

## ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАЩИТНОПРОПИТОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ И СПЕЦИАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

А. П. Пичугин<sup>1</sup>, В. Ф. Хританков<sup>1</sup>, А. В. Пчельников<sup>1</sup>, А. А. Шаталов<sup>1</sup>, О. Е. Смирнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск, Россия

Разрушение каменных и бетонных конструкций вызвано целым рядом различных причин, главными из которых являются постоянное увлажнение и осушение, попеременное замораживание и оттаивание в водонасыщенном состоянии, воздействие растворов различной степени агрессивности, механические, стирающие и ударные нагрузки во время швартовки судовидвижения льда в период ледохода и т. д. Использование предлагаемых составов полимерсиликатных композиций с добавками позволяет обеспечить работоспособность различных сооружений и повысить их эксплуатационную надежность. В статье представлены результаты физико-химических методов исследований полимерсодержащих композиций, важными характеристиками которых являются механические свойства и их зависимость от температуры в самых различных эксплуатационных условиях. Температурная зависимость упругих свойств полимеров связана с их внутренним строением, что может служить научной основой для прогнозирования полимерсодержащих композитов во времени. Термомеханический метод исследования полимеров, предложенный академиком В.А. Каргиным и Т.И. Соголовой, основан на определении зависимости деформации образца от температуры. Он позволяет достаточно четко оценить достоинство той или иной рецептуры и найти оптимальное технологическое решение. Результаты проведенных исследований позволили оптимизировать рецептуру полимерсиликатных защитнопропиточных композиций с добавками направленного действия и предложить производству эффективные средства защиты.

**Ключевые слова:** термомеханические исследования, полимерные составы, полимерсиликатные композиции, минеральные добавки, растворы наноразмерных компонентов.

## THERMOMECHANICAL STUDIES OF PROTECTIVE IMPREGNATING COMPOSITIONS WITH NANOSCALE AND SPECIAL ADDITIVES

A. P. Pichugin<sup>1</sup>, V. F. Hritankov<sup>1</sup>, A. V. Pchelnikov<sup>1</sup>, A. A. Shatalov<sup>1</sup>, O. E. Smirnova

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State University of Architecture and Construction, Novosibirsk, Russia

The destruction of stone and concrete structures is caused by a number of different reasons, the main of which are: constant cooling and dehumidification, alternate freezing and thawing in a water-saturated state, the impact of solutions of various degrees of aggression, mechanical abrasion and shock loads during mooring of ships and ice movement during the ice drift, etc. The use of the proposed compositions of polymer-silicate compositions with additives allows to ensure the operability of various structures and increase their operational reliability. The article presents the results of physical and chemical research methods for polymer-containing compositions, whose important characteristics are mechanical properties and their dependence on temperature in a variety of operating conditions. The temperature dependence of the elastic properties of polymers is related to their internal structure, which can serve as a scientific basis for predicting polymer-containing composites over time. The thermomechanical method of polymer research proposed by academician V.A. Kargin and T.I. Sogolova it is based on determining the dependence of the sample deformation on temperature. It allows you to clearly assess the value of a particular recipe and find the optimal technological solution. The results of the research made it possible to optimize the formulation of polymer-silicate protective and impregnating compositions with additives of directed action and offer the production of effective means of protection. The results of the research made it possible to optimize the formulation of polymer-silicate protective and impregnating compositions with additives of directed action and offer the production of effective means of protection.

**Keywords:** thermomechanical studies of polymer compositions. polymer-silicate compositions, mineral additives, solutions of nanoscale components.

### Введение

Условия эксплуатации строительных конструкций различных зданий и сооружений в условиях Сибирского климата отличаются повышенным содержанием влаги, газов, что приводит при большом интервале температур от -40 °С до +50 °С к интенсивному разрушению (деградации) материалов практически во все времена года. Наиболее очевидным фактором разрушения являются диффузионные взаимодействия между жидкостью и твердым телом (растворение, кристаллизация, выщелачивание, сушка) и твердым телом и газом (адсорбция, десорбция) [2, 3, 7, 10, 13]. Всё это требует создания защитнопропиточных композиций с повышенной эксплуатационной стойкостью. Достижение требуемых свойств полимерных композитов связано с возникновением тех или иных структурных образований, которые характери-

зуются надмолекулярными структурами различного типа и тесно связаны с физико-механическими свойствами полимеров. Одним из оперативных методов оценки качественных характеристик полимерсодержащих композитов являются термомеханические исследования, дающие объективную информацию о свойствах материалов с различной рецептурой и добавками направленного действия.

