

# Ремонт железобетонных конструкций гидротехнических сооружений

Гуренко А.Н.  
ООО ИПЦ «ИнтерАква», г. Москва, Россия

---

*Изложены основные предпосылки, повлиявшие на выбор технического решения и материалов для ремонта железобетонных конструкций причальных сооружений Новороссийского морского порта. Рассмотрены некоторые вопросы технологии производства работ, обобщены результаты мониторинга восстановленных сооружений.*

Оценка реального состояния эксплуатирующихся в условиях морского порта сооружений из неармированного или слабоармированного монолитного бетона показывает, что основная масса дефектов связана с циклами замораживания - оттаивания, увлажнения-высыхания, выветриванием, а также и карбонизацией бетона. Обычно глубина поврежденной зоны редко превышает десять сантиметров. В большинстве случаев для обеспечения качественного ремонта поверхности достаточно использовать составы, имеющие сцепление с основанием более  $1 \text{ кг/см}^2$  и прочность не менее, чем ремонтируемой конструкции.

Принципиально иной является картина повреждений железобетонных конструкций. На начальном этапе эксплуатации армирование бетона положительно сказывается на состоянии конструкций. Причинами этого, на наш взгляд, является более высокая трещиностойкость армированной конструкции, меньшее количество трещин на поверхности, а также, как правило, более высокое содержание цемента в бетонной смеси. До определенного момента на поверхности бетона нет заметных повреждений. Однако уже на этом этапе идут процессы коррозии арматурной стали. Образующийся на поверхности арматуры гидроксид железа ( $4\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) занимает гораздо больший объем, по некоторым данным в 6-8 раз, чем входящие в его состав компоненты, и вызывает значительные локальные

растягивающие напряжения в бетоне. Появление пластовой коррозии является своего рода спусковым механизмом, вызывающим отстрел защитного слоя бетона, после чего коррозионные процессы выходят на новый виток. Оголенная арматура лишается защиты в виде щелочной среды, которую предоставляет бетон, и скорость деградации конструкции заметно нарастает, значительно опережая таковую для монолитного бетона. По наблюдениям специалистов, характер повреждений меняется в зависимости от толщины защитного слоя. При малой толщине защитного слоя его отстрел начинается раньше, но при этом сама площадь первоначальных повреждений несколько меньше.

Таким образом, в отличие от неармированных бетонных конструкций для железобетонных конструкций важнейшими факторами являются снижение скорости коррозии арматуры, ее защита и пассивация.

Причалные сооружения Новороссийского морского порта были построены в разные периоды, но к концу 90-х гг. многие из них требовали ремонта. Проведенные в 95-98 гг. специалистами «СоюзморНИИПроекта» обследования показали, что основными дефектами конструкций являются:

- коррозия бетона, находящегося на поверхности;
- отслоение защитного слоя бетона в армированных конструкциях;
- вымывание водорасворимых солей из бетона (разрыхление);
- пластовая коррозия арматуры на участках с отстреленным защитным слоем;

На момент проведения обследования многие сооружения неоднократно ремонтировались, однако применявшиеся методы ремонта оказались не эффективными, т.к. были направлены только на восстановление защитного слоя бетона и практически не затрагивали процессы коррозии арматурной стали. Традиционным способом ремонта причальных сооружений было удаление отслоившегося бетона и нанесение на поверхность конструкций цементных смесей методом набрызга (торкретированием) или вручную. Как показала практика, уже через год-два участки, на которых ремонтные покрытия отслоились, достигали 80-85% от площади первоначальных повреждений, размеры дефектных зон увеличивались, а обнаженная арматура имела пластовую коррозию. Применение эпоксидных покрытий на отдельных участках также не привело к удовлетворительному результату.

В 1997-1998 гг. специалистам ООО «ИнтерАква» было предложено подобрать материалы, разработать и внедрить в практику технологию

ремонта железобетонных конструкций с гарантированным сроком эксплуатации не менее 5 лет. Учитывая результаты обследований, а также опыт ремонтных работ подобных сооружений в Канаде и США, большое внимание было уделено не только устранению существующих дефектов, и восстановлению защитного слоя, но и обеспечению условий, позволяющих резко снизить темпы коррозии существующей арматуры. На этом этапе были сформулированы основные требования к ремонтным покрытиям, реализация которых обеспечивала бы необходимую долговечность:

- обеспечение высокой адгезии ремонтного слоя к основанию;
- обеспечение паропроницаемости готового покрытия;
- высокая водонепроницаемость и морозостойкость ремонтных слоев;
- тщательное удаление продуктов коррозии арматуры;
- пассивация вскрытой арматуры и арматуры в бетоне;
- повышение химической стойкости финишного слоя.

Для решения поставленной задачи разработка технологии велась по нескольким направлениям. Одно из них - модификация свойств ремонтной смеси для повышения адгезии, изгибной прочности и снижения водоцементного отношения, поскольку именно эти показатели непосредственно влияют на долговечность покрытия. В качестве модифицирующей добавки в ремонтные составы использовался водный раствор латексной эмульсии J-40. Результаты лабораторных испытаний показали, что добавка акрилового латекса в количестве от 5 до 20% позволяет значительно улучшить сцепление, снизить водопоглощение и обеспечить необходимую удобоукладываемость смеси, а также сохранить водоцементное отношение ниже значения 0,45. Механизация процесса нанесения защитного слоя, в данном случае использовался метод сухого набрызга смеси, позволила повысить плотность, прочность и адгезию наносимых покрытий, особенно при использовании составов с содержанием щебня фракции 5-10 мм.

Учитывая значительный объем предстоящих ремонтных работ, на начальном этапе было принято решение использовать готовые сухие ремонтные смеси заводского изготовления только для локального ремонта на отдельных участках. Для формирования основных покрытий и восстановления защитного слоя использовались местные компоненты - цемент, песок, а в дальнейшем и щебень. Параллельно с начавшимися ремонтными работами в 1999-2000 гг. под руководством Глазнова Е.М. и Матюхиной А.И. была проведена большая работа по

подбору ремонтных составов и проведению лабораторных испытаний. Это позволило разработать составы, предназначенные для решения различных задач, учесть способ их нанесения и возможность оперативного изменения рецептуры на стройплощадке. Разработан технологический регламент и рецептуры составов, физико-механические свойства которых приведены в таблице.

Таблица. Физико-механические характеристики составов для формирования ремонтных слоев

Наименование материала	Прочность, МПа		Марка по морозостойкости $F$	Марка по водонепроницаемости $W$
	при сжатии	при изгибе		
Основной ремонтный слой на крупном песке	$\geq 25,0$	$\geq 6,0$	$\geq 200$	$\geq 8$
Основной ремонтный слой на гранитном щебне	$\geq 35,0$	$\geq 7,5$	$\geq 200$	$\geq 8$

Проведенные исследования позволили определить оптимальное количество латексной добавки в бетон, которое составило 7-10% в пересчете на сухое вещество. Кроме этого была подтверждена возможность применения местных материалов для приготовления ремонтных смесей, что позволило значительно снизить стоимость.

В результате плановых осмотров, проводимых параллельно с ремонтными работами, на отремонтированных причалах были выявлены отдельные, имеющие незначительные дефекты, участки. Опытным путем было установлено, что общим для них признаком была малая толщина готового покрытия - менее 5 мм. В дальнейшем эта особенность была учтена, и минимальная толщина наносимых ремонтных слоев составляла не менее 8 мм.

Не менее важным было решение задачи об обеспечении пассивации вскрытой и оставшейся в бетоне арматуры для снижения или остановки процессов коррозии стали. Для этого были использованы современные ингибиторы коррозии фирмы *CORTEC*, отличительной особенностью которых является их способность, проникая через поры в бетоне, осажаться на поверхности металла, блокируя деструктивные процессы. При ремонте причалов применялись различные виды ингибиторов:

- *MCI-2020* - для защиты арматуры на участках, где арматура не вскрывалась, и наносился на поверхность бетона перед устройством первого ремонтного слоя;

- на участках, где арматура оказалась вскрытой, в ремонтную смесь в качестве добавки вводили ингибитор коррозии *MCI-2000*.

Примененные материалы на практике показали свою высокую эффективность, вскрытая на опытных участках арматура спустя три года не имела следов развития коррозии.

Снижение проницаемости ремонтных слоев для ионов хлора, воды и уплотнения микротрещин, неизбежно образующихся в покрытии при твердении цемента, было достигнуто применением ряда технологических мер и использованием специальных материалов. Все ремонтные составы содержали добавку полимерной фибры и ограничивались по водоцементному отношению. Ремонтные покрытия наносились не менее, чем за два слоя с выдержкой между ними, достаточной для окончания процесса образования усадочных трещин. В качестве дополнительной защиты финишного слоя готовую поверхность бетона обрабатывали акриловой дисперсией глубокого проникновения. Такая обработка позволила снизить водопоглощение, а также значительно повысить морозостойкость покрытия.

Начатые в 1998 г. работы на первом опытном участке сразу же выявили несколько технологических проблем. Первоначально для очистки арматуры применялась ручная (металлическими щетками), пескоструйная или гидропескоструйная очистка поверхности. Однако, использование пескоструйной обработки не позволяло добиться качественной очистки арматуры, особенно, в «теневогой зоне». Кроме того, на очищенной арматуре уже через 1,5-2 часа появлялись налеты ржавчины. Таким образом, первый слой на подготовленную поверхность необходимо было укладываться не позднее 1,5 часов после окончания очистки, что накладывало массу трудностей в организации работ. Именно поэтому, в дальнейшем для очистки арматуры был использован специальный грунт - преобразователь ржавчины. Нанесенный на очищенную от пластовой коррозии арматуру грунт - преобразователь ржавчины, вступая в реакцию с оксидам железа, образует на поверхности металла защитную полимерную пленку. Обработка арматуры в теневой зоне также не вызвала трудностей. Дополнительным преимуществом является возможность его нанесения при незначительных отрицательных температурах. В результате, стало возможным выполнение подготовительных работ (разделка и очистка бетона, удаление пластовой коррозии с арматуры) в зимнее время, что позволило значительно сократить общие сроки выполнения работ.

Технология ремонта железобетонных конструкций представляет собой многослойную систему, состоящую из подготовленного и обработанного ингибитором коррозии основания, основного ремонтного слоя толщиной от 10 до 50 мм, верхнего полимерцементного покрытия (с более высоким содержанием латекса) толщиной 3-7 мм, а также финишного акрилового покрытия (пропитки). Состав ремонтных работ предусматривает:

- удаление поврежденного бетона и очистку арматуры от пластовой коррозии;
- остановку или снижение скорости коррозии арматуры и закладных деталей с помощью обработки бетонной поверхности и оголенной арматуры ингибиторами коррозии стали;
- полное или частичное восстановление геометрии конструкции путем нанесения на ее поверхность полимерцементных ремонтных материалов толщиной не менее 10 мм;
- повышение морозостойкости и защита конструкций от агрессивного воздействия морской воды с помощью пропитки поверхности специальной акриловой дисперсией;

В период с 1998 по 2000 гг. силами подрядной организации при непосредственном участии специалистов ООО «ИнтерАква» было отремонтировано более 22 тыс. м<sup>2</sup> причальных сооружений, значительная часть которых представляла собой потолочные поверхности. Проводимый параллельно с работами и далее мониторинг восстановленных причалов позволил убедиться в эффективности примененной технологии ремонта и в правильности принятых решений.

### **Выводы**

1. Данная технология ремонта может быть рекомендована для широкого применения в промышленном и гражданском строительстве, т.к. протекающие в железобетоне процессы коррозии принципиально не отличаются от назначения конструкции.

2. Высокая долговечность выполненного ремонта позволяет получить качественное основание в тех случаях, когда предусматривается усиление или восстановление несущей способности конструкции композитными материалами на основе углеродной ленты.

Получено 15.04.09