

ПОПОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО
СЛОЯ БЕТОНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ,
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ**

6M072900 - Строительство

Автореферат
диссертации на соискание академической степени
магистра техники и технологии

Республика Казахстан
г. Усть-Каменогорск
2011

Работа выполнена в Восточно- Казахстанском государственном
техническом университете имени Д. Серикбаева.

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Чернавин В.Ю.

Официальный оппонент: директор ТОО «Востокагропромпроект»
Урунтаев Ж. К.

Защита состоится 21 июня 2011 года в 9.00 часов на заседании
Диссертационного Совета по адресу: г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева 19,
ауд. Г-2-418.

Автореферат разослан «14» мая 2011 года.

Ученый секретарь Диссертационного
Совета по защите магистерских диссертаций
Герасимов Е.П.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. При правильном проектировании, изготовлении и применении железобетон как материал отличается многими положительными эксплуатационными свойствами, в том числе высокой коррозионной стойкостью. Тем не менее, вследствие разных причин известно много случаев преждевременного коррозионного повреждения железобетонных конструкций. Такими причинами являются различные ошибки при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций. К ним относятся: неправильная оценка условий эксплуатации сооружений и конструкций (не учитывается в полной мере агрессивное воздействие среды), неправильное назначение состава бетона (его проницаемости, толщины защитного слоя), ошибки в технологии изготовления и многое другое.

Скрытые дефекты проектирования и изготовления обнаруживаются со временем при воздействии среды эксплуатации. Они проявляются в форме снижения прочности и растрескивания бетона в результате воздействия окружающей среды, утраты защитного действия и коррозии стальной арматуры, что вызывает снижение несущей способности и эстетических качеств железобетонных конструкций. Такие изменения требуют выполнения ремонтных работ.

Всякому ремонту бетонных и железобетонных конструкций должно предшествовать их инженерное обследование. Одной из задач такого обследования является выяснение причин повреждения. Только после выполнения обследования можно грамотно назначить способы ремонта и восстановления, выбрать материалы для ремонта. Обеспечить максимальную защиту железобетонных конструкций от коррозии при их восстановлении.

Целью работы является усовершенствовать методы восстановления железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивной среды.

Объекты исследований: железобетонные конструкции, подвергшиеся коррозионному воздействию в агрессивной среде.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- анализ видов коррозионных повреждений, систематизация коррозионных процессов;
- анализ нормативной литературы, систематизация ремонтно-восстановительных работ и применение их к конкретным видам коррозии;
- экспериментальные исследования по определению водонепроницаемости и прочности на сжатие образцов ремонтно-восстановительных смесей. Разработка опалубки;
- разработка рекомендации по проведению антикоррозионных работ с применением современных материалов и оборудования.

Методы исследования практические. Они включают исследование характера коррозии, свойств бетона (водонепроницаемости), способов подготовки поверхности, защиты арматуры и бетона от коррозии, ремонта и защиты железобетонных конструкций от коррозии.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов диссертации подтверждается результатами лабораторных испытаний, подтверждающие повышение водонепроницаемости бетона с использованием добавки Пенетрон Адмикс, а так же ремонтной смеси Скрепа М500.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- систематизирован характер коррозии относительно различных видов железобетонных конструкций в зависимости от среды эксплуатации;
- разработаны рекомендации по проведению антикоррозионных работ с применением современных материалов и оборудования;
- разработана и предложена опалубка для восстановления защитного слоя бетона.

На защиту выносятся следующие положения:

- состояние вопроса и задачи исследования;
- исследование характера коррозии, способов очистки и подготовки поверхности, способов восстановления и защиты конструкций от коррозии;
- экспериментальные исследования;
- разработка рекомендации по восстановлению защитного слоя бетона.

Практическая ценность работы заключается:

В применении разработанных рекомендаций предприятиями нашего региона при ведении работ по восстановлению защитного слоя бетона.

Реализация результатов работы: результаты исследований переданы в строительные организации нашего региона ТОО «Эрман Трейд» г.Усть-Каменогорск и ТОО «Жилстрой» г.Риддер для использования в качестве защиты железобетонных конструкций от коррозии. Так же результаты исследований переданы в НПЛ «Боскор» для дальнейшего изучения данной темы.

Апробация и публикации работы. Результаты работы докладывались на научных семинарах кафедры «Строительство зданий сооружений и транспортных коммуникаций» ВКГТУ им. Д. Серикбаева в октябре 2010 года, в марте 2011 года, на студенческой научно-технической конференции в апреле 2011 г.