### Материалы и методы исследования

Термомеханические исследования проводились по методу измерения деформации одноосного сжатия под влиянием непрерывно действующей нагрузки в условиях нагрева образца с постоянной скоростью в интервале температур от комнатной до 300 °С. Характерная термомеханическая кривая, полученная для классических полимерных композиций, состоит из трех участков: первый – начальное повышение

деформации при постоянном подъеме температуры; второй – практически неизменяемая величина деформации или незначительное изменение при повышении температуры до определенного предела, когда начинается третий этап – резкое увеличение деформации, связанное с переходом в текучее состояние всей измеряемой полимерной системы [1, 4, 7, 9].

Для проведения термомеханических исследований изготавливались образцы в виде таблеток диаметром 6 мм и толщиной  $2,5 \pm 0,1$  мм. Сжимающая нагрузка составляла  $2,9 \text{ кгс/см}^2$  на автоматической установке конструкции Б.Я. Тейтельбаума и  $8,3 \text{ г/мм}^2$  на термомеханических весах академика В.А. Каргина. На автоматической установке снимались термомеханические кривые непосредственно в координатах: деформация – температура, а на весах Каргина построение кривых фиксировалось по точкам. Подъём температуры осуществлялся со скоростью 3 градуса в минуту [3, 4, 10, 16].

Доказательным подтверждением результатов термомеханических исследований является изучение микроструктуры полученных композитов, объясняющих переход надмолекулярной структуры из одного вида в другой под действием добавок направленного действия. Разнообразные структурные формы и переходы состояния полимеров от глобулярного типа к более прочному фибриллярному, конечно, является предпочтительным [3–5, 10, 18].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Вышеописанный метод позволил уточнить рецептурно-технологические параметры полимерсиликатной защитнопропиточной композиции с различными добавками направленного действия. В результате исследований получены кривые зависимости деформации отвержденных композиций с различным расходом отходов хризотилцементного производства, алюмосиликатных микросфер, дегидрола, а также наноразмерных добавок – растворов кремнезоля и углеродных нанотрубок (рис. 1–4). Анализ полученных кривых свидетельствует о том, что наибольшая температурная деформация присуща полимерсиликатной защитнопропиточной композиции безминеральных добавок (кривая 1, рис. 1), а точка температурного перехода в текучее состояние расположена в районе  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Введение в состав молотых отходов хризотилцементного производства повышает термоустойчивость композиции, одновременно снижая величину общей деформации (кривая 2, рис. 1), повышая при этом точку температурного перехода в текучее состояние на  $40\text{--}50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Добавка алюмосиликатных микросфер способствует дополнительному снижению деформации системы и повышению температурного перехода к состоянию текучести на  $25\text{--}30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Однако этот переход сопровождается в боль-

шом интервале температур при существенном увеличении деформации.

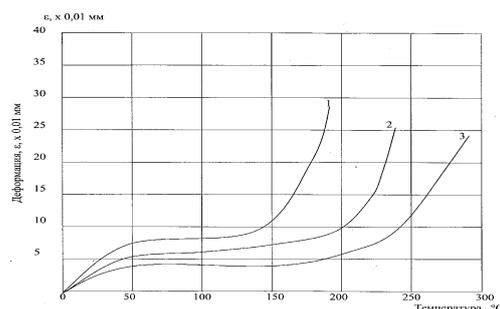


Рис. 1. Зависимость деформации отвержденной полимерсиликатной композиции с минеральными добавками от температуры при действии постоянной нагрузки: 1 – без добавок; 2 – с введением отходов хризотилцементного производства; 3 – то же, с добавкой алюмосиликатных микросфер

Иллюстрацией полученных результатов являются проведенные микроструктурные исследования. Они доказывают эффективность минеральных добавок и их влияния на упорядочение микроструктуры полимерсиликатной композиции (рис. 5А, Б, В). На микрофотографиях отчетливо видно это влияние. Кроме того, данные эффекты сопровождаются дополнительным улучшением физико-механических свойств [13, 15, 17].

Таким образом, можно сделать обоснованный вывод о том, что введение тонкомолотых минеральных добавок в состав полимерсиликатной композиции положительно сказывается на термоустойчивости данной системы и способствует повышению её сопротивляемости в эксплуатационных средах.

Интересно было выяснить влияние дегидрола на термомеханические свойства полимерсиликатной композиции. На рисунке 2 представлены термомеханические кривые отвержденной полимерсиликатной композиции с минеральными добавками и различным количеством дегидрола, из которых следует, что данный компонент также оказывает положительное влияние на термоустойчивость всего состава.

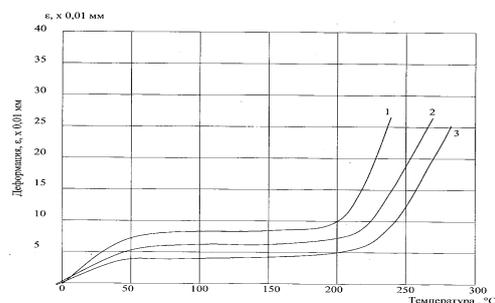


Рис. 2. Зависимость деформации отвержденной полимерсиликатной композиции с добавкой дегидрола от температуры при действии постоянной нагрузки: 1 – без добавок; 2 – с добавкой 5 % дегидрола; 3 – то же, с 10 %

Так, введение 5 %-го дегидрола в состав полимерсиликатной композиции повышает точку температурного перехода в текучее состояние на 15–20 °С (кривая 2, рис. 2), а при содержании этого компонента в количестве 10 % – это увеличение составляет 25–35 °С (кривая 3, рис. 2) по сравнению с составом без дегидрола (кривая 1, рис. 2). Таким образом, все используемые минеральные добавки оказывают усиливающее воздействие на термоустойчивость защитно-пропитывающей полимерсиликатной композиции. Положительное воздействие дегидрола проявляется также на микрофотографиях при изучении микроструктуры полимерсиликатной композиции (рис. 5Г). Появление начальной стадии формирования полосатых структур свидетельствует о дальнейшем упорядочении композита. Дегирол в совокупности с минеральными добавками способствует обеспечению улучшенной надмолекулярной структуры по сравнению с предыдущими рецептурами.

Отдельно следует отметить, что введение минеральных порошков (молотых отходов хризотилцементного производства, алюмосиликатных микросферидегидрола) во всех случаях снижает величину начальной и конечной температурной деформации, а точки температурного перехода в текучее состояние изменяются и перемещаются в зону более высоких температур. Этот факт может быть расценен как упрочнение полимерсиликатной системы. Наибольшее усиливающее влияние на защитно-пропиточную композицию оказывает комплексное введение дегидрола с молотыми отходами хризотилцементного производства и алюмосиликатными микросферами, т. к. термомеханическая кривая этих составов расположена значительно ниже кривой без наполнителей. С увеличением концентрации наполнителей термомеханические свойства изменяются следующим образом. Так, при увеличении суммарного процентного содержания минеральной составляющей более 20 % в составе полимерсиликатной композиции с добавками происходит уменьшение деформации и увеличение точки температурного перехода в текучее состояние. Однако данные составы обладают пониженной пропитывающей способностью, поэтому не были рекомендованы для дальнейших исследований [11–15].

Наноразмерные компоненты в виде растворов кремнезоля (КЗ) и углеродных нанотрубок (УНТ) вводились в состав полимерсиликатной композиции в пределах до 10 %. Учитывая низкое процентное содержание компонентов в растворе и в пересчете на сухое вещество, практическое количество нанодобавок не превышало 2–3 %. Особых сложностей с точки зрения соблюдения технологических режимов получения однородного состава

ва не было отмечено. Наблюдалась полная совместимость компонентов при приготовлении защитно-пропиточных составов и достаточно устойчивые характеристики полимерсиликатной композиции с добавками. На рисунке 3 представлены термомеханические кривые отвержденной полимерсиликатной композиции с добавками 30%-го раствора кремнезоля и 3%-го раствора углеродных нанотрубок.

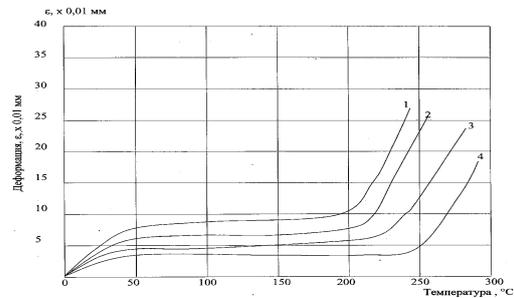


Рис. 3. Зависимость деформации отвержденной полимерсиликатной композиции добавками кремнезоля и УНТ от температуры при действии постоянной нагрузки: 1 – без добавок; 2 – с добавкой раствора кремнезоля 5 %; 3 – то же, с добавкой кремнезоля 10 %; 4 – с добавкой кремнезоля и УНТ

Положительное влияние наноразмерных добавок на термомеханические показатели отвержденной системы проявляется при введении 30%-го раствора кремнезоля при минимальном содержании 5 %. При этом точки температурных деформаций и температурного перехода в текучее состояние под нагрузкой повышаются на 15–20 °С, что свидетельствует об укреплющей роли этой добавки. Введение 10%-го раствора кремнезоля приводит к ещё более значимым изменениям. Так, температурный переход в текучее состояние перемещается на 25–30 °С, что является отражением усиления композита от введения данной добавки на всю полимерсодержащую композицию. Кроме того, эти эффекты зафиксированы в виде формирования более прочной микроструктуры на микрофотографиях, являющейся началом образования более прочной упаковки фибриллярного вида (рис. 5Д). Такое усиливающее влияние наноразмерной добавки является положительным, т. к. сопровождается повышением физико-механических характеристик [11–15, 19].

Введение в состав раствора кремнезоля 3%-го раствора углеродных нанотрубок способствует дополнительному снижению деформации, переводя точку температурного перехода в текучее состояние всей системы дополнительно на 20–25 °С (рис. 3, кривая 4). Это также подтверждается формированием фибриллярной структуры образцов, что может быть залогом создания более прочной и долговечной защитно-пропиточной композиции (рис. 5Е).

Совместное введение различных добавок позволило еще больше улучшить показатели защитнопропитывающей полимерсиликатной композиции, что было отмечено на термомеханических кривых значительным снижением величин температурных деформаций под нагрузкой, а также перемещением точки температурного перехода в текучее состояние в зону повышенных значений (рис. 4).

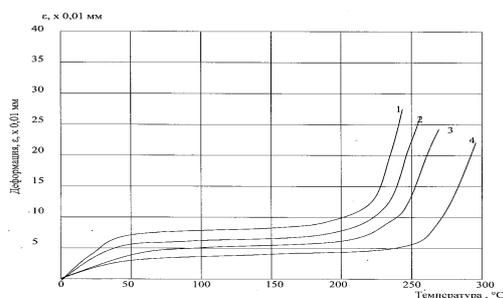


Рис. 4. Зависимость деформации отвержденной полимерсиликатной композиции добавками кремнезоля и УНТ от температуры при действии постоянной нагрузки:  
1 – без добавок; 2 – с добавкой дегидрола;  
3 – то же, с добавкой дегидрола и кремнезоля;  
4 – с добавкой дегидрола, кремнезоля и УНТ

Проведенные комплексные исследования свидетельствуют об агрегации глобул между собой на первом этапе, о чем свидетельствует неупорядоченная надмолекулярная структура полимерсиликатной композиции без добавок (рис. 5А). При введении минеральных добавок вследствие внутренних напряжений композиция начинает принимать участие в процессе кристаллизации. Появление избыточной поверхностной энергии приводит к стремлению пачек уменьшить свою поверхность путем дальнейшего агрегирования и складывания путем многократного изгиба, образуя плоскости, что отражается на формировании упорядоченной надмолекулярной структуры (рис. 5В, 5Г). Улучшающим фактором на формирование более прочной упорядоченной микроструктуры полимерсиликатной композиции фибриллярного типа являются наноразмерные добавки растворов кремнезоля и углеродных нанотрубок (рис. 5Д, 5Е), что согласуется с рядом исследований в области строительного материаловедения [4–8, 18].

Полученные результаты термомеханических исследований были подтверждены проведенными комплексными лабораторными и натурными испытаниями. Они показали достаточно четкую корреляцию эксплуатационных свойств полимерсиликатных защитнопропиточных композиций с химической устойчивостью, водостойкостью, механическими параметрами. Кроме того, этикомпозицы эффективны с точки

зрения проникновения в массив защищаемых конструкций и материалов.

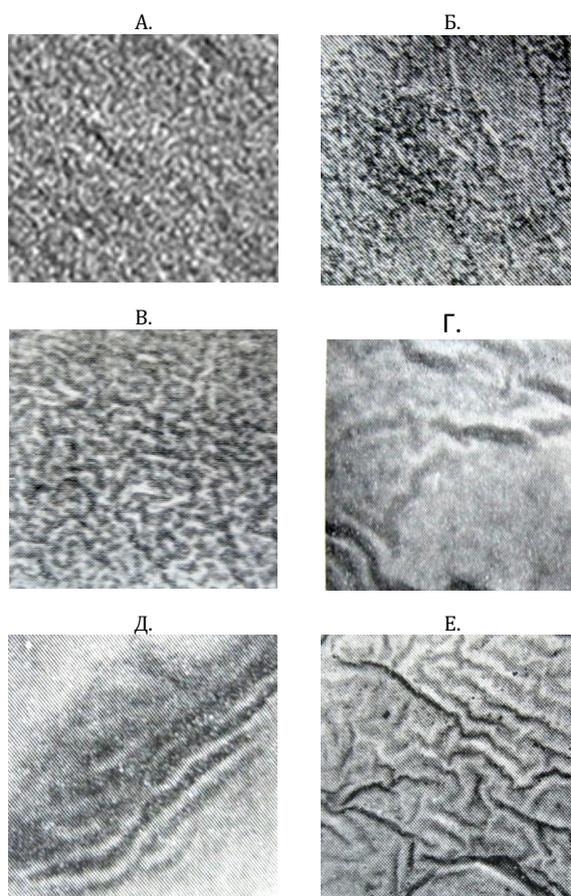


Рис. 5. Микроструктура отвержденной полимерсиликатной композиции с различными добавками:  
А – полимерсиликатная композиция без добавок, x740;  
Б – с добавкой молотых отходов ХЦП, x740;  
В – с добавкой отходов ХЦП микросфер, x740;  
Г – то же, с добавкой дегидрола, x1440;  
Д – то же, с добавкой дегидрола и раствора кремнезоля, x1440я;  
Е – то же, с добавкой дегидрола и растворов кремнезоля и углеродных нанотрубок (УНТ), x1440

Опыт использования разработанных защитных полимерсиликатных композиций при соотношении дегидрол: отходы ХЦП в пределах от 1:1 до 1:2 показал, что они являются водостойким и морозостойким материалом, приемлемым для устройства покрытий бетонных и железобетонных конструкций гражданских, промышленных, сельскохозяйственных и гидротехнических сооружений, а также инженерного и технологического оборудования. Кроме того, данные составы обладают повышенной прочностью к ударным и стирающим нагрузкам. В таблице представлены основные свойства защитнопропиточных композиций для различной степени разрушения и величины пористости, анализ которых показал следующее.

Предлагаемые защитнопропиточные полимерсиликатные композиции для бетонных и каменных конструкций обладают рабочей вяз-

костью по вискозиметру ВЗ-4 от 30 до 200 с временем затвердевания от двух до трех часов. Это обеспечивает нормальную работу по защите бетона в широком диапазоне пористой структуры защищаемого материала от пропитки до

100–150 мм в глубь массива до устройства защитного покрытия нанаружной поверхности садгезионной прочностью не менее 2 МПа.

Таблица

**Основные свойства защитнопропиточных композиций**

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Параметры свойств по группам (составам)			
			По требованиям	1	II	III
1.	Рабочая вязкость по вискозиметру ВЗ-4	с	30-100	30-75	60-125	90-200
2.	Время затвердевания (без коагуляции) не ранее	часы	2-3	2-3	2-3	2-3
3.	Глубина пропитки	мм	25-50	50-150	25-100	25-75
4.	Адгезия к бетону	МПа	≥0,5	2,0-5,0	2,0-5,0	2,0-5,0
5.	Предел прочности при сжатии	МПа	≥5	5,0	5,0-7,5	5,0-7,5
6.	Предел прочности при ударе	МПа	≥6	5,0	6,0	9,0
7.	Истираемость пропитанного бетона	кг/м <sup>2</sup>	–	–	0,2	0,1
8.	Водостойкость пропитанного бетона	циклы	≥100	150	250	400
9.	Паропроницаемость	Мг/(м·ч·Па),	≥0,04	0,05	0,04	0,06
10.	Морозостойкость пропитанного бетона	циклы	≥100	150	200	300
11.	Диапазон работы при температуре наружного воздуха	°С	+5 ... +40	+5 ... +40	+5 ... +40	+5 ... +40

Защитнопропиточные композиции обладают повышенной водо- и морозостойкостью, что положительно сказывается для бетонных и каменных материалов, работающих во влажных условиях при значительных температурных перепадах.

Анализ полученных данных по исследованию химической стойкости полимерсиликатных покрытий на бетонных образцах позволил сделать следующие выводы: полимерсиликатные составы на основе дисперсии ПВА и жидкого стекла с минеральными добавками устойчивы к большинству агрессивных сред малой концентрации, в том числе к растворам кислот с концентрацией до 2 %; устойчивость материала против воздействия щелочей, солей, продуктов нефтехимии и агрессивных сред, растворенных в речных водах, является вполне достаточной для практических целей.

На основе выполненных исследований разработаны защитнопропиточные составы и покрытия для восстановления каменных и бетонных элементов реконструируемых объектов курорта «Озеро Карачи», противокоррозионной защиты бетонных и железобетонных причальных конструкций, подверженных интенсивному воздействию водных сред и температурных перепадов. Предлагаемые составы, состоящие из нескольких компонентов на основе полимерсиликатных композиций – дисперсии ПВА и жидкого натриевого стекла, обеспечивают заданные параметры пропитки

или защиты на определенную глубину и способствуют повышению эксплуатационной пригодности зданий и сооружений из бетона и каменных материалов.

**Заключение**

Таким образом, проведенные термомеханические исследования и полученные кривые отвержденной полимерсиликатной композиции с различными добавками, позволили подтвердить положительное влияние выбранных компонентов для защиты и восстановления бетона портовых, сельскохозяйственных и других сооружений. Комплекс добавок позволяет существенно поднять термостабильность полимерсиликатной композиции, о чем наглядно свидетельствует расположение термомеханических кривых с точками температурных переходов в текущее состояние в зону повышенных значений, а также получить композиты с более упорядоченной микроструктурой. Это, в свою очередь, может характеризовать выбранные составы как наиболее стойкие и долговечные в условиях воздействия эксплуатационных сред. Данные составы с добавками направленного действия рекомендованы для усиления существующих целых и имеющих начальные следы разрушения бетонных и стеновых материалов и позволяют продлить сроки службы зданий и сооружений, обеспечивают их надежную эксплуатацию и способствуют повышению эффективности капитальных вложений.

