

На правах рукописи

Коротков Олег Станиславович

**БЕТОНЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ АКРИЛОВЫМ
ЛАТЕКСОМ ДЛЯ РЕМОНТА ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2012

Работа выполнена в Научно-исследовательском, проектно-конструкторском и технологическом институте бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ им. А.А.Гвоздева) - ОАО « НИЦ « Строительство».

Научный руководитель: кандидат технических наук, **Бруссер Марк Израилевич.**

Официальные оппоненты:

– **Рояк Генрих Соломонович**, доктор технических наук, профессор, ОАО ЦНИИС, заведующий лабораторией новых строительных материалов, гидроизоляции и антикоррозионной защиты.

– **Якобсон Максим Яковлевич**, кандидат технических наук, НИИЖБ им. А.А.Гвоздева - ОАО «НИЦ «Строительство», руководитель центра технологии строительства №15.

Ведущая организация: **ЗАО «Институт «Исследование мостов и других инженерных сооружений»**

Защита состоится «11» декабря 2012 года в 14-00 часов на заседании Диссертационного совета Д 303.020.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Открытом акционерном обществе «Научно-исследовательский центр «Строительство» по адресу: 109428, Москва, ул. 2я Институтская, д.6 (корпус 5, конференц-зал НИИЖБ им. А.А. Гвоздева)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОАО «НИЦ «Строительство». Автореферат диссертации размещен на официальном сайте ОАО « НИЦ «Строительство». <http://www.cstroy.ru>

Отзывы на автореферат диссертации в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 109428, Москва, 2-я Институтская, 6, ОАО «НИЦ «Строительство», отдел подготовки кадров Зикееву Л.Н. тел./факс 8 (499) 170-68-18, e-mail: zikeev@cstroy.ru

Автореферат разослан «___» ноября 2012 года

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук

Зикеев Леонид Николаевич

Общая характеристика работы

Актуальность диссертационного исследования обусловлена важностью задач обеспечения безопасного функционирования морских портов в составе транспортного комплекса России. Порты представляют сложный комплекс зданий и сооружений различной конструкции и назначения, среди которых особое место занимают причалы.

Эксплуатируемые в настоящее время причальные сооружения были построены в основном в середине прошлого века, когда к их строительству был подключен весь потенциал СССР. К моменту, когда возникла необходимость ремонтно-восстановительных работ, страна вступила в эпоху экономических и политических реформ, что привело к значительному снижению темпов гидротехнического строительства. Большинство уникальных предприятий строительной индустрии были закрыты, прекратился промышленный выпуск сборных несущих причальных элементов.

Анализ современного состояния морских портовых гидротехнических сооружений (ГТС) свидетельствует о значительном снижении ресурса конструкций, наличии большого числа дефектов и повреждений, о недостаточной эффективности выполняемых ремонтов. Ряд сооружений из-за технического состояния подлежит выводу из эксплуатации, а строительство новых ведется в ограниченном объеме.

Рост экспортно-импортных операций при отсутствии экономической базы для строительства новых портовых комплексов определил необходимость ремонта существующих ГТС. Таким образом, исследование и внедрение передовых способов восстановления эксплуатационных характеристик портовых ГТС является весьма актуальным.

Целью диссертационной работы является разработка эффективной технологии ремонта причальных сооружений на основе бетонов, модифицированных акриловым латексом.

В рамках поставленной цели были решены следующие **задачи**:

- на основании анализа и систематизации причин разрушений железобетонных элементов причалов определены свойства, которыми должен обладать ремонтный материал;
- исследованы свойства бетонов, модифицированных акриловым латексом;
- разработана технология изготовления и укладки модифицированного бетона.

При разработке технологии ремонта особое внимание уделялось использованию уже имеющихся строительных материалов и механизмов.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- на основании исследований физико-механических и строительно-технических свойств бетонов, модифицированных акриловым латексом, выявлены особенности формирования их структуры и свойств;
- установлены ведущие факторы, влияющие на коррозионную стойкость причальных морских сооружений, сформулирована концепция обеспечения их длительной эксплуатации.

Практическая ценность работы.

Применение разработанного модифицированного торкретбетона для создания замкнутого изоляционного контура железобетонных конструктивных элементов, эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивной морской среды, позволило решить проблему эффективного ремонта существующих портовых сооружений.

Материалы диссертации включены в состав проектной документации научно-исследовательских и проектно-изыскательских организаций (ОАО «Новоморниипроект», ГУП «Черноморниипроект», ООО «Морпроект»).

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов подтверждена фактическими данными обследований и испытаний

отремонтированных причальных сооружений, выполненных независимой организацией-контролером ФГУП «Союзморниипроект».

Методы исследования. В процессе проведения исследования использовались:

1) стандартные методы определения свойств материалов для бетонов и бетонов, в том числе: по цементам (ГОСТ 310.1÷310.4; ГОСТ 30744; ГОСТ 5382); по добавкам (ГОСТ 30459); на заполнители (ГОСТ 8269.0÷8269.1; ГОСТ 8735); для бетонов (ГОСТ 10180; ГОСТ 17624; ГОСТ 28570; ГОСТ 10060.0÷10060.3; ГОСТ 12730.0÷12730.5; ГОСТ 22690; ГОСТ 28574);

2) нестандартные авторские методики: определение адгезии модифицированного бетона с основанием; колориметрический метод определения проницаемости модифицированного бетона ионами хлора; методы определения фактического состава уложенного торкретбетона.

В качестве **информационной базы** исследования использовались труды отечественных и зарубежных ученых, специализирующихся в области материаловедения, а также законодательные и нормативные документы РФ. Выполнение исследований базировалось на таких материалах, как отчетные и статистические данные ФГУП «Союзморниипроект», отчетные документы, организаций, аккредитованных в системе Минтранса России как организации-контролеры и занимающихся освидетельствованием технического состояния ГТС.

Апробация. Основные положения и результаты исследований доложены на научно-технических конференциях и совещаниях, в том числе: V совещание специалистов морского транспорта по проблемам технической эксплуатации портовых гидротехнических сооружений (г. Москва, 2002 г.); межрегиональная конференция творческой молодежи «Новые идеи развития бетона и железобетонных конструкций» (г. Москва, 2002 г.); V Международная научно-практическая конференция «Инновационные

технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения» (г. Ялта, 2006 г.).

Внедрение. Результаты работы использовались при восстановлении эксплуатационных характеристик 32 причалов, в том числе: ОАО «Новороссийский морской торговый порт», ОАО «Новорослесэкспорт», ОАО «Новороссийский судоремонтный завод», ООО «Директория – новый торговый порт». Общая площадь ремонта с использованием разработанного покрытия составляет около 45 тыс. м².

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из списка терминов, определений и принятых сокращений, введения, шести глав, заключения, библиографического списка использованных источников, включающего 133 наименования. Общий объем работы составляет 159 стр., в том числе основной текст 126 стр. и приложения 23 стр. В работе имеются 53 таблицы, 77 рисунков, из них 45 графиков.

На защиту выносятся следующие положения:

- обоснование необходимости создания изоляционного контура по внешним граням железобетонных элементов причальных сооружений. Конструктивно изоляционный контур включает два слоя, каждый из которых выполняет определенную функцию;
- в качестве материалов для слоев изоляционного контура следует использовать цементно-песчаные композиции, модифицированные акриловым латексом;
- торкретирование ремонтируемых конструкций цементно-песчаными составами, модифицированными акриловыми латексами, позволяет создать на поверхности конструкции покрытие, стойкое к агрессивным воздействиям среды.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении излагаются актуальность темы, цели и задачи исследования, научное и практическое значение диссертационной работы, ее апробация в кругах научной общественности.

В первой главе «Современное состояние вопроса» рассматриваются способы ремонта портовых гидротехнических сооружений (ГТС), анализируются применяемые материалы, добавки и модификаторы. Приводится обзор исследований свойств бетонов, модифицированных дисперсиями полимеров (БМДП), выполненных отечественными и зарубежными учеными и специалистами.

Большой вклад в исследование модифицированных бетонов и технологии торкретирования внесли отечественные ученые Баев С.М., Баженов Ю.М., Батраков В.Г., Глекель Ф.Л., Колокольникова Е.И,

Кунцевич О.В., Попова О.С., Патуроев В.В., Розенталь Н.К., Саталкин А.В., Солнцева В.А., Соломатов В.И., Стольников В.В., Хаютин Ю.Г., Черкинский Ю.С., Чернявский В.Л., зарубежные ученые Kuhlmann, L.A., Knab, L.I., Lavelle, J.A., Ohama, Y. и другие.

Показаны преимущества использования полимерной дисперсии в качестве модификатора бетона. Рассмотрены физико-механические, реологические и технологические свойства БМДП. Дан сравнительный анализ наиболее применяемых в строительстве водных дисперсий, на основании которого установлено, что акриловые латексы являются наиболее перспективными для ремонта портовых ГТС.

Рассмотрение современных способов ремонта ГТС в совокупности с анализом исследований в области БМДП, выполненных отечественными и зарубежными учеными и специалистами, позволили сформулировать задачи диссертационного исследования.

Вторая глава «Материалы и методики исследования» содержит характеристики исходных материалов, ссылки на стандартные методики

экспериментальных исследований, использованных в работе. Нестандартные авторские методики изложены в соответствующих разделах работы.

В третьей главе «Обоснование необходимости создания замкнутого изоляционного контура и определение его параметров» рассматриваются вопросы необходимости создания контура, под которым понимается элемент, созданный на поверхности причального сооружения и объединяющий конструктивные элементы в единую систему, обеспечивающую защиту от агрессивного воздействия внешней среды. Проводится многофакторный анализ технического состояния причалов.

Выявлено, что физический износ сооружений и срок их эксплуатации не имеют тесной корреляции. Скорость разрушения однотипных причалов, расположенных в непосредственной близости друг от друга, может отличаться более чем в два раза.

Анализ таблицы 1 показал, что по содержанию сульфатов и магниевых солей морская вода акватории новороссийского порта (Цемесская бухта) является не агрессивной для железобетонных элементов причалов. Основной причиной разрушения являются хлориды, вызывающие коррозию арматуры.

Таблица 1 – Качественный состав морской воды

Место отбора пробы	Содержание ионов, $\frac{\text{мг/л}}{\text{мг-экв/л}}$						Суммарное содержание солей, мг/л	Водородный показатель Рн
	Na ⁺ + K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻		
Цемесская бухта	$\frac{4906,0}{213,3}$	$\frac{200,4}{10,0}$	$\frac{492,4}{40,5}$	$\frac{679,9}{14,1}$	$\frac{8375,0}{236,5}$	$\frac{825,5}{13,5}$	15400	7,8
Чёрное Море	$\frac{5617,0}{244,2}$	$\frac{225,0}{11,25}$	$\frac{674,0}{56,2}$	$\frac{1367,0}{28,5}$	$\frac{9560,0}{269,3}$	$\frac{181,0}{3,0}$	17500	7,5

Показано, что скорость разрушения элементов зависит от силы волнового воздействия, которое ускоряют процесс насыщения бетона

хлоридами. Исследование технического состояния 25 причалов различной конструкции показало, что их пространственная ориентация и местоположение в Цемесской бухте определяют интенсивность физического износа элементов. Преобладающим дефектом является коррозия арматуры и, как следствие, отторжение бетона.

Систематизировав повреждения и изучив причины их возникновения, нам удалось выявить закономерности распространения коррозионных процессов по поверхности сооружения. Построенные зависимости показали, что при площади разрушений 10% ÷ 15% площади поверхности элемента скорость деструкции увеличивается в десятки раз, о чем свидетельствует рисунок 1.

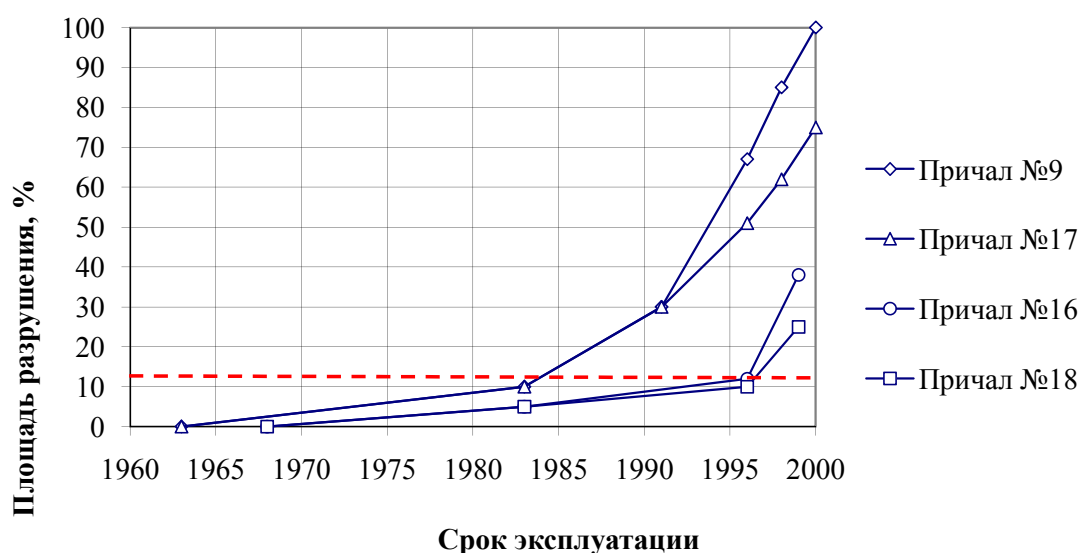


Рисунок 1 – Скорость развития деструктивных процессов на поверхности однотипных причалов

Показано, что система планово-предупредительных ремонтов с использованием модифицированных бетонов позволит увеличить срок службы отремонтированного элемента. Крайней границей области

межремонтной эксплуатации является 10% ÷ 15% разрушенной поверхности от общей площади конструкции, подверженной агрессивному воздействию.

Послойный химический анализ кернов, отобранных из причалов 1968 года постройки, показал, что концентрация хлоридов на глубине залегания рабочей арматуры превышает допустимое значение более чем в два раза.

Исследовав характер волнового воздействия на причалы, расположенные в различных частях Цемесской бухты, мы определили, что воздействию морской воды подвергается более 85% поверхности несущих элементов причалов. Степень воздействия различна, во время шторма нижняя поверхность плит воспринимает волновое давление, достигающее

5 МПа, в то время как верхняя поверхность только омывается морской водой.

Наличие в причалах эстакадной конструкции более 250 конструктивных элементов, каждый из которых имеет свою толщину защитного слоя и подвержен влиянию агрессивных факторов в разной степени, делает необходимым объединения их универсальной защитной системой в единое целое. Такой системой должен стать изоляционный контур, учитывающий эксплуатационные нагрузки каждого элемента, но защищающий сооружение в целом.

Анализ технического состояния разнотипных причалов и агрессивных воздействий позволил нам определить механизм коррозионного разрушения железобетонных элементов и сформулировать требования к изоляционному контуру.

При определении характеристик материала изоляционного контура нами использовался комплексный подход, учитывающий состояние ремонтируемых конструкций, технологические особенности нанесения защитного покрытия, физико-механические свойства материала, условия эксплуатации конструкции.

В четвертой главе «Исследование влияния акрилового латекса на свойства бетона» излагаются результаты экспериментальных исследований, обосновывающие применение акрилового латекса (далее – латекса) для модификации торкретбетона.

В работе изучалось влияние латекса на физико-механические и технологические свойства бетонных смесей нормируемой удобоукладываемости.

Ранее было установлено, что для обеспечения долгосрочной эксплуатации элемента ремонтный материал должен обладать защитными свойствами относительно агрессивного воздействия морской воды, обладать высокой адгезией, прочностью на сжатие и растяжение.

Исследования показали, что при сохранении подвижности бетонной смеси введение латекса приводит к снижению водопотребности, при этом прочность бетона на сжатие остается на уровне контрольного состава. Результаты экспериментов представлены на рисунке 2 и на рисунке 3.

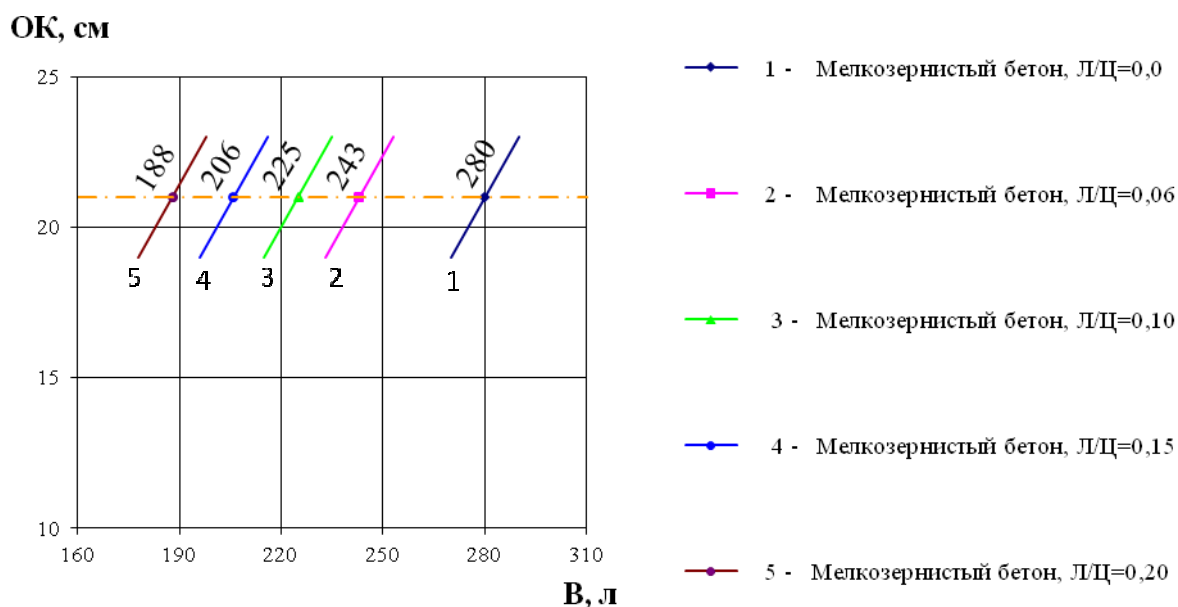


Рисунок 2 – Изменение видозависимости $OK=f(V)$ от Л/Ц при Ц/П=1:2 и $OK=const$.

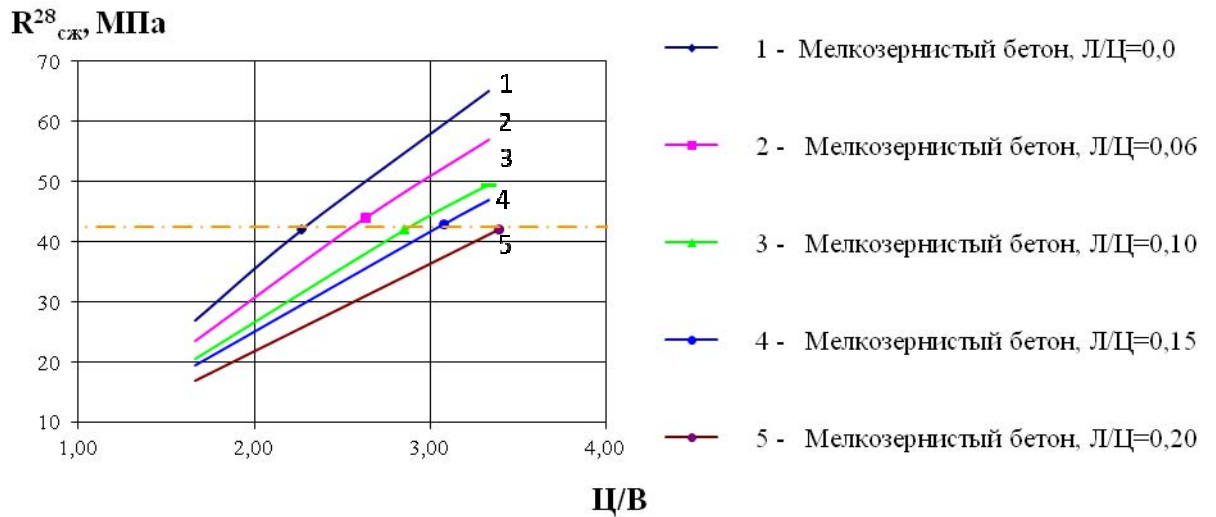


Рисунок 3 – Изменение видозависимости $R_{сжк}^{28} = f(C/V)$ от Л/Ц при $C/P=1:2$ для бетона класса В30 при $OK=const$.

На рисунке 4 показано, что при модификации бетонов введением латекса оптимальное В/Ц для равноподвижных составов с $C/P \leq 1:2$ находится в интервале $0,3 \div 0,45$.

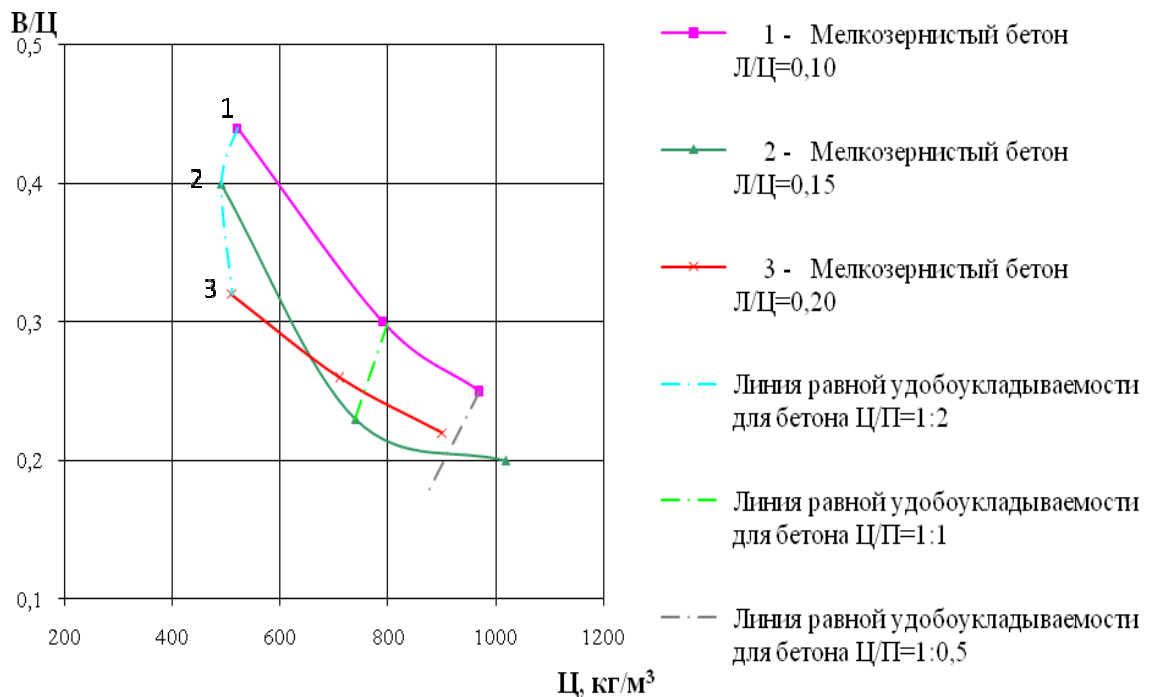


Рисунок 4 – Влияние расхода цемента на свойства бетонов, модифицированных акриловым латексом.

Установлено, что максимальным эффективным соотношением цемента к песку для модифицированных бетонов является Ц/П=1:2. Дальнейшее увеличение Ц/П значительно снижает эффект введения латекса.

Установлено, что увеличение Л/Ц при заданных условиях ведет к росту прочности на растяжение при изгибе ($R_{изг}^{28}$). Анализ графика функции $\alpha=f(L/C)$, рассчитанной по выражению (2), показал, что с увеличением содержания латекса в бетоне его прочность на растяжение монотонно возрастает по линейной зависимости.

$$\alpha = \frac{\frac{R_{сж}^{28}}{R_{изг}^{28}} H}{\frac{R_{сж}^{28}}{R_{изг}^{28}} M} \quad (2),$$

где $\frac{R_{сж}^{28}}{R_{изг}^{28}} H$ – отношение предела прочности на сжатие к пределу прочности на растяжение при изгибе бетона контрольного состава;

$\frac{R_{сж}^{28}}{R_{изг}^{28}} M$ – отношение предела прочности на сжатие к пределу прочности на растяжение при изгибе модифицированного бетона.

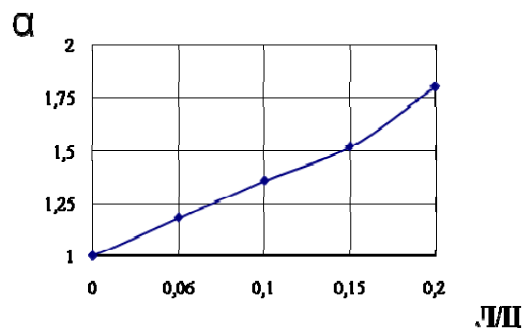


Рисунок 5 – График функции $\alpha=f(L/C)$.

Отмечено, что при модификации бетонов акриловым латексом адгезия возрастает, но только до того момента, когда концентрация латекса не превышает 15% от массы цемента, таким образом, технически и экономически целесообразно ограничить количество вводимого латекса 15%. Результаты экспериментов представлены на рисунке 6.

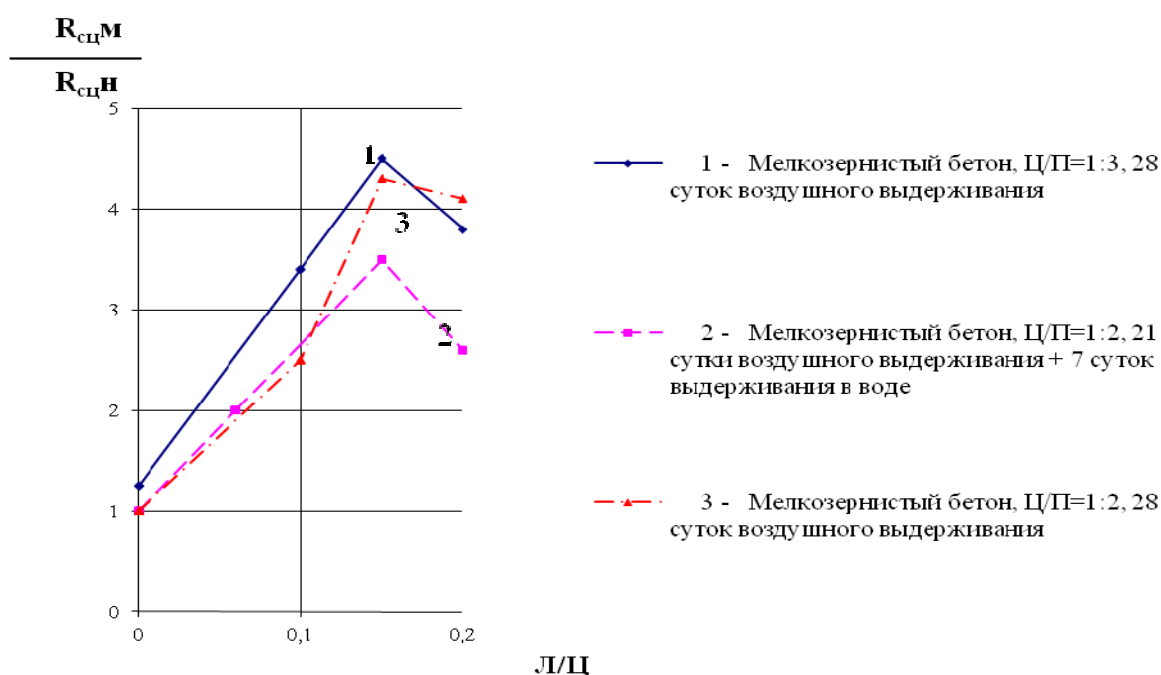


Рисунок 6 – Изменение прочности сцепления модифицированного бетона с бетонным основанием при увеличении концентрации латекса

Анализ, приведенный в третьей главе, показал, что для реализации своих защитных функций по отношению к стальной арматуре, введение латекса приводит к снижению диффузионной проницаемости по отношению к хлоридам, уменьшению водопоглощения и капиллярного подсоса воды.

Колориметрическим методом установлено, что введение латекса снижает глубину проникновения хлоридов в четыре раза. Коэффициент диффузии рассчитывали по выражению (3).

$$C_{(x,t)} = C_o \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D_c t}} \right) \quad (3),$$

где $C_{(x,t)}$ – концентрация хлоридов у поверхности стальной арматуры на глубине x за время воздействия t ;

C_o – концентрация хлоридов в наружном слое;

erf – функция ошибок (интеграл вероятности);

x – глубина проникновения хлоридов, см;

D_c – коэффициент диффузии см²/год;

t – время воздействия агрессивной среды, год.

Распределение хлоридов по глубине конструкции после воздействия морской воды было определено методом послойного химического анализа образцов. Рисунок 7 показывает, что в модифицированном бетоне безопасная для стальной арматуры концентрация хлоридов находится на глубине 33 мм, при этом концентрация хлоридов более чем в три раза меньше, чем в контрольных образцах на аналогичной глубине.

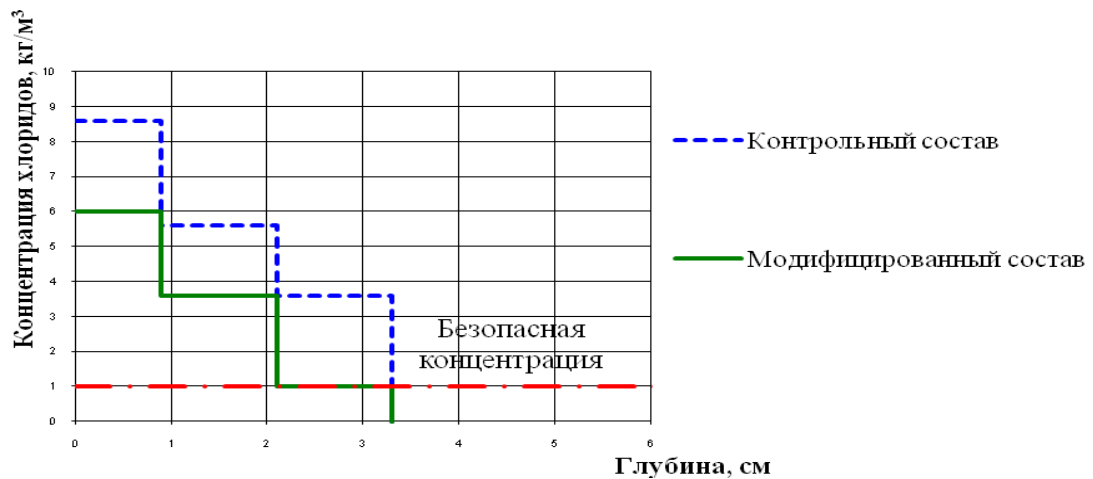


Рисунок 7 – Распределение хлоридов по глубине образцов.

Используя выражение (3), был выполнен расчет времени, при котором концентрация хлоридов у поверхности арматуры достигнет критического значения. Показано, что при толщине защитного слоя бетона 50 мм введение

латекса позволит более чем в два раза увеличить время до начала коррозионных процессов на поверхности стальной арматуры.

Исследование диффузионной проницаемости методом измерения электрического сопротивления бетона и его жидкой фазы показало, что введение латекса в бетоны дает многократное снижение сквозной пористости. Отмечено, что характер изменения проницаемости во времени модифицированных бетонов отличается от обычных бетонов. Анализ графика функции $D_c = f(t/C)$ показал, что с увеличением количества латекса проницаемость монотонно падает по линейной зависимости. На рисунке 8 показано, что в составах с равным Ц/П увеличение количества латекса приводит к снижению D_c .

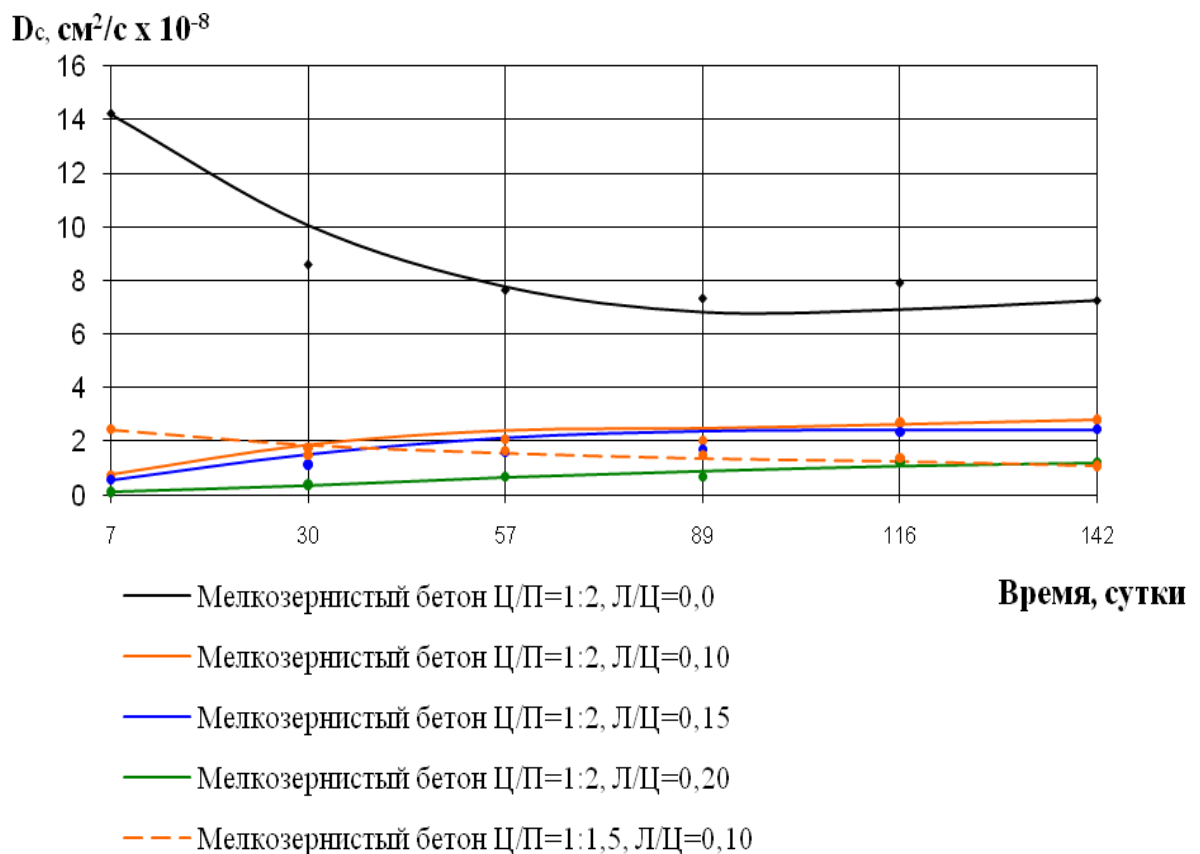


Рисунок 8 – Изменение диффузионной проницаемости во времени.

Из рисунка 8 видно, что увеличение концентрации латекса с 10% до 15% от массы цемента дает незначительное снижение D_c , при этом отмечено, что увеличение отношения Ц/П ведет к снижению D_c более чем в два раза.

Исследования показали, что латекс позволяет значительно снизить водопоглощение бетона. Из рисунка 9 видно, что введение в бетон латекса в количестве 6% от массы цемента дает снижение водопоглощения и капиллярного подсоса в 2 ÷ 3 раза.

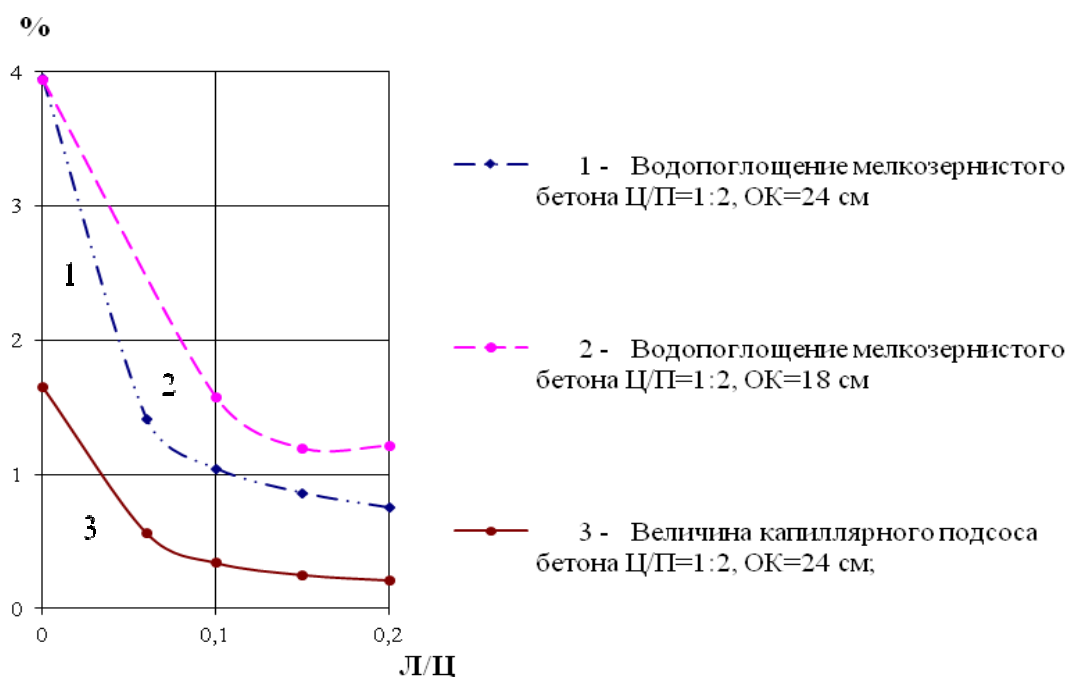


Рисунок 9 – Влияние акрилового латекса на водопоглощение и капиллярный подсос воды модифицированных бетонов.

Определена нижняя граница концентрации акрилового латекса по показателям водопоглощения и капиллярного подсоса, позволяющая характеризовать бетон как модифицированный. Для составов в интервале Ц/П от 1:2 до 1:3 минимальным количеством латекса является 6% массы цемента.

Полученные зависимости и закономерности позволили разработать ремонтные составы бетона и технологию ремонта нижних и боковых

поверхностей железобетонных элементов причалов. Технология предусматривает нанесение на ремонтируемую поверхность двухслойного покрытия. Первый слой предназначен для восстановления защитного слоя бетона, заполнения глубоких каверн и сколов. Второй слой предназначен для защиты от агрессивного воздействия морской воды и снижения капиллярного подсоса. Содержание акрилового латекса в первом слое составляет 6% от массы цемента, во втором – 10%.

В пятой главе «Исследование технологии торкретбетона с использованием акрилового латекса в качестве модификатора» излагаются результаты исследования технологии торкретирования конструкций модифицированными бетонами.

Отскок, возникающий при торкретировании, определяет изменение состава бетонной смеси и ее свойства. Для оценки свойств модифицированного торкретбетона была разработана методика определения фактического состава, уложенного на конструкцию.

Исследованиями установлено, что использование латекса в технологии торкретирования позволяет работать со смесями, В/Ц которых ниже нормальной плотности цементного теста (НГЦТ) при марке по удобоукладываемости П1 с ОК = 1,0 ÷ 1,5 см.

Фактический состав торкретбетона в деле имеет отношение цемента к заполнителю (Ц/З) от 1:1,8 до 1:2 при В/Ц от 0,20 до 0,35. Установлено, что введение латекса приводит к снижению относительной величины отскока с 30% до 18%. При этом торкретбетон с латексом допускает бóльшие колебания исходного состава при Ц/З от 1:3 от 1:4 и В/Ц от 0,33 до 0,37, обеспечивая технологическую стабильность и высокие прочностные характеристики ремонтного слоя бетона.

Технология торкретирования бетонными смесями значительно увеличивает плотность бетона. Исследования показали, что при

торкретировании объем вовлеченного воздуха снижается по сравнению с модифицированным бетоном, уложенным без использования торкретирования, в 2 ÷ 3 раза.

Оценка качества разработанного состава торкретбетона с Л/Ц = 0,06 показала, что при плотности бетона 2200 кг/м³ прочность на сжатие составляет более 40 МПа, что при установленном коэффициенте вариации 13,0 соответствует классу В30.

Применение технологии торкретирования модифицированными составами позволяет получить ремонтное покрытие с маркой по водонепроницаемости W16 и более.

Введение латекса в количестве 6% от массы цемента дает гарантированную марку по морозостойкости F300, а применение технологии торкретирования позволяет повысить марку по морозостойкости до F500.

Разработанная технология позволяет получить высокую адгезию, при этом установлено, что зона контакта латексного бетона с основанием обладает высокой морозостойкостью.

Исследования поровой структуры представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характер изменения поровой структуры бетона, модифицированного акриловым латексом, при различных способах уплотнения

Содержание латекса в бетоне, %	Способ уплотнения	Показатели пористости по ГОСТ 12730.4-78, %					
		П _н	П _о	П _{мз}	П _з	П _{мк}	W _с
0	лабораторный вибростол	12,7	7,1	0,7	4,8	0,9	5,7
6	лабораторный вибростол	6,4	3,8	0,4	2,1	1,3	5,7
6	торкрет-пушка	7,7	2,4	1,3	3,7	1,1	3,8

Расчет параметров пористости дал следующие результаты: $\bar{\lambda}_1 = 0,75$; $\alpha = 0,4$; $\lambda = 0,45$. Поровая структура модифицированного торкретбетона характеризуется как плотная, микропористая со средней однородностью пор по размерам.

Проведенные многоэтапные исследования позволили установить, что технология торкретирования модифицированными бетонами позволяет восстанавливать эксплуатационные характеристики элементов, увеличивая срок службы причала.

Шестая глава «Экономическое обоснование применения акрилового латекса в качестве модификатора торкретбетона и опыт внедрения» посвящена данным о внедрении результатов исследования и обоснованию технико-экономической эффективности технологии торкретирования конструкций модифицированными бетонами.

Использование модификаторов при проведении ремонтных работ приводит к увеличению их стоимости. В главе показана экономическая выгода в долгосрочной перспективе.

Данные третьей, четвертой и пятой глав позволили сформулировать основные технико-экономические преимущества разработанной технологии, среди которых необходимо выделить:

- снижение проницаемости ведет к увеличению периода межремонтной эксплуатации сооружения минимум в три раза;
- реологические свойства бетонной смеси позволяют упростить технологический процесс, что снижает трудозатраты и стоимость эксплуатации машин и механизмов;
- физико-механические свойства модифицированных бетонов сокращают время выполнения ремонтных работ, что увеличивает рентабельность производственного процесса.

Оценка экономического эффекта от внедрения технологии ремонта выполнена путем приведения разновременных затрат к началу анализируемого периода по выражению (4).

$$F_{l+n} = \frac{F_n}{d_t} \quad (4),$$

где F_l – затраты на проведение ремонтных работ в начале расчетного периода;

F_{l+n} – затраты на проведение ремонтных работ через n лет эксплуатации;

d_t – коэффициент, учитывающий фактор времени при приведении разновременных затрат к началу расчетного периода, который рассчитывается по выражению (5).

$$d_t = (1 + E_n)^t \quad (5),$$

где E_n – норматив приведения, равный для строительной отрасли 0,08;

t – число лет, отделяющее затраты будущих периодов от расчетного.

Сравнение приведенных разновременных затрат показало, что в долгосрочной перспективе экономическая выгода составляет 125%.

Разработанная технология ремонта позволила восстановить эксплуатационные характеристики 32 причальных и оградительных сооружений.

Проводимые в течение восьми лет ежегодные обследования сооружений организациями, аккредитованными в системе Минтранса как организации-контролеры, подтверждают, что внедренная технология позволила увеличить межремонтный период минимум в три раза.

За восьмилетний период по данной технологии было отремонтировано более 45 тыс. м² поверхности причальных сооружений.

Основные выводы

1. Установлены основные причины разрушений железобетонных элементов причальных сооружений. К ним следует отнести: коррозию металлической арматуры, деструкцию бетона под воздействием динамических знакопеременных нагрузок силового и температурного характера.

2. Выявлена необходимость поиска универсальных решений при проведении ремонтно-восстановительных работ для различных элементов причальных сооружений.

3. Выявлена необходимость создания контура вокруг железобетонных элементов. Установлены физико-механические характеристики контура, включая водонепроницаемость, морозостойкость, сопротивление растяжению при изгибе и сжатии, сцеплению с основанием.

4. Разработана технология нанесения покрытий на потолочные и вертикальные плоскости на основе цементного мелкозернистого бетона, модифицированного акриловым латексом.

5. Разработаны базовые составы с соотношением составляющих Ц : П₁ : П₂ : Л : В = 1 : (2 ÷ 3) : (0,8 ÷ 1,2) : (0,06 ÷ 0,10) : (0,20 ÷ 0,45). Составы характеризуются следующими физико-механическими показателями: водопоглощение $W_m \leq 1,45\%$; водонепроницаемость $W \geq W_{16}$; истираемость $I \leq 0,27$ г/см²; растяжение при изгибе $R_{изг} \geq 10$ МПа; прочность при сжатии $R_{сж} \geq 40$ МПа.

6. Разработана методика контроля качества торкретбетона, модифицированного акриловым латексом. Методика включает весь комплекс от определения начального состава торкретбетона до получения характеристик прочностных и защитных свойств покрытия.

7. Разработанная технология была применена при ремонте причальных сооружений в портах Азово-Черноморского бассейна. Объем внедрения составил 45 тыс. м².

8. Разработанные решения легли в основу регламентов по ремонту и восстановлению причальных сооружений Азово-Черноморского бассейна, разработанных ОАО «Новоморниипроект», ГУП «Черноморниипроект», ООО «Морпроект».

Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях:

1. Бруссер М.И., Чернявский В.Л., Коротков О.С. Новые материалы для ремонта причальных сооружений. – Материалы на Конференции творческой молодежи «Новые идеи развития бетона и железобетонных конструкций». – Москва, 2002. НИИЖБ.

2. Коротков О.С. Новые материалы и технологии для ремонтов причальных сооружений. – Материалы на Пятом совещании специалистов морского транспорта по проблемам технической эксплуатации портовых гидротехнических сооружений. – Москва, 2002. ФГУП «Союзморниипроект».

3. Коротков О.С. Исследование проницаемости применяемых в портовом строительстве бетонов, модифицированных акриловым латексом. // «Транспортное строительство», №3, 2008.

4. Мороз Л.Р., Хазанов М.Л., Симарев В.И., Усенко Б.А., Коротков О.С. Испытания гидротехнических сооружений: цели и технология. // «Транспортное строительство», №10, 2007.

5. Веселовский Д.Р., Савицкий Н.В., Ляшенко Б.А., Веселовский Р.А., Коротков О.С. – Исследование прочности системы металлическая подложка — армированное полимерное покрытие при изгибе и растяжении. // «Транспортное строительство», №12, 2006.