Публикации. По теме диссертации опубликована одна научная статья.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и основных выводов, списка использованных источников, включающего 20 наименований русскоязычных и иностранных авторов. Объем диссертации 78 страниц, 68 рисунков, 27 таблиц.

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована её актуальность, показана научная новизна темы.

В первом разделе «Состояние вопроса и задачи исследования» произведен анализ классификации коррозионных процессов, рассмотрены виды ремонтов железобетонных конструкций.

Выщелачивание бетона - согласно классификации профессора В.М. Москвина, относится к коррозии I вида, которая состоит в растворении и выносе компонентов цементного камня из структуры бетона. Повышение стойкости конструкций может быть обеспечено применением бетонов низкой и особо низкой проницаемости, исключением сквозных протечек через бетон, что при современном уровне технологии бетона не является сложной проблемой.

Карбонизация бетона - взаимодействие бетона с углекислым газом (карбонизация бетона) сопровождается превращением гидроксида кальция цементного камня в карбонат кальция. Прочность бетона при этом существенно не изменяется. Несколько уменьшается пористость и проницаемость бетона. Сильно понижается щёлочность жидкой фазы бетона. Развивающаяся коррозия стальной арматуры вызывает потерю сечения стальных стержней, растрескивание защитного слоя, сильное снижение несущей способности железобетонной конструкции.

Хлоридная коррозия железобетона - причиной повреждения является проникание в бетон хлоридов, утрата защитного действия бетона по отношению к стали и развитие коррозии арматуры.

Сульфатная коррозия - относится к коррозии III вида, согласно классификации профессора В.М. Москвина, и характеризуется химическими процессами, в результате которых образуются слаборастворимые вещества, кристаллизующиеся с большим увеличением объёма твёрдых фаз, что вызывает сначала уплотнение бетона и повышение его прочности, затем давление кристаллов, вызывает рост внутренних напряжений и разрушение бетона.

Биологическая коррозия - под биологической коррозией понимают процессы повреждения бетона, вызванные живыми организмами (продуктами жизнедеятельности и механическим воздействием), в первую очередь бактериями, грибами, морскими организмами, поселяющимися на поверхности конструкций.

Прежде чем начать восстановительные работы, необходимо тщательно исследовать причину разрушения бетона и не только визуально. Обязателен глубинный анализ степени деградации, здесь без проведения полного диагностического обследования не обойтись. На основе диагностического заключения подбираются ремонтные методики, технологии и материалы, как для отдельных конструкций, так и для сооружения в целом.

Локализованного восстановления только отдельных участков или части поврежденной поверхности бетонной структуры недостаточно для того, чтобы остановить процесс деградации.

Восстановлению подлежат поверхности строительных конструкций, поврежденные коррозией, механическими, химическими и атмосферными воздействиями. Задача современных «ремонтников-восстановителей» – подобрать самый эффективный метод, технологию, материалы для каждого конкретного случая. Благодаря такому подходу увеличивается срок эксплуатации сооружения, старым конструкциям придаются свойства, качества и внешний вид новых.

Исходя из результатов анализа было определено направление исследований, поставлена цель и сформулированы задачи работы, так же обоснована их новизна и практическая значимость.

Во второй главе «Исследование характера коррозии. Выбор оптимального метода очистки бетонной поверхности. Материалы для восстановления защитного слоя» изучено влияние структуры, факторов, материалов на важнейшее свойство бетона как проницаемость. Проницаемость имеет место в тех случаях, когда у противоположных поверхностей капиллярнопористого тела (а таким и является бетон) возникает перепад давлений (или температур, или концентраций, или электрических потенциалов), направленный от большего давления к меньшему.

Протекающие через бетон газы или жидкости называют флюидами. А свойство бетона пропускать флюид называют проницаемостью. Вследствие того, что поровое пространство бетона характеризуется разнообразными по форме и размерам капиллярами и порами, проницаемость бетона характеризуется различными механизмами переноса газа и жидкости. Но и в том, и в другом случае интенсивность переноса вещества через бетон при данных внешних условиях зависит от структуры бетона.

Для снижения проницаемости целесообразно использовать материалы, имеющие значительно меньшую проницаемость, чем бетон. Либо использовать добавки, которые повышают марку бетона по водонепроницаемости.