## Список литературы

1. Берг Л. Г. Практическое руководство по термографии / Л. Г. Берг, Н. П. Бурмистрова и др. Казань : Казанский университет, 1976. 123с.
2. Бойко М. Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / М. Д. Бойко. Л.-д., Стройиздат, 1986. 256 с.
3. Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. М.: Мир, 1970. 138с.
4. Каргин В. А. Роль структурных явлений в формировании свойств полимеров / В. А. Каргин / Прогресс полимерной химии. М. : Наука, 1969. С. 7-31.
5. Книгина Г. И. Современные физико-химические методы исследования строительных материалов / Г. И. Книгина, О. Н. Тацки, Э. А. Кучерова. Новосибирск, 1981. 82 с.
6. Колокольникова Е. И. Долговечность строительных материалов / Е. И. Колокольникова. М. : Высшая школа, 1975. 159 с.
7. Липатов Ю. С. Межфазные явления в полимерах / Ю. С. Липатов. Киев : Наукова думка, 1980. 260 с.
8. Магдеев У. Х. Монолитные слоистые изделия на основе минеральных и полимерных вяжущих : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / У. Х. Магдеев. М., 1987. 27 с.
9. Малкин А. Я. Методы измерения механических свойств полимеров / А. Я. Малкин, А. А. Аскадский, В. В. Коврига. М. : Химия, 1978. 330 с.
10. Пичугин А. П. Коррозионно-стойкие материалы для полов и ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А. П. Пичугин. Новосибирск, 2000. 386 с.
11. Пичугин А. П. Установление зависимости между прочностью материалов стен, пропитанных полимерными композициями, и удерживающей способностью крепления навесных фасадных систем зданий / А. П. Пичугин, А. Ю. Кудряшов, К. А. Никитенко, А. А. Шаталов // Научный интернет-журнал. 2018. С. 49–56.
12. Пичугин А. П. Влияние наноразмерных добавок на адгезионную прочность защитных полимерных покрытий / А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, В. В. Банул, А. Ю. Кудряшов // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 39–44.
13. Пичугин А. П. Физико-химические исследования процессов коррозионного разрушения бетона причальных сооружений / А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, А. А. Шаталов, К. А. Никитенко // Изв. вузов. Строительство. 2018. № 11. С. 69–77.
14. Пичугин А. П. Защитно-отделочные составы и композиции для ремонтных работ и обеспечения долговечности зданий / А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, О. Е. Смирнова, Е. Г. Пименов, К. А. Никитенко // Изв. вузов. Строительство. 2019. № 9. С. 109–122.
15. Пичугин А. П. Повышение надежности и прогнозирование срока службы бетонных причальных сооружений / А. П. Пичугин, А. А. Шаталов // Изв. вузов. Строительство. 2019. № 6. С. 103–112.
16. Соколова Ю. А. Модифицированные эпоксидные клеи и покрытия в строительстве / Ю. А. Соколова, Е. М. Готлиб. М. : Стройиздат, 1990. 174 с.
17. Тейтельбаум Б. Я. Термомеханический анализ полимеров / Б. Я. Тейтельбаум. М. : Наука, 1979. 236 с.
18. Хозин В. Г. Усиление эпоксидных полимеров / В. Г. Хозин. Казань : Дом печати, 2004. 446 с.
19. Хританков В. Ф. Использование наноразмерных добавок в бетонах и строительных растворах для обеспечения адгезии при ремонтных работах / В. Ф. Хританков, А. П. Пичугин, О. Е. Смирнова, А. А. Шаталов // Наука о Земле. Ижевск : ИГТУ, 2019. С. 131–140.

© А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, А. В. Пчельников, А. А. Шаталов, О. Е. Смирнова

## Ссылка для цитирования:

А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, А. В. Пчельников, А. А. Шаталов, О. Е. Смирнова. Термомеханические исследования защитно-пропиточных композиций с наноразмерными и специальными добавками // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 3 (33). С. 53–58.

УДК 624.154

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ЛОЖНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СПОСОБА ВОЗВЕДЕНИЯ ИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ

*Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов*

*Астраханский государственный архитектурно - строительный университет, г. Астрахань, Россия*

В создании новых объектов интеллектуальной собственности на современном этапе всё более активно применяются приёмы инновационного консалтинга, при котором разработчики выполняют работы по изучению противопоставленных образцов (предшествующих инновационных решений). **Цель.** Апробация включенного эксперимента с ложными ограничениями как метода выработки инновационных решений на конкретном примере разработки способа возведения инъекционных свай. **Методы.** Методами исследования являются метод выявления противоречий инновационного консалтинга и метод включенного эксперимента с ложными ограничениями. **Результат.** Получены три инновационных решения по разработке метода возведения инъекционных свай, против одного в контрольной группе. **Выводы.** Метод включенного эксперимента с ложными ориентирами стимулировал развитие творческой активности у разработчиков новых объектов интеллектуальной собственности и позволил при описании сущности формулы и признаков изобретения достичь нужного технического результата.

**Ключевые слова:** способ возведения инъекционных свай, приемы инновационного консалтинга, метод противоречия, инъекционная труба, обсадная труба, твердеющая смесь.