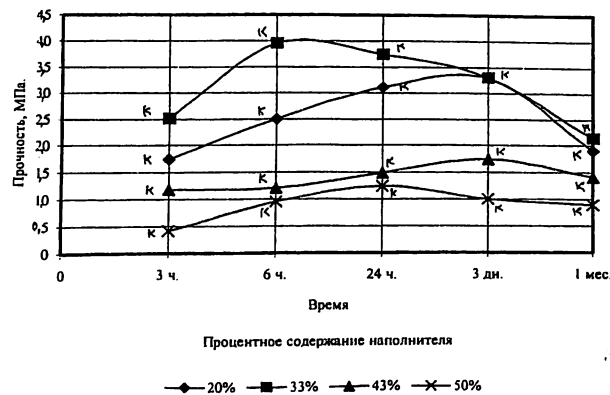


Рис. 4 Зависимость прочности на изгиб склеенных туфовых образцов от времени (фракция 0...0,056 мм).

Показатели прочности на изгиб склеенных туфовых образцов, свидетельствуют о том, что для чистой смолы упрочнение начинается через 6 ч., где разрыв идет по шву, а далее по камню. При использовании наполнителя фракции 0...0,056 мм уже в первые 3 ч прочность достигает 1,75 МПа и разрыв идет по камню, при дальнейшей выдержке прочность несколько возрастает, доходя до 3,29 МПа. В принципе все эти колебания прочности можно отнести к прочности самой туфовой матрицы (рис 4.).

Сравнительные характеристики прочности на изгиб полубалочек склеенных ненаполненной и наполненной клеевыми композициями, свидетельствуют об упрочнении композиции с введением кирпичного наполнителя. Уже в течении первых трех часов прочность повышается настолько, что излом идет по кирпичу. Однако для каждого состава имеется предельное содержание наполнителя, превышение которого ведет к снижению прочности. Разброс прочностных данных объясняется структурными характеристиками самого кирпича, которые колеблются в довольно широком интервале (от 1,2 до 2,2 МПа) (рис5).

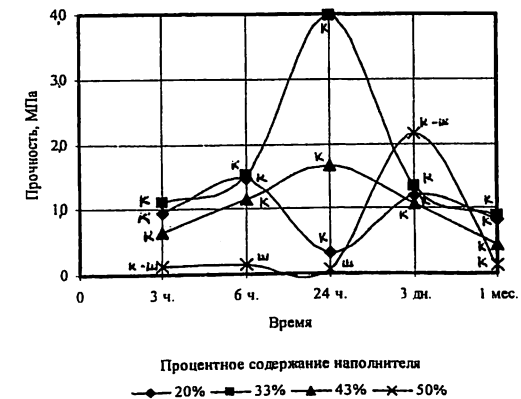


Рис. 5 Зависимость прочности на изгиб склеенных образцов из кирпича от времени (фракция 0...0,056 мм).

Так как фельзитовые туфы по сравнению с вулканическими туфами, отличаются большей плотностью и прочностью то, как следствие, прочностные характеристики склеенных фельзитовых образцов значительно выше, чем туфовых (рис.6).

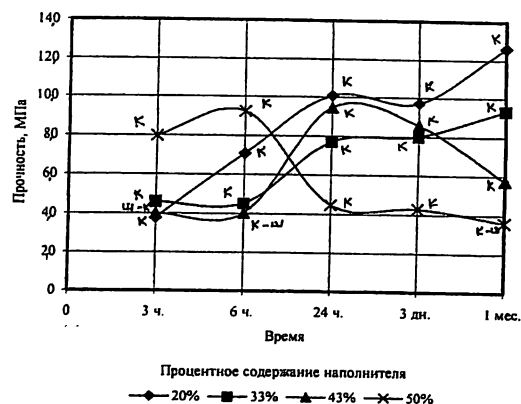


Рис.6 Зависимость прочности на изгиб склеенных фельзитовых образцов от времени (фракция 0...0,056 мм).

С повышением плотности пород становится возможной возможность максимально оценить показатели прочности самих полимеррастворов. Максимум прочности при изгибе при одинаковой степени наполнения 33%, через 3 ч у Арктического туфа наблюдается при использовании фракции 0...0,056 мм – 2,17 МПа, у фельзитовых (0...0,63мм) – 18,6 МПа.

По полученным результатам можно рекомендовать разработанный состав в качестве полимерраствора для восстановления и усиления строительных объектов из фельзитового туфа.

С целью подбора матрицы для испытания прочностных характеристик композиций на основе перлитового наполнителя был опробован ряд пород и бетон. Через 3 часа после склеивания получены следующие показатели прочности на изгиб: для 20% наполнения и размера фракции 0...0,056 мм: у бетона – 0,23 МПа; у базальта по шву – 2,78 МПа; у туфа арктического по шву – 1,12 МПа и у фельзита по шву – 4,61 МПа.

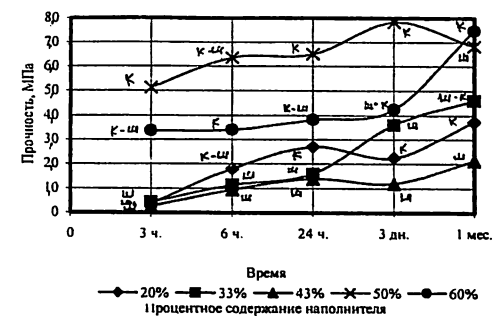


Рис. 7 Зависимость прочности на изгиб склеенных фельзитовых образцов с перлитовым наполнителем от времени (фракция 0...0,056 мм).

Исходя из полученных результатов, для проведения исследований с перлитовым наполнителем, в качестве матрицы была выбрана фельзитовая порода, которая также близка по химическому составу (содержание SiO₂). Чистая смола характеризуется быстрым набором прочности на изгиб, достигая уже в первые 3 ч – 2,50 МПа, достигая конечной прочности 4,80 МПа. Следует указать, что поскольку разрыв идет по шву или шву – камню, то данные показатели характеризуют прочность ненаполненной композиции. Начиная с фракции 0...0,056мм и 0...0,1мм наблюдается общая закономерность - во всех случаях прочность непрерывно возрастает так для фракции 0...0,056 мм при 20,33 и 43%-ном наполнении прочность со временем возрастает в 10 раз, а для 50 и 60%-ного наполнения прочность композита, по сравнению с чистой смолой возрастает 1,4 и 1,8 раз. Полученные данные свидетельствуют о том, что, при замене фельзитового наполнителя на перлитовый, происходит как падение скорости отверждения, так и снижение прочностных характеристик.

Таким образом, подтверждена необходимость использования для усиления поврежденных каменных конструкций композиции с наполнителем из той же породы что и восстанавливаемая конструкция.

Изучение зависимости показателя прочности на изгиб склеенных образцов от времени (3, 6, 24 ч и 1 м), размера фракции и степени наполнения показало, что:

- для травертиновых балочек наполнение травертиновым порошком композиции приводит к снижению прочности по сравнению с чистой смолой в некоторых случаях до 5,0% и разрыв идет по шву;
- для базальтовых балочек наполнение базальтовым порошком, приводит к повышению прочности максимально в 1,76 раз и разрыв идет по камню;
- для туфовых образцов наполнение туфовым порошком приводит к повышению прочности максимально в 4 раза и разрыв идет по камню;
- для образцов из строительного кирпича наполнение порошком, приводит к повышению прочности максимально в 2,1 раз и разрыв идет по камню;
- для фельзитовых балочек наполнение композиции фельзитовым порошком приводит к повышению прочности максимально в 3,7 раз и разрыв идет по камню;
- для фельзитовых балочек наполнение перлитовым порошком приводит к повышению прочности в 1,5 раза, разрыв идет по камню.

Таблица 2

Наименование наполнителя и подложки	Прочность на изгиб, МПа		
	Подложка	Склеенных образцов с использованием наполнителя	Склеенных образцов без наполнителя
1	2	3	4
Травертин	7,64	4,13 (ш-к)	3,13 (к)
Базальт	9,80	13,47 (к)	6,75 (ш-к)
Туф артик.	1,30	3,95 (к)	0,52 (к)
Кирпич строительный	1,50	3,97 (к)	2,17 (к)
Фельзит	13,10	18,60 (к)	5,10 (ш-к)
Перлит (подложка фельзитов).	-	4,61 (ш-к)	0,50 (ш)

Прочностные показатели склеенных образцов

Исходя из приведенных прочностных характеристик были выявлены оптимальные составы для каждой породы в отдельности. Наиболее оптимальным оказалось 33%-ное содержание наполнителя с величиной фракции 0...0,056 мм (табл. 2).

Надо отметить что оптимальным для фельзитовой композиции является наполнение 43% и размер частиц наполнителя 0...0,63 мм, а для перлитовой - 60% наполнение и фракция 0...0,056 мм.

При сравнении данных табл.2 наблюдается следующая картина. Прочность на изгиб базальтовой и фельзитовой породы значительно ниже прочности склеенных образцов из той же породы. Здесь следует уточнить тот факт, что в указанном случае излом проходит по камню в непосредственной близости от шва, т.е. в процессе склеивания и отверждения композиции имеет место упрочнение камня у торцов балочек за счет пропитки камня клеевой композицией. В результате чего внутренние напряжения, возникающие вблизи шва образуют зону, способствующую разрушению. В случае же использование пористых подложек из арктического туфа и строительного кирпича, излом происходит по неравномерно расположенным порам в структуре самого камня, и поэтому клеевые композиции для восстановления и усиления каменных и кирпичных объектов, при использовании оптимальных составов, могут успешно применяться.

Прочностные показатели склеенных балочек с использованием наполнителей намного превышают таковые для балочек, склеенных чистой смолой, а также прочности балочек самых пород.

Таким образом, анализируя факт нарастания прочности склеенных каменных балочек (конструкций) по сравнению с прочностью каменных пород от 2 до 4 раз, можно утверждать, что использование композитов, намного превышающих адгезионные и когезионные показатели самих строительных материалов, способствует повышению сопротивляемости каменных конструкций различным нагрузкам, в результате создания дополнительной диафрагмы жесткости.

Для исследований когезионных свойств разработанных клеевых композиций были изготовлены балочки размерами 4 x 4 x 16см из самой композиции, с использованием наполнителей фракции 0...0,056 мм всех исследуемых пород и строительного кирпича (несмотря на отличие оптимальных составов для сравнения было использовано 33%-ное наполнение) (табл. 3). Все показатели определялись по стандартным методикам.

Таблица 3

№	Наименование породы	Средняя плотность, кг/м ³	Плотность, г/см ³	Удельная поверхность, м ² /г	Удельный объем, см ³ /г
1	2	3	4	5	6
1	Фельзит	2297	2,59	5915	1,3
2	Артикский туф	1690	2,57	3770	1,4
3	Перлит	1900	2,3	3130	1,5
4	Базальт	2910	2,9	2930	0,8
5	Кирпич	1730	2,5	2810	1,13
6	Травертин	2870	2,67	-	1,1

Физико – механические характеристики наполнителей из горных пород

Армении и строительного кирпича

Поскольку используемые горные породы отличаются своими показателями, то естественно предположить об отличии свойств композиционных материалов на их основе. Физико–механические показатели отливок исследуемых композитов (табл.4), показывают четкую зависимость плотности отливок от плотности горных пород (рис. 8). Из исследуемого ряда выпадают показатели кирпича, что, по – видимому, объясняется его искусственным происхождением.

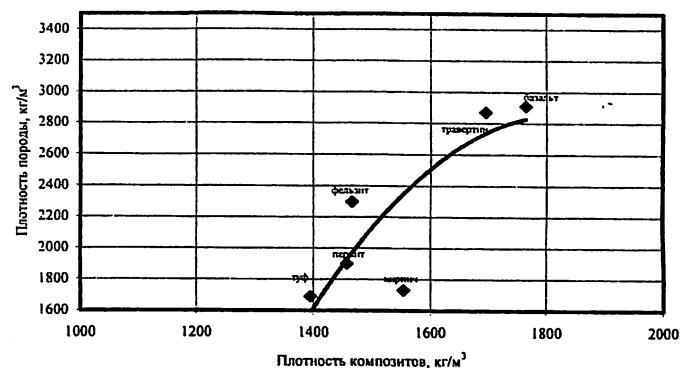


Рис.8 Зависимость плотности композитов от плотности горных пород

Показатели прочности на сжатие и прочности на изгиб показывают зависимость этих значений от содержания кремнезема в породе (табл.1). Так, если прочность на сжатие для травертиновой отливки, по сравнению с чистой смолой, возрастает в 3,8 раз, то у перлитовой в - 6,8 раз. Показатели остальных пород находятся в этом интервале. Аналогичная картина наблюдается и для зависимости прочности на изгиб от содержания SiO₂, только кратность возрастания несколько меньше (табл. 4).

Таблица 4

Наименование наполнителей	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа	Плотность отливок, кг/м ³
1	2	3	4
Чистая смола	14,0	3,7	1105
Травертин	52,8	10,6	1695
Базальт	78,1	12,2	1764
Туф артик.	74,2	15,2	1395
Кирпич	97,1	11,5	1554
Фельзит	81,1	12,5	1466
Перлит	95,7	13,4	1457

Прочностные показатели отливок на основе смолы и наполнителей из горных пород и кирпича

Когезионные характеристики композитов (табл. 4) зависят от вида применяемого наполнителя, плотности наполнителя, удельного объема занимаемого наполнителем в общем объеме композита, удельной поверхности и содержания SiO₂ в породе. Упрочнение полимерной композиции увеличивается от 4 до 7 раз с введением в состав наполнителей. Следовательно, имея физико – механические показатели наполнителя, его химический состав, можно в определенной степени регулировать свойства полимерных композиций на основе полиэфирных смол.

Исследование прочности на сдвиг растяжением композиционных материалов на металлической матрице проводилось на оптимальных составах (фракция 0...0,056 мм, наполнение – 33%, а для перлита – 33 и 60%, при температуре 26 °С). Металлические пластинки размером 70x20x2 мм, предварительно обрабатывались в растворе соляной кислоты до чистой блестящей поверхности, далее промывались водой и сушились. Пластинки клеились внахлест глубиной в 2,15 мм. Далее, через определенный промежуток времени определялась прочность на сдвиг растяжением (табл. 5).

Таблица 5

№	Наименование наполнителя	Прочность на сдвиг растяжением (МПа) в течение времени				
		3 ч.	6 ч.	24 ч.	3 дн.	1 м.
1.	Чистая смола	7,51	9,2	11,2	12,2	12,7
2.	Травертин	6,5	10,4	10,6	11,5	11,8
3.	Базальт	12,3	17,8	23,6	25,0	27,6
4.	Туф арктический	13,1	18,9	25,7	28,2	28,9
5.	Кирпич	14,4	17,8	23,2	29,5	29,9
6.	Фельзит	18,3	20,1	25,0	34,1	34,2
7.	Перлит (33 %), (60 %)	17,2 20,3	20,1 28,5	23,7 35,2	24,2 36,7	24,7 36,9
8.	Кварцевый песок,	13,1	15,5	16,6	16,9	18,0
9.	Цемент	10,1	13,7	18,0	19,2	19,9

Показатели прочности на сдвиг растяжением склеенных металлических пластинок от времени

Следует отметить, что композит набирает максимальную прочность через 3 дня, а месячные показатели прочности на сдвиг растяжением наполненных

композитов, вне зависимости от вида породы, незначительно превосходят эти показатели. При использовании наполнителя из перлита, где исследованы две степени наполнения (33 и 60%), при увеличении процента наполнения значительно возрастает прочность, примерно в – 1,49 раз. В случае наполнение полимерраствора цементом, непрерывное нарастание прочности можно объяснить частичным поглощением воды, которая образуется в процессе поликонденсации. Максимальной прочностью обладают образцы на фельзитовом и перлитовом наполнителях, где прочность достигает соответственно 34,2 и 36,9 МПа.

Таким образом, весьма важные результаты получены после проведения испытаний на сдвиг растяжением на металлических пластинках (Ст + Ст): реально оценена адгезионная прочность полимеррастворов с различными наполнителями и подтверждено нарастание прочностных характеристик прямо пропорционально возрастанию количества кремнезема в породе.

В пятой главе приведены результаты исследований физико-химических и механических свойств разработанных композиционных материалов.

Ранее проведенные исследования выявили ряд закономерностей, для объяснения которых необходимы физико – химические и механические исследования. В частности, требуется выяснить поведение наполнителя с точки зрения его „активного,, или „пассивного,, поведения в отношении полиэфирной смолы, т.е. выяснения причин разного возрастания прочностных характеристик полимерраствора в зависимости от составляющих горные породы основных оксидов – кремния и алюминия.

Возможность их химического взаимодействия во время процесса поликонденсации, выяснение его механизма, т.е. изучение изменения физико – химических свойств композита по сравнению с аналогичным процессом происходящим в чистой смоле.

Исследованию подвергались композиционные материалы, имеющие оптимальный состав – наполнение 33%, размер фракции – 0...0,056 мм, выдержанные в течение месяца.

Дериватографические исследования разработанных композиций проводились на приборе MOM-Q-1500 D. Были получены дериватограммы чистой смолы, горных пород и кирпича, а также композитов на их основе.

Данные термического анализа позволяют в первую очередь определить: температурный интервал работы композита, во вторых, изменения температур термоэффектов в зависимости от содержания кремнезема наполнителя. При рассмотрении данных термического анализа чистой смолы, видно, что температура размягчения смолы 80°C , начало термического разложения – 180°C , а конец – 755°C . При 570°C (сильный экзотермический эффект) происходит сильное интенсивное окисление полиэфирной смолы (рис.9).

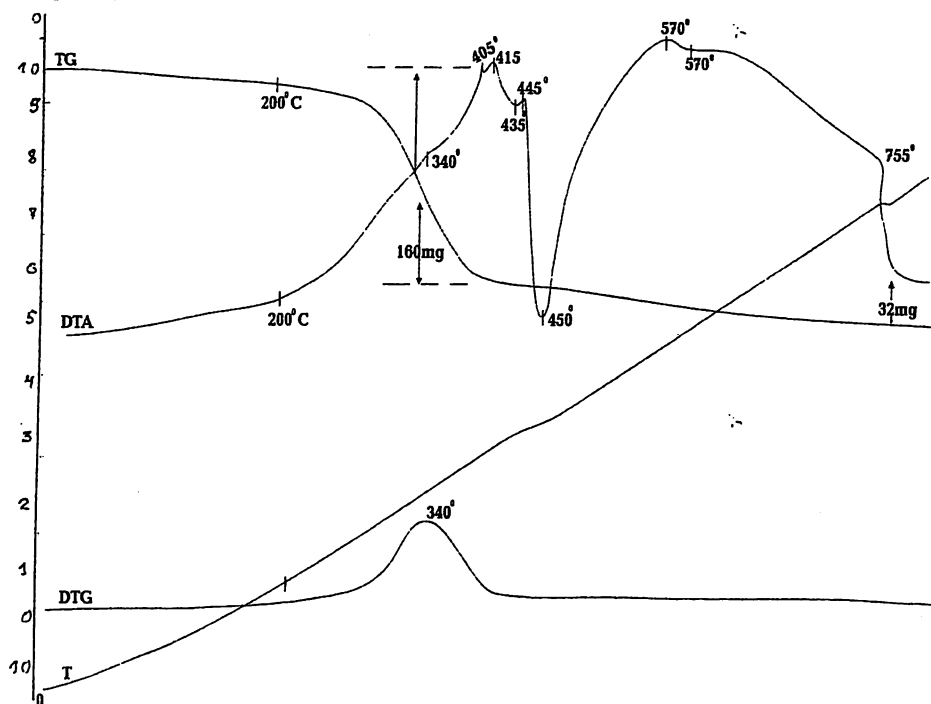


Рис. 9 Дериватограмма полиэфирной смолы

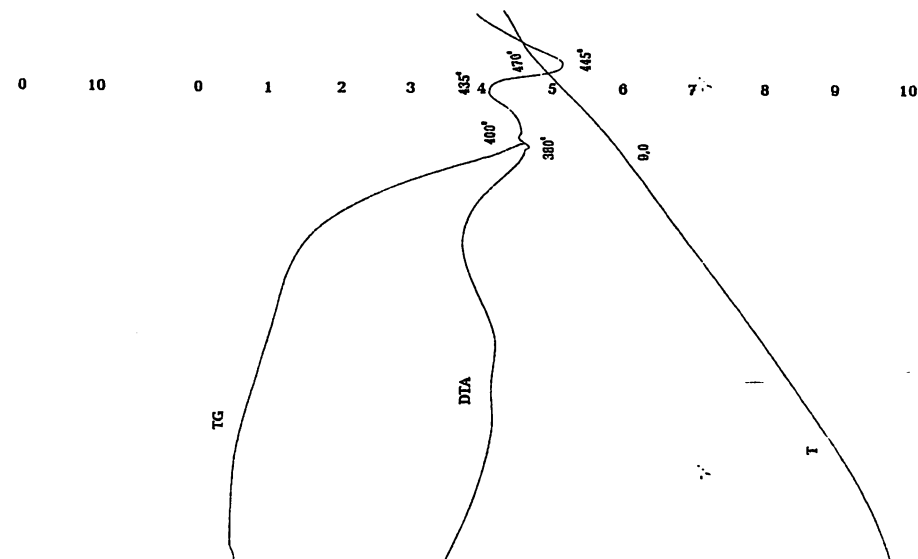


Рис. 10 Дериватограмма смолы с фельзитовым наполнителем (33%)

На основании кривых изменения T, TA, DTA и DTG, проведена полная расшифровка природы эндотермических и экзотермических эффектов. При построении кривых зависимости термоэффектов от процентного содержания наполнителя, проявляется четкая закономерность между показателями температур превращения и количеством вводимого наполнителя (рис. 10...12).

С увеличением процента наполнения наблюдается повышение температуры термических эффектов. Аналогичная закономерность наблюдается между процентным содержанием кремнезема в породе и средними температурами термических эффектов разложения исследуемых образцов: так, для смолы – 330°C , травертина со смолой – 330°C , базальта со смолой – 360°C , туфа со смолой – 360°C , кирпича со смолой 365°C , фельзита со смолой – 385°C и перлита со смолой – 390°C .

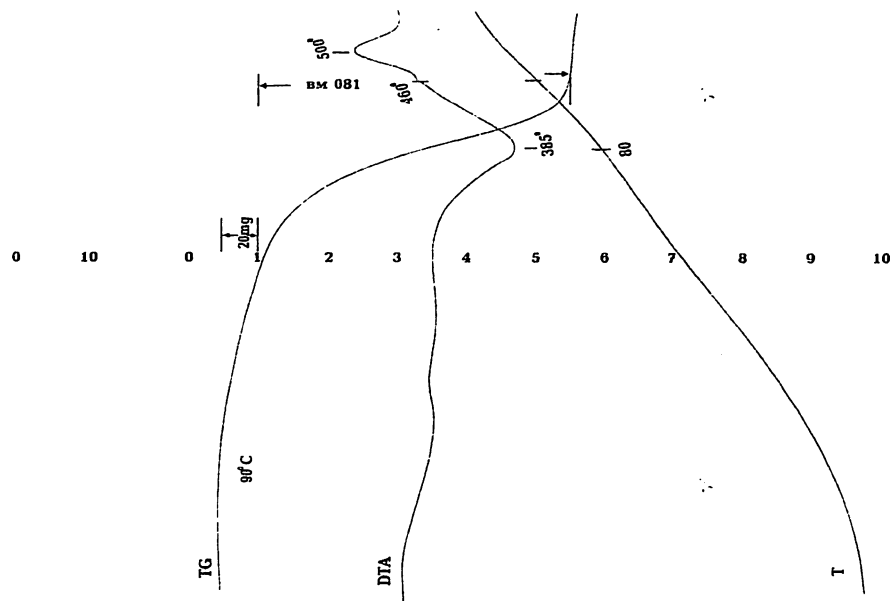


Рис. 11 Дериватограмма смолы с фельзитовым наполнителем (43%)

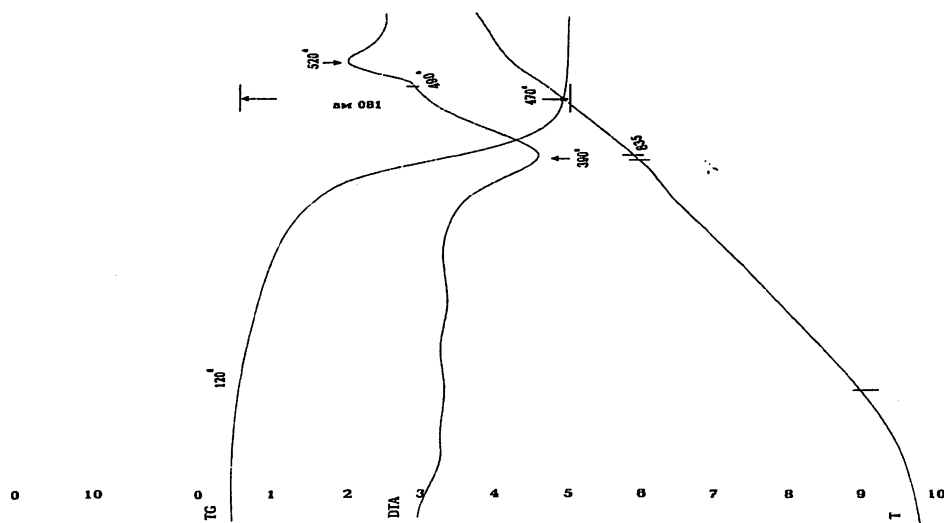


Рис.12 Дериватограмма смолы с фельзитовым наполнителем (50%)

Таким образом, введение наполнителя (за исключением травертина) способствует повышению средней температуры разложения примерно от 30 до 60°C. Кроме того, изменением процентного содержания наполнителя регулируется температура разложения.

Композиционные материалы на основе полиэфирной смолы исследовались также методом ИК – спектроскопии. В ранее приведенной части работы было показано, что прочностные характеристики силикатсодержащих наполненных композитов повышаются от 4 до 7 раз в зависимости от вида наполнителя. Полученные данные можно интерпретировать как упорядочение структуры композита вследствие химического взаимодействия между компонентами. При использовании ненасыщенной полиэфирной смолы и исследуемых наполнителей химическое взаимодействие возможно между OH – группами наполнителя и функциональными группами смолы. Для подтверждения указанного предположения были получены ИК – спектры всех наполнителей (на спектрофотометре „SPECORD” 75 UR, Carl Zeiss, JENA), чистой смолы и всех композитов на их основе. Отвержденная смола содержит следующие полосы поглощения: при 1730 – 1740 см⁻¹, характерные для групп сложных эфиров типа -C-O-C-, 720, 1500 и 1600 см⁻¹ для ароматического кольца, причем 720 см⁻¹ характеризует деформационные колебания, 1500 – 1600 см⁻¹ - валентные колебания двойной связи в ароматическом кольце, полосы поглощения в области 3040 и 3060 см⁻¹, характерные для валентных колебаний атомов водорода. Эти же частоты, характерные для смолы, присутствуют в спектрах композиционного материала. Из ИК-спектров наполнителей можно выделить полосы характерные для [SiO₄]⁴⁻ иона, который является основным элементом структуры силикатов – 500, 625, 800, 1050 см⁻¹. Гидроксильные группы имеют частоты колебания в области 3500 – 3700 см⁻¹, характерные для валентных колебаний, и в области более низких частот 1620 – 1660 см⁻¹ соответствующие деформационным колебаниям.

Сравнивая спектры наполнителей в области деформационных колебаний ОН – групп, можно заметить уменьшение интенсивности пика в ряду перлит – фельзит – кирпич – туф – базальт, что связано с уменьшением процентного содержания кремнезема и, соответственно, гидроксильных групп. В спектрах травертина эта полоса вообще отсутствует.

При сравнении спектров наполнителей со спектрами композиций в области деформационных колебаний ОН – групп наблюдается полное исчезновение этой полосы поглощения и наличие частот поглощения вблизи этой области при 1600 см^{-1} , что характерно для двойных связей ароматического кольца. Отсутствие полосы поглощения в области $1620 - 1660\text{ см}^{-1}$, делает очевидным факт взаимодействия основных компонентов системы. Здесь необходимо отметить, что поскольку на спектрах присутствует полоса при 1600 см^{-1} ($\text{C} = \text{C}$), то можно предположить, что взаимодействие происходит между невовлеченными в процесс полимеризации функциональными группами олигомера ($-\text{COOH}$) и ОН – группами наполнителя с выделением молекулы воды.

Спектры ЭПР полиэфирных композиций с наполнителями из горных пород и кирпичом, регистрировались в кварцевых ампулах на ЭПР – спектрометре типа SE / X – 2543 фирмы Radiopan в 3-х сантиметровом диапазоне длин волн со 100 кГц высокочастотной модуляцией. Были получены: спектр чистой смолы; спектры наполнителей; а также смолы с указанными наполнителями на основании чего сделано следующее заключение:

- полиэфирная смола с инициатором и ускорителем в отвержденном состоянии не дает сигнала ЭПР. Это означает, что в полимеризованной системе практически нет свободного олигомера и, молекулы, нефиксированные химическими связями оказываются иммобилизованными в сформировавшейся трехмерной структуре;
- все исследованные наполнители имеют ярковыраженный сигнал ЭПР. Во всех семи случаях при добавлении смолы к наполнителю наблюдается уменьшение интегральной интенсивности спектров ЭПР;

- проведенное двойное интегрирование этих спектров показало, что применение фельзита со смолой приводит к падению интегральной интенсивности до 86,7% относительно фельзита, для травертина до 86,1%; для кирпича – 100%; для туфа – 89% и т.д.

- после поправки на объем наполнителя (33%) реальное уменьшение интегральной интенсивности составило: для травертина 58,2%; для базальта – 24,1%; для туфа – 67,0% для кирпича – 100%; для фельзита – 60,1% и для перлита – 42,3%.

Вышеизложенное показано на примере фельзитового наполнителя (рис. 13).

Такого типа изменения спектров ЭПР при добавлении смолы должны указывать на антирадикальную эффективность смолы при ее взаимодействии с наполнителем, т.е. смола должна выступать в роли антиоксиданта по отношению к наполнителю.

Внедрение наполнителя с ОН – группами в структуру композита способствует образованию более упорядоченной структуры, обладающей прочностью и способностью к адгезии и релаксационным процессам, благодаря химическому взаимодействию между компонентами системы.

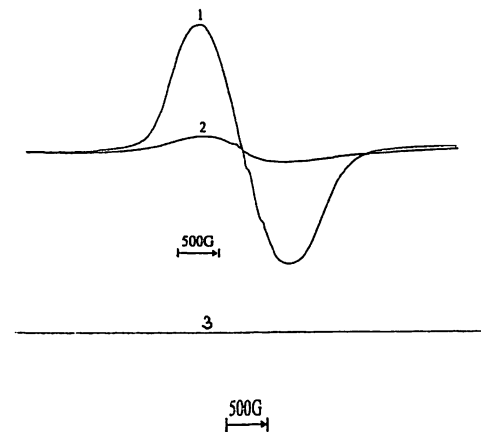


Рис. 13 Спектры ЭПР фельзита без смолы (1), композита (2) и чистой смолы (3)

Исследована зависимость усадки и коэффициента термического расширения от состава композита.

Сочетание материалов, отличающихся коэффициентами линейного расширения (КТР) и усадки, неизбежно приводит к возникновению внутренних напряжений, вызывающих ослабление клевого шва. Одним из путей снижения этих напряжений является ввод в состав композиции различных наполнителей, способствующих уменьшению усадки, и КТР. Усадка определялась для чистой смолы и смолы с наполнителем, исходя из разностей объемов свежеприготовленного и отвержденного полимерраствора (табл.6).

Таблица 6

№	Наименование наполнителя	Объемная усадка, %	Удельные объемы порошков, см ³ /г
1	Смола без наполнителя	11,00	-
2	Травертин	10,5	1,1
3	Базальт	6,25	0,8
4	Кирпич	5,58	1,15
5	Фельзит	5,23	1,3
6	Арктический туф	4,54	1,4
7	Перлит	4,49	1,5

Показатели усадки клеевых композиций

Приведенные данные, свидетельствуют об уменьшении показателя объемной усадки в 2 - 3 раза с введением наполнителя. И чем больший объем в композиции занимает наполнитель, тем меньше при отверждении сокращается полимерраствор и тем меньше внутренние напряжения (рис. 14).

Следует также отметить, что чем лучше перемешивается исходная смесь и равномернее распределяется наполнитель в объеме композиции, тем упорядоченнее структура отвержденного полимерраствора и меньше внутренние напряжения.

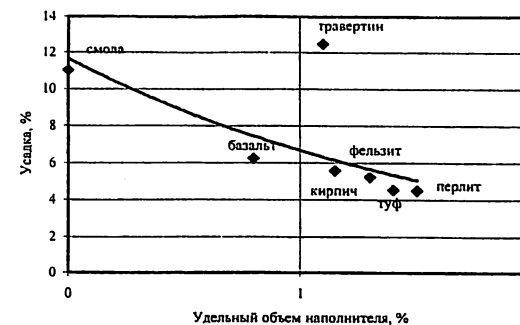


Рис. 14 Зависимость усадки полимерных материалов от вида и объема наполнителя, (фракция 0...0,056 мм, наполнение – 33%).

Одной из важнейших физических характеристик жестких композиций, определяющих надежность склеивания различных материалов, является КТР, который проявляется при температурных колебаниях. Измерения КТР ненаполненной и наполненных (с 33% содержанием наполнителя) отвержденных полимерных композиций, с высокой степенью точности производились на приборе ДКВ – 4 в температурном интервале от 25 до 250⁰С и скоростью нагрева 2,5⁰/мин. (рис. 15).

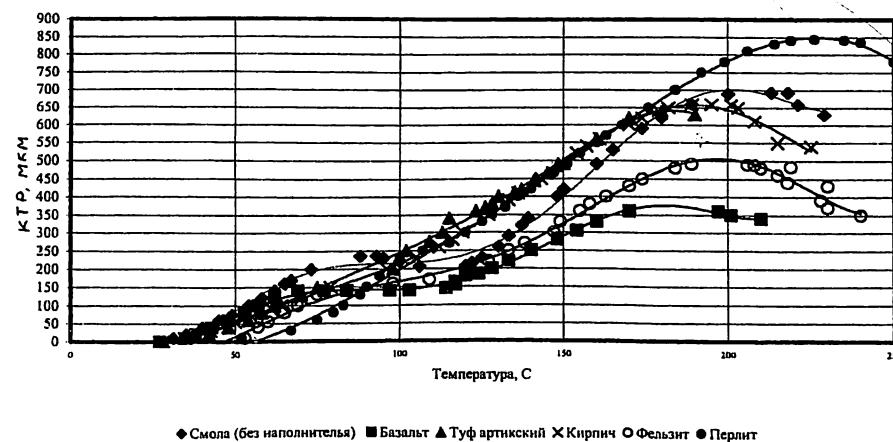


Рис. 15 Обобщенный график зависимости КТР композиций от температуры

Экспериментальные данные показывают, что имеются две температурные деформации $t'g$ и tg , где меняется прямолинейный характер зависимости КТР от температуры - это зоны 70 до 100⁰С и от 170 до 210⁰С. В низкотемпературной зоне наблюдается начальное размягчение и прогиб образцов, затем они выпрямляются вплоть до начала второй зоны. Выше 210⁰С наблюдается прогиб образцов и уменьшение линейных размеров, обусловленных их деформацией. С введением наполнителя в композицию показатели КТР снижаются в обеих зонах, за исключением перлитового наполнителя, что объясняется спецификой породы (высоким содержанием летучих компонентов - 5,06%, удаление которых приводит к расширению образцов). Благодаря проведенным исследованиям, появилась возможность с помощью кремнеземсодержащих наполнителей воздействовать на внутренние напряжения клеевой композиции, сближая КТР полимерраствора и субстрата. Данные КТР согласуются с данными дериватографических исследований.

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик является вязкость материала. На основании показателей вязкости, полученных в широком концентрационном интервале, для каждой породы в отдельности, были рассчитаны $lg \eta$ - вязкости, которые закономерно возрастают с увеличением процента наполнения (рис. 16).

Построены зависимости $lg \eta$ от $1/c$, что дает возможность подсчитать энергию активации вязкости, которая колеблется от 10 до 130 единиц.

В отличие от других наполнителей, увеличение процентного содержания перлита приводит к ускорению процесса поликонденсации с функциональными группами ненасыщенной полиэфирной смолы, что в свою очередь ведет к резкому возрастанию вязкости.

Изучено влияние цеолита на процесс поликонденсации композиций. Особенностью архитектуры кремнекислородных каркасов цеолитов является наличие в них системы регулярных каналов и сообщающихся полостей с минимальными размерами, сравнимыми с размерами молекул (10 - 15Å).

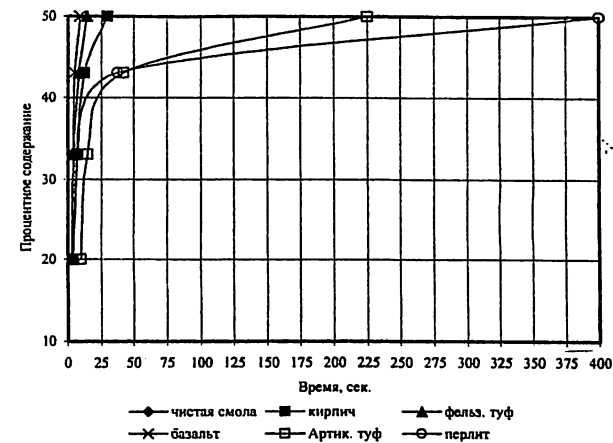


Рис. 16 Зависимость вязкости полимерраствора (с) от процентного содержания наполнителя (фракция 0...0,056мм)

Указанные полости частично занимают щелочные и щелочно - земельные катионы. Незанятую катионами большую часть пустот занимают молекулы воды. Вода является характерной составной частью природных цеолитов, которые относятся к водным алюмосиликатам. Вода находится во внутрикристаллических каналах: в одном случае в виде отдельных молекул, в другом - в виде ассоциатов. Объем пустот, доступных для молекул воды в кристаллах некоторых цеолитов может достигнуть половины всего объема кристалла. Вода может быть удалена путем нагревания, без разрушения структуры, и, во влажной среде, пористые кристаллы цеолитов могут полностью регидратироваться. Вот это свойство цеолитов и использовалось для улавливания воды, образующейся в процессе поликонденсации. В работе использовался цеолит Ширакского месторождения с общим содержанием $SiO_2 + Al_2O_3$ - 74; 05%. Таким образом, цеолиту отводится двойная роль: удаление конденсированной влаги из зоны реакции и повышение процента кремнезема (и, соответственно, OH - групп).

Для подтверждения вышеизложенного была проведена серия экспериментов с целью выбора оптимальных условий. Цеолит вводился в наполненную композицию с 33% содержанием туфового наполнителя фракции 0...0,056 мм. Испытание на прочность проводилось на металлических пластинках, склеенных внахлест. Испытание на сдвиг - растяжением склеенных полимерной композицией пластинок (Ст + Ст), содержащей цеолит и, без него, проводилось через 24 ч после отверждения. Цеолит той же фракции термообработывался при температурах 100, 400, 600 и 900⁰С и вводился в состав полимерраствора в количестве 0,5; 1,0; 2,0 и 5%. На основании экспериментальных данных сделано следующее заключение: с увеличением содержания обожженного цеолита от 0,5 до 5,0%, в основном, наблюдается повышение прочности, максимум который наблюдается при 5% содержании цеолита. Оптимальной температурой сушки цеолита принята - 600⁰С, так как при 100 и 400⁰С вода из цеолита удаляется частично, а при 900⁰С происходит полное обезвоживание и, соответственно, удаление гидроксильного покрова, в результате чего падает химическая активность.

При сравнении прочностных характеристик композиций с использованием цеолита получали весьма заметное увеличение прочности в 1,5 раза у цеолитовых композиций.

После выбора 5 -ти оптимальных составов было проведено исследование целого ряда эксплуатационных характеристик и оценена долговечность композитов. Деструкция полимеров, представляющая собой разрушение основной цепи макромолекулы, при которой ухудшаются физико - механические свойства, происходит под воздействием целого ряда внешних факторов, в том числе, солнечной радиации, а именно, ее основной сильнодействующей составляющей - УФ - излучения. Вследствие этого возникла необходимость оценить степень участия фотохимических процессов в общей картине разрушения вещества. Исследования проводились на стационарной установке ОРК - 21, снабженной лампой ДРТ - 1000 с длиной волны $\lambda=250...400$ нм. Лучистый поток имел мощность, равную 956 Вт, т.е. приближающуюся к солнечному излучению. Время облучения

составило 6 ч. Исследования проводились как на чистой смоле, так и на наполненных композициях с наполнителями фракции 0...0,056 мм и 33% степенью наполнения после месячной и 6-ти месячной выдержки. Определялись прочностные характеристики до и после облучения. Наблюдалось снижение прочности у смолы на 30,0 и 44,7%; базальта - 11,6 и 24,4%; туфа - 15,0 и 26,9%; кирпича - 20,0 и 23,1%; фельзита - 11,3 и 21,8%; перлита - 22,4 и 18,0%. Приведенные данные свидетельствуют о том, что добавка наполнителей по разному влияет на прочностные характеристики, однако, в обоих случаях наблюдается меньшее снижение прочности у наполненных композитов.

Ранее уже было показано положительное влияние введения наполнителей на некоторые эксплуатационные характеристики полимерной композиции, такие как прочность, усадка, термические характеристики, КТР, УФ - облучение и т.д. Однако, для полной характеристики, полученных полимеррастворов необходимо определить: водопоглощение, водостойкость, атмосферостойкость, тепловой удар, морозостойкость и долговечность. Эти показатели исследовались в соответствии с действующими стандартами.

Водостойкость отливок и склеенных металлических пластин определялась, как процент снижения прочности на сжатие и сдвиг после месячной выдержки в воде. Экспериментальные данные показывают, что введение в состав композита наполнителя, обладающего естественной пористостью, способствует некоторому повышению показателей водопоглощения и, вследствие этого, из-за расклинивающего действия полярных молекул воды снижается водостойкость композита. Следует отметить, что если когезионная прочность после месячной выдержки, понижается незначительно (от 0 до 10%), то этого нельзя сказать об адгезионной прочности склеенных металлических пластин. В этом случае понижение значительное - после месячной выдержки в воде от 95,0 до 45,6 % (здесь и далее первый показатель принадлежит чистой смоле). Адгезия к каменным материалам и прочность склеивания превышают прочность камня.

Атмосферостойкость полимеррастворных соединений определялась по изменению прочности стандартных образцов, выдержанных в атмосферных условиях данного климатического пояса, в течение 6 месяцев с перепадом температур от -5°C до 40°C . Данные эксперимента свидетельствуют о нарастании прочностных характеристик композиций с течением времени; через шесть месяцев прочность при сжатии повышается на 25,0...44,2%, а прочность при изгибе на 10,1...48,1%. Из этого следует, что в указанный период времени продолжается процесс полимеризации. Тепловой удар определялся как стойкость отливок композитов и склеенных металлических пластин к перепадам температур. Показатели потерь прочности отливок после испытания на тепловой удар (30 циклов) следующие: для смолы 89,6%, базальта – 38,6%, туфа – 2,5%, кирпича – 38,4%, фельзита – 11,4% и перлита – 13,6%. Аналогичные данные по потерям прочности наблюдаются при испытаниях металлических пластин – потеря прочности соответственно составляет – 48,0%, 53,4%, 35,5%, 43,5%, 29,4%, 18,1 и 32,2%. При сравнении данных наблюдается снижение потерь прочности с введением наполнителя, т.е. наполненные полимеры более стойки к внешним воздействиям и когезионная прочность снижается незначительно. В случае же адгезионной прочности аналогичной закономерности не наблюдается. Однако, во всех вышеописанных испытаниях прочность, как когезионная, так и адгезионная наполненных полимеррастворов до и после испытаний, намного выше ненаполненной. Испытание на морозостойкость отливок композита и склеенных образцов по потере прочности в течение 31 цикла замораживания при -18°C и оттаивания проводилось по стандартной методике. Были получены следующие результаты потерь прочности композита для смолы – 61,7%, базальта – 32,9%, туфа – 22,4%, кирпича – 20,3%, фельзита – 7,7%, перлита – 27,3%. Потери прочности склеенных металлических пластин после испытания на морозостойкость составляют соответственно: смола – разрыв после первого цикла, базальт – 21 цикл, туф – 16 циклов, кирпич – 39,6%, фельзит – 37,7% и перлит – 65,8% после 30 циклов. Таким образом,

наибольшей морозостойкостью обладают отливки фельзитовых композитов – 7,7% и склеенные металлические пластинки – 37,7%.

Долговечность клеевых соединений при ускоренных испытаниях определена по количеству циклов их обработки попеременным кипячением – замораживанием по следующему режиму: кипячение в воде 4 часа, погружение в холодную воду при $16...18^{\circ}\text{C}$ на 30 мин, замораживание при -18°C – 15 часов, оттаивание при 70°C – 4 часа. Из испытуемых образцов (склеенных металлических пластинок) только полимерраствор с базальтовым наполнителем, выдержал 25 циклов с резким снижением прочности с 27,6 до 0,13 МПа. Остальные выдержали: туф – 3 цикла, кирпич – 7 циклов, фельзит – 17 циклов, перлит – 16 циклов.

Отливки же композитов выдержали все 25 циклов, причем снижение прочности наполненных полимеров значительно ниже: у смолы – 65,5%, базальта – 38,7%, туфа – 27,3%, кирпича – 53,2%, фельзита – 18,2% и перлита – 51,1%.

В шестой главе приведены результаты опытно-производственных испытаний. Экспериментально обоснована и практически внедрена возможность восстановления (повышения) несущей способности поврежденных каменных конструкций из местных видов кладок путем инъектирования в трещины и расстроенные или ослабленные участки цементного и полимерного раствора. Предложены оптимальные составы полимерных инъекционных составов, как с точки зрения их технологичность процесса инъектирования (жизнеспособность, прокачиваемость, плотность заделки трещин и др.), так и взаимодействия с материалами, составляющими кладку (обеспечение прочности сцепления, прочности при сжатии и сдвиге, деформативности). Обоснована возможность значительного повышения несущей способности каменных конструкций из местных видов кладок, путем инъектирования в трещины цементного раствора. Несомненно, что при инъекции в трещины нового полимерного состава (НИИКС 1,2,3,4,5) эффект обойм будет еще более значительным.

Экспериментально установлена величина коэффициента условий работы кладки m_k , которую для местных видов кладок, рекомендуется принять:

- при восстановлении путем инъекции цементного раствора $m_k = 1,0$
- при восстановлении путем инъекции нового полимерного состава $m_k = 1,3$

Разработанный способ, совместно с другими традиционными способами, может применяться в строительной практике при восстановлении (усилении) каменных конструкций зданий, получивших повреждения:

- при землетрясении, взрыве, пожаре и т.п.
- при оползневых процессах (после их прекращения) и т.д.

На основании полученных результатов составлены рекомендации по инъекционанию.

В седьмой главе представлены результаты математической обработки экспериментальных данных, которые подтвердили оптимальность избранного состава. Получены корреляционные зависимости прочности на изгиб композитов для каждого вида наполнителя, времени гелеобразования, вязкости соответственно от процентного содержания наполнителя и SiO_2 в исследуемых породах.

В восьмой главе приведена технико-экономическая эффективность от внедрения полимеррастворов на основе полиэфирных смол и исследуемых наполнителей. Показана целесообразность замены ранее используемых наполнителей – цемента и кварцевого песка.

Внедрение предлагаемых составов сократит общие затраты на 30 %.

ВЫВОДЫ

1. На основе изучения научно-технических литературных источников, осуществлен анализ современного состояния проблемы восстановления и усиления поврежденных зданий и сооружений и выявлена мировая тенденция повышения качества ремонтно-восстановительных работ, связанная с широким применением полимеррастворов и композитов на основе органических связующих. Обобщение теоретических и экспериментальных исследований в этом направлении позволили предложить новое научное направление, позволяющее разработать новые виды высококачественных клеев на основе полиэфирных смол и наполнителей из отходов добычи и переработки горных пород Армении, а также строительного кирпича, которые по своим физико-техническим и технико-экономическим показателям не уступают мировым аналогам и могут быть конкурентоспособны на мировом рынке.

2. Проведенные теоретические исследования позволили сформулировать концепцию и заложить научные основы эффективного использования вещественного состава и физико-химической природы горных пород и промышленных отходов в качестве наполнителей композитов.

Экспериментально подтверждено, что вулканические природные горные породы представляют собой полноценное сырье для производства композитов на основе связующих из полиэфирных смол.

Доказан большой технико-экономический эффект вовлечения в качестве наполнителей отходов алюмосиликатного сырья, как: базальты, туфы, различных генетических происхождений, фельзиты, перлитовые породы, которые могут одновременно выполнять роль красителей.

3. Разработана технология и предложена энергосберегающая технологическая схема производства наполнителей в виде бимодальных высокодисперсных порошков различного зернового состава, исходя из

технологических требований, что позволило расширить условия применения композитов на их основе.

Разработаны и оптимизированы составы полимерных инъекционных растворов, способствующие повышению технологичности инъекционного процесса и обеспечению высокого качества конечного строительного продукта (жизнеспособность, прокачиваемость, плотность, заделки швов и трещин, повышенные характеристики адгезии и когезии композита и др.), а также взаимодействие с материалами кладки и заполнителями конгломератов, что обеспечивает большую однородность и монолитность конструкции, более прочное сцепление составляющих кладки и бетона, повышенные показатели прочности материала при сжатии и сдвиг и деформативную надежность – требований, необходимых для условий сейсмостойкого строительства.

Установлено, что ввод в состав композита наполнителей из всех видов исследуемых пород значительно улучшают функциональные и общестроительные свойства материала (водостойкость, теплостойкость, водонепроницаемость, морозостойкость, атмосферостойкость, усадочные деформации).

4. Принимая во внимание перспективу выхода разработки на мировой рынок в качестве наполнителя композита был исследован также отход наиболее распространенного в мире строительного материала – кирпича. Алюмосиликатный химический состав кирпича близок к вещественному составу вулканогенных горных пород, что позволило предположить и экспериментально подтвердить его полноценность в качестве сырья для наполнителей композита. Доказано, что бой кирпича подчинен тем же закономерностям, что и наполнители из природного алюмосиликатного сырья.

5. Доказано, что наличие в структуре алюмосиликатного каркаса наполнителей гидроксильного покрова с активными ОН – группами придает

исследуемой системе способность взаимодействовать с функциональными группами смолы. Это позволило предложить новый подход к оценке и выбору наполнителя композиционных материалов (на основе полиэфирных смол), заключающийся в том, что для повышения адгезионных свойств традиционный метод модификации наполнителей поверхностно-активными веществами может быть с эффектом заменен более простым способом – применением наполнителя с активными ОН – группами.

Установлено влияние содержания SiO_2 в породе на предел прочности композита при сжатии и изгибе. С повышением содержания кремнезема наблюдается заметное повышение механических характеристик материала.

6. Разработаны полимерные инъекционные составы, обеспечивающие прочное сцепление элементов конструкций ввиду их химического взаимодействия.

Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что основными факторами, определяющими функциональные свойства разработанных композитов являются степень наполнения и дисперсность наполнителя.

Эти параметры влияют как на механические характеристики, так и на усадку и долговечность в условиях эксплуатации.

7. При изучении долговечности установлена недостаточная атмосферостойкость смолы и композита. Выявлено, что под воздействием ультрафиолетового облучения имеют место деструктивные явления, последствия которых можно смягчить вводом в состав стабилизаторов. Значительно повышается атмосферостойкость также при наполнении композита, и чем выше степень наполнения наполнителями, тем более стоек материал к воздействию ультрафиолетовых лучей.

Определено, что в неблагоприятных условиях эксплуатации снижение механической прочности под влиянием ультрафиолетового облучения составляет 25...40 %.

8. Одним из деструктивных явлений в процессе отверждения композита является его усадка. Разработаны пути снижения ее последствий.

Определены усадочные показатели чистой смолы и композита, существенно влияющих на адгезионно - когезионные характеристики материала. Установлено, что наиболее эффективным путем снижения усадочных деформаций является повышение степени наполнения композита. Выявлено, что во всех исследуемых составах (за исключением композита на травертиновом наполнителе) ввод наполнителя в объеме 33% приводит к уменьшению объемной усадки в 2...3 раз, значительно снижаются внутренние напряжения, особенно на границе раздела фаз.

9. Определены основные физические характеристики жестких композиций, определяющих надежность склеивания различных материалов, как: коэффициент термического расширения (КТР) и вязкость.

Показано, что:

- имеются две зоны температурных деформаций, где прямолинейный характер зависимости КТР от температуры меняется;

- с вводом в композицию наполнителей, КТР значительно снижается в обеих зонах, за исключением композитов на перлитовом наполнителе, что объясняется высоким содержанием летучих компонентов в перлитовых породах.

Исследования вязкости полимеррастворов всех составов из каждого вида наполнителей в отдельности показало ее возрастание с увеличением процента наполнения.

10. Выявлены факторы, определяющие такую важную характеристику полимерраствора, как скорость гелеобразования.

Доказана возможность направленного регулирования скорости гелеобразования и предложены пути его достижения. Установление оптимальной скорости гелеобразования позволяет исходя из технологических требований и условий применения композита предотвратить отверждение полимерраствора до полного завершения ремонтно-строительных работ.

Экспериментально установлены скорости гелеобразования как для чистой смолы, так и для композитов на основе каждого исследуемого вида наполнителя.

Выявлено, что скорость гелеобразования можно регулировать изменением таких параметров, как дисперсность наполнителя, степень наполнения композита, а также вязкости полимерраствора и температуры отверждения.

Поскольку вышеуказанные параметры существенно влияют и на механические характеристики композита, было изучено их влияние для каждого состава композита и определены в каждом случае оптимальные степени наполнителя, благоприятные показатели дисперсности наполнителя и скорости отверждения. Это позволило направлять и регулировать технологические свойства клея, параметры ее укладки и функциональные характеристики отвержденного монолита.

11. Выявлен эффект ввода в состав композита обожженного цеолита. Его ввод ускоряет процесс поликонденсации через удаление из зоны реакции образовавшейся воды, а также повышает процентное содержание кремнезема в системе.

При сравнении прочностных характеристик композиций с использованием цеолита (33% наполнителя фракции 0...0,0056 мм, 5% обожженного при 600 °С цеолита) и без него выявлено значительное увеличение прочности цеолитовых составов (в 1,5 раза) в сравнении с базовыми композициями.

12. При изучении показателей на изгиб склеенных на исследуемых составах образцов установлено снижение показателя лишь композита на травертиновом наполнителе в сравнении с чистой смолой (примерно на 5%).

Композиты на всех остальных наполнителях имеют значительно большие прочности (от 1,55 до 3,7 раз).

Когезионные свойства разработанных композиционных материалов на основе всех исследуемых наполнителей, за исключением травертина, также

намного превышают показатели не только чистой смолы, но и показатели прочности породы.

Во всех случаях проглядывается выявленная в процессе исследований закономерность – прочность при сжатии и изгибе тем выше, чем больше содержание кремнезема в породе.

13. В опытно-промышленных условиях осуществлено испытание фрагментов стен, подтвердившее надежность применения на практике результатов исследований.

В промышленных условиях подтверждена возможность значительного повышения несущей способности каменных конструкций в среднем в 1,5 раз из местных видов кладки путем инъецирования трещины и расстроенные участки нового разработанного полимерраствора.

Установлено, что снижение напряжения в зоне контакта „клей–субстрат” может быть достигнуто склеиванием каменных материалов полимеррастворами, в которых наполнителями служат порошки из этой же горной породы, что и склеиваемый камень.

14. Разработанный композит получил массовое внедрение. Он широко применен в зоне восстановления от последствий Спитакского землетрясения. С его применением осуществлено строительно-восстановительных работ с общим объемом 141,0 млн. драм.

Внедрение осуществлено и в виде утвержденного Республиканского стандарта предприятия (ТУ СТП 00298896.001 – 2002 „Клей полимерный”) и двух рекомендаций:

- по технологии инъецирования в каменную кладку полимерной композиций ГИПК 14 – 32 при восстановлении и усилении зданий и сооружений, Ереван – 1996;

- по технологии инъецирования в каменную кладку полимерных композиций НИИКС при восстановлении и усилении зданий и сооружений, Ереван – 2002.

15. На практике доказан большой экономический и экологический эффект разработки.

Повышенная технико-экономическая эффективность разработки связана с существенным сокращением восстановительных работ; значительным увеличением сроков службы усиленных и восстановленных строительных конструкций, экономико-экологическими критериями, связанными с вовлечением в хозяйственный оборот отходов камнедобычи и камнеобработки.

Массовое внедрения разработанных полимеррастворов способствует решению важной народно-хозяйственной задачи по восстановлению и ремонту разрушенных в результате землетрясения конструкций, усилению существующих бетонных и железобетонных изделий.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах

1. Меликсетян А.М., Алавердян Р. А. Отходы производства хлоропреновых каучуков – эффективные компоненты полимерных композиций для комплексного ремонта и реконструкции в транспортном строительстве //Тезисы докладов всесоюзной конференции. „Перспективы создания и использования новых высокоэффективных клеящих материалов в народном хозяйстве”. – Кировакан. - 1988, с.110.
2. Меликсетян А.М., Алавердян Р. А. Защита и ремонт бетонных конструкций составами на основе отходов производства хлоропреновых каучуков. Тезисы докладов VI научно-технической конференции КАМАЗ – КАМПИ. „Научно-производственные и социально-экономические проблемы производства автомобиля КАМАЗ”. - Набережные Челны. - 1988, с. 290.
3. Меликсетян А.М. Эффективный метод восстановления и усиления каменных конструкций с применением полимерной композиции ГИПК – 14 - 32 //Бюллетень строителей Армении, Ер., 1998, N12(29), с. 3-5.
4. Меликсетян А.М. О зарубежном опыте ООО „Веракангнум” по обслуживанию, проектированию и осуществлению восстановления и усиления строительных конструкций с применением полимерных композиций //Бюллетень строителей Армении, Ер., 1999, N12, с. 1-3.
5. Меликсетян А.М., Гургенян Н.В., Саркисов Р.Р., Бабаян Г. Г. Разработка композиционных материалов на основе полимерной смолы и туфов //Информационные технологии и Управление, Ер., 2000, N2, с. 124-128.
6. Меликсетян А.М., Гургенян Н.В., Бабаян Г.Г., Асатуриян Р.А. О влиянии наполнителя на свойства клеевой композиции //Бюллетень Строителей Армении, Ер., 2000 N 2 (18), с. 35-37.
7. Меликсетян А.М., Гургенян Н. В., Саркисов Р. Р., Бабаян Г. Г. Получение наполнителей из природных каменных материалов Армении //Информационные технологии и Управление, Ер., 2000, N2, с. 93-96.

8. Меликсетян А.М. Оптимальные способы восстановления и усиления элементов каменных конструкций и связей между ними с применением полимерных композиций //Сборник тезисов. „Химия на пороге XXI века”.- Ереван. - 2000, с. 208.
9. Меликсетян А.М., Гургенян Н.В., Бабаян Г.Г. Влияние наполнителей на эксплуатационные характеристики клеев //Бюллетень Строителей Армении, Ер., 2001, N12, с. 9-11.
10. Меликсетян А.М. Полимерные композиции для восстановления и усиления объектов из каменных материалов //Бюллетень Строителей Армении, Ер., 2001, N 4 (57), с. 26.
11. Меликсетян А.М. Клеи на основе синтетических смол и базальтовых наполнителей //Информационные технологии и Управление, Ер., 2001, N2, с. 127-131.
12. Меликсетян А.М., Гургенян Н.В., Бабаян Г.Г. Зависимость усадки и коэффициента термического расширения от состава композита //Информационные технологии и Управление, Ер., 2001, N3-2, с. 15-18.
13. Меликсетян А.М. Полимерные композиции для восстановления и усиления зданий и сооружений //Камень и бизнес, М., 2001, N3, с. 33-34.
14. Меликсетян А.М. Клеевые композиции для восстановления и усиления туфовых объектов //Тезисы докладов конференции „Ениколоповские чтения”. – Ереван. - 2001, с.86.
15. Меликсетян А.М., Саркисов Р.Р. Зерновой состав продуктов тонкого измельчения природных каменных материалов Армении //Информационные технологии и Управление, Ер., 2002, N1, с. 147-201.
16. Меликсетян А.М., Бабаян Г.Г., Гургенян Н.В. Клеевая композиция для усиления кирпичной кладки //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, М., 2002, N2, с. 24-25.
17. Меликсетян А.М., Гургенян Н.В., Бабаян Г.Г. Полимерные композиции на основе синтетических смол и минеральных наполнителей //Информационные технологии и Управление, Ер., 2002, N1, с. 181-185.

18. Меликсетян А.М., Гургенян Н.В., Мхитарян Р.П., Бабаян Г. Г. О влиянии состава композита на процесс его упрочнения //Информационные технологии и Управление, Ер., 2002, N 3-2, с. 28-32.
19. Меликсетян А.М., Гургенян Н.В., Бабаян Г.Г. Природные каменные материалы Армении – эффективный наполнитель полиэфирных смол //Информационные технологии и управление, Ер., 2002, N3-2, с. 23-27.
20. А.с. СССР N1631054 Способ ремонта железобетонных изделий. (Меликсетян А.М., Алавердян Р. А., Алексанян Р. З.), Бюлл. N8, 1991.
21. Որոշում գյուտի նախնական արտոնագիր տալու մասին, հայտ թիվ P20020061, Բազմաձեռնարային սուսինձ (Մելիքսեթյան Ա.Մ., Գուրգենյան Ն.Վ., Բաբայան Ն. Գ.) «Վայարտոնագիր», տպ. պաշտոնական տեղեկագրի «Գյուտերի հայտերում» 2002, թիվ 6 (23).
22. Որոշում գյուտի նախնական արտոնագիր տալու մասին, հայտ թիվ P20020063, Բազմաձեռնարային սուսինձ (Մելիքսեթյան Ա.Մ., Գուրգենյան Ն.Վ., Բաբայան Ն. Գ.) «Վայարտոնագիր», տպ. պաշտոնական տեղեկագրի «Գյուտերի հայտերում» 2002, թիվ 6 (23).
23. Որոշում գյուտի նախնական արտոնագիր տալու մասին, հայտ թիվ P20020059, Բազմաձեռնարային սուսինձ (Մելիքսեթյան Ա.Մ., Գուրգենյան Ն.Վ., Բաբայան Ն. Գ.) «Վայարտոնագիր», տպ. պաշտոնական տեղեկագրի «Գյուտերի հայտերում» 2002, թիվ 9 (26).
24. Որոշում գյուտի նախնական արտոնագիր տալու մասին, հայտ թիվ P20020060, Բազմաձեռնարային սուսինձի պատրաստման տեխնոլոգիական գիծ (Մելիքսեթյան Ա. Մ., Գուրգենյան Ն.Վ., Բաբայան Ն. Գ.) «Վայարտոնագիր», տպ. պաշտոնական տեղեկագրի «Գյուտերի հայտերում» 2002, թիվ 7 (24).
25. Որոշում գյուտի նախնական արտոնագիր տալու մասին, հայտ թիվ P20020064, Բազմաձեռնարային սուսինձ (Մելիքսեթյան Ա.Մ., Գուրգենյան Ն.Վ., Բաբայան Ն. Գ.) «Վայարտոնագիր», տպ. պաշտոնական տեղեկագրի «Գյուտերի հայտերում» 2002, թիվ 7 (24).

Բազմաձեռնարային խեժերի և Վայաստանի լեռնային ապարների լցանյութերի հիման վրա նոր շինարարական կոմպոզիտներ

Ատենախոսության թեման նվիրված է վնասված շինությունների և ճարտարապետապատմական կոթողների վերականգնման և ամրացման արդիական և կիրառական խնդրին, ինչը հնարավոր է էֆեկտիվ տեխնիկական լուծումների և մեթոդների մշակմամբ, որոնք կապահովեն աշխատանքների ժամկետների զգալի կրճատումը, նյութա- և աշխատատարության նվազումը, և, որպես հետևանք՝ արժեքի իջեցումը:

Կոնստրուկցիաների վերականգնման բազմաթիվ հայտնի եղանակներից, այդ պահանջներին բավարարում է բազմաձեռնարային խեժերի օգտագործման մեթոդը, որն օժտված է անհրաժեշտ տեխնիկական հատկություններով՝ համարյա բոլոր տեսակի շինանյութերի հանդեպ բարձր ադիզիայով, ամրությամբ, երկարակեցությամբ, ճնշման- տակ ճաքերի և ծակոտիների մեջ ներթափանցելու ունակությամբ:

Տեսականորեն հիմնավորված և փորձնականորեն ապացուցված է բազմաձեռնարային խեժերի և սիլիկահող պարունակող լցանյութերի՝ բազալտների, տուֆների, ֆելզիտների, պեռլիտների և շինարարական աղյուսների հիման վրա կոմպոզիցիոն սուսինձների ստացման հնարավորությունը, որոնց օգտագործման ժամանակ սուսինձի ամրությունը գերազանցում է քարի ամրությանը:

Ֆիզիկաքիմիական մեթոդների օգնությամբ (տերմոգրաֆիայի, ԻԿ – սպեկտրոսկոպիայի, ԷՊՄ – սպեկտրոսկոպիայի) ապացուցված է բնական մոդիֆիկացված լցանյութի և բազմաձեռնարային խեժի միջև, քիմիական կապի առկայությունը, ինչը սուսինձի ամրության ցուցանիշների աճն ավելացնում է նույնիսկ անգամ:

The new construction composites based on polyester resins and fillers of the rocks of Armenia

This dissertation dedicates actual scientific and engineering problem – rebuilding and strengthening of hurt and ruined buildings and historical architectural monuments with the help of the new effective technical decisions and methods. These decisions and methods ensure a big abridgement of working periods, decrease their specific consumption of materials and labor content and, as a result of it, decrease the price.

Among a great many of technological techniques, methods of rebuilding (strengthening) of the constructions using polymer compositions, are match to these standards most of all. Polymer compositions, in particular, base on polyester resins, which have all necessary technical properties, such as, high adhesion, strength, durability, capability to penetrate under pressure in micro cracks, pores and so on.

Based on the theoretical researches, reasoned and experimentally proved that it is possible to make compo glues using polyester resins and silica contain fillers – basalts, tuffs, felsites, perlites and constructional bricks. During glue together stone materials they are all ensure strength, which is more than the strength of the stone. With physical-chemical methods (thermo analysis, infra – red spectrum, electron spin resonance) proved, that there is a connection between natural modified fillers and polyester resins. It is the basic factor of increasing of the strength characteristics of the compo glues in three times. Besides, inclusion of dehydrated zeolite additive as absorbent of water, which is formed during the process of poly condensation, also increases physical-mechanical indications of composites.

The basic physical-mechanical properties of elaborated composites were observed and their economic effectiveness of implantation was proved. Optimal

Բացի այդ, պոլիկոնդենսացված ջրի կլանման նպաստակով, ջերմամշակված ցնդիտային հավելումը նույնպես նպաստում է, ինչպես սոսնձի ամրության աճին, այնպես ել մյուս ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների բարելավմանը: Ուսումնասիրվել է կոմպոզիտների ֆիզիկամեխանիկական և շահագործական ցուցանիշները և նրանց կիրառման տնտեսական էֆեկտիվությունը: Լցանյութի օպտիմալ տոկոսային պարունակությունը և հատիկային կազմը (ատացված տուֆի ապարից), որպես պոլիմերային սոսնձի բաղադրամաս, հաջողությամբ փորձարկվել է փորձարդյունաբերական պայմաններում: Տուֆի լցանյութի հիման վրա ստացված պոլիմերային լուծույթի ներարկումը վնասված պատի ֆրագմենտի մեջ, 7 օր ամրանալուց հետո, պատի կրողունակությունը բարձրացրեց 50% - ով:

Ստացված արդյունքները հիմք են հանդիսացել 1992-2002թթ. ժազմանակահատվածում կատարել 500 հազ. դոլ. գումարի, շենքերի և շինությունների վերականգնման և ամրացման աշխատանքներ, ինչպես Վայաստանում, այնպես էլ նրա սահմաններից դուրս (ՌԴ - ում և Ուկրաինայում):



The basic physical-mechanical properties of elaborated composites were observed and their economic effectiveness of implantation was proved. Optimal compositions passed with success experimental industrial tests. The injection of compo resin mortar in hurt tuff fragment of the wall and testing of the fragment after seven days period of hardening on axial compression and cocking shows increasing of the carrying capacity of the construction on 50 %.

These final results were used for rebuilding and strengthening of buildings on total sum 500.000 USD both in Armenia and in abroad (RF and Ukraine).

A handwritten signature in black ink, appearing to be a stylized name or set of initials.

15.05.2014