В качестве оптимального метода для очистки бетонной поверхности от продуктов коррозии рекомендовано применять технологию WOMA, в основе которой лежит использование струи воды высокого давления, имеющей следующие основные преимущества:

- сокращение времени проведения работ по сравнению с другими методами;
- снижение количества отходов;
- отсутствие пыли и других вредных воздействий, экологичность;
- щадящее воздействие на обрабатываемую поверхность;
- высокая производительность и низкая стоимость;

- возможность обрабатывать и большие поверхности и локальные плоходоступные участки.

Представлены материалы для защиты и восстановления железобетонных конструкций – «Пенетрон Адмикс» гидроизоляционная добавка в бетонную смесь для значительного увеличения показателей бетона по водонепроницаемости, морозостойкости, прочности и антикоррозионной стойкости; ремонтная смесь «Скрепа М500» - смесь сухая тиксотропная для ремонта горизонтальных, вертикальных и потолочных бетонных поверхностей, имеющая низкую проницаемость и высокую стойкость к воздействию агрессивной среды.

В третьей главе «Экспериментальные исследования» проведены экспериментальные исследования по определению марки бетона по водонепроницаемости и прочности на сжатие. Эксперимент подтвердил, что добавление «Пенетрон Адмикс» привело к увеличению марки бетона по водонепроницаемости с W6 до W12. Ремонтная смесь «Скрепа М500» соответствует техническим характеристикам, которые определены изготовителем. Испытания подтвердили прочность на сжатие через 7 суток - 42,1 МПа, водонепроницаемость не менее – 2,0 МПа (W20).

Согласно ГОСТ 26633 – 91, полученные значения прочности на сжатие представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов

Серия образцов	ГОСТ 26633-91, определяющий показатели	Величины показателей	
		Средняя прочность бетона, кгс/см ²	Класс бетона по прочности на сжатие
Мелкозернистый бетон	Таблица 6	243,3	B15
Мелкозернистый бетон+П.А.		191,2	B12,5
Скрепа М500		498,3	B40

Определения класса бетона по прочности на сжатие по ГОСТ []:

Класс бетона по прочности на сжатие:

$$R^a = R_m - 1,64 \cdot S = R_m(1 - 1,64 \cdot \theta) \quad (1.1)$$

Прочность бетона в партии (R_m), МПа, вычисляется по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (1.2)$$

Среднее квадратическое отклонение прочности бетона в партии при числе единичных значений прочности бетона в партии от двух до шести, значение (S_m), МПа, вычисляется по формуле:

$$S_m = \frac{W_m}{\alpha} \quad (1.3)$$

где W_m — размах единичных значений прочности бетона в контролируемой партии, определяемый как разность между максимальным и минимальным единичными значениями прочности, МПа;

α — коэффициент, зависящий от числа единичных значений (n) и принимаемый по таблице 2.

Таблица 2

Число единичных значений n	2	3	4	5	6
Значение коэффициента α	1,13	1,69	2,06	2,33	2,5

Коэффициент вариации прочности бетона в партии (партионный коэффициент) (V_m) вычисляется по формуле:

$$V = \frac{S}{R_m} \quad (1.4)$$

Определение класса по прочности на сжатие для мелкозернистого бетона:

$$R_m = \frac{28,3+28,7+28,8}{3} = 28,6 \text{ МПа}$$

$$S = \frac{28,8-28,3}{1,69} = 0,3 \text{ МПа}$$

$$V = \frac{0,3}{28,6} = 0,01$$

$$R^n = 28,6(1 - 1,64 \cdot 0,01) = 28,1 \text{ МПа}$$

Определение класса по прочности на сжатие для мелкозернистого бетона с добавлением Пенетрон Адмикс:

$$R_m = \frac{22,1+22,9+22,5}{3} = 22,5 \text{ МПа}$$

$$S = \frac{22,9-22,5}{1,69} = 0,3$$

$$V = \frac{0,3}{22,5} = 0,01$$

$$\underline{R^n = 22,5(1 - 1,64 \cdot 0,01) = 22,1 \text{ МПа}}$$

Определение класса по прочности на сжатие ремонтной смеси Скрепа М500:

$$R_m = \frac{57,2+60,7+57,8}{3} = 58,6 \text{ МПа}$$

$$S = \frac{60,7-57,2}{1,69} = 2,07$$

$$\vartheta = \frac{2,07}{58,6} = 0,04$$

$$\underline{R^n = 58,6(1 - 1,64 \cdot 0,04) = 55,3 \text{ МПа}}$$

В четвертой главе «Рекомендации по восстановлению защитного слоя бетона» представлены рекомендации по восстановлению защитного слоя бетона, предложена опалубка, выполненная из оцинкованного листа железа толщиной 0,5 мм, крепится к конструкции при помощи самоанкерующихся болтов, шаг болтов – 500 мм. Преимущества данной опалубки – низкая стоимость; простота изготовления; возможность неоднократного применения; защита восстановленного слоя бетона от воздействия внешней среды на стадии твердения и набора марочной прочности; применение в качестве дополнительной защиты железобетонных конструкций – применение в качестве несъемной опалубки; возможность предания опалубке контура конструкции.

Технология восстановления защитного слоя конкретных участков эксплуатируемых железобетонных конструкций может быть принята следующей:

- оконтуривание поврежденных участков дисковой алмазной пилой; удаление бетона на поврежденных участках водоструйной установкой «Ecomaster 180M» под давлением до 300 МПа. В местах, где применить водоструйную установку нельзя, используют электро и пневмоинструмент;
- гидродинамическая очистка арматуры от ржавчины водоструйной установкой «Ecomaster 180M» под давлением до 300 МПа, а в местах, где нельзя применить водоструйную установку, используют игольчатый пневмопистолет;
- очистка арматуры химическим способом с нанесением состава типа «преобразователь ржавчины» на поверхность арматуры с помощью кисти и пневмоспособом;
- нанесение на арматуру защитного состава Emaco Nanocrete AP;
- дополнительное армирование ремонтной сеткой, если бетон удален на глубину более 5 см;
- насыщение поверхности старого бетона водой;
- нанесение раствора набрызгом или методом торкретирования с помощью установки «TURBOSOL» .

- при малых объемах работ раствор наносят кельмой;
- выравнивание слоя раствора после набрызга или торкретирования с помощью электрогладилки;
- далее осуществляют уход за бетоном с использованием пленкообразующих составов.

Так же представлены стоимостные показатели использования материала при восстановлении 1 м³ поверхности.

Таблица 3 – Расход и цена материала на 1 м³

Материал	Расход на 1 м ³ , кг	Прочность сцепления с бетоном через 28 суток, МПа	Водонепроницаемость, МПа	Цена за м ³ , тг
Пенетрон Адмикс	1% от массы цемента при известном количестве цемента в составе смеси; 4 кг на 1 м ³ бетона при неизвестном количестве цемента в составе бетона;	≥1,3	Повышение марки по водонепроницаемости бетона с добавкой, ступеней, не менее 4	24 000
Скрепа М500	2000	≥1,7	Не менее 2	1 000 000
Скрепа М600	2000	≥1,9	Не менее 2	1 150 000
Емасо S90	1900	≥1,5	Не менее 1,2	570 000

Из таблицы 3, видно, что применение сухих строительных смесей для восстановления защитного слоя бетона целесообразно при толщине защитного слоя не более 100 мм. При толщине восстанавливаемого слоя более 100 мм, целесообразно использовать мелкозернистый бетон, с добавлением добавок, повышающих марку бетона по водонепроницаемости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертации изучено влияние структуры, факторов, материалов на важнейшее свойство бетона как проницаемость. Проницаемость имеет место в тех случаях, когда у противоположных поверхностей капиллярнопористого тела (а таким и является бетон) возникает перепад давлений (или температур, или концентраций, или электрических потенциалов), направленный от большего давления к меньшему. Протекающие через бетон газы или жидкости называют флюидами. А свойство бетона пропускать флюид называют проницаемостью. Вследствие того, что поровое пространство бетона характеризуется разнообразными по форме и размерам капиллярами и порами, проницаемость бетона характеризуется различными механизмами переноса газа и жидкости. Но и в том, и в другом случае интенсивность переноса вещества через бетон при данных внешних условиях зависит от структуры бетона. Для снижения проницаемости целесообразно использовать материалы, имеющие значительно меньшую проницаемость, чем бетон. Либо использовать добавки, которые повышают марку бетона по водонепроницаемости.

В соавторстве с Затоновым Г.А., студентом группы 07-СР-1, предложена опалубка, выполненная из металлического оцинкованного листа. Преимущества данной опалубки – низкая стоимость; простота изготовления; придание любого контура конструкции; возможность неоднократного применения; защита восстановленного слоя бетона от воздействия внешней среды на стадии твердения и набора марочной прочности; применение в качестве дополнительной защиты железобетонных конструкции – применение в качестве несъемной опалубки.

Предложены методы восстановления защитного слоя бетона с использованием современных материалов и оборудования, гарантирующие долговременную защиту железобетонных конструкций от воздействия агрессивной среды, препятствующие образованию и развитию коррозии.

Оценка полноты поставленных задач

Поставленная цель работы достигнута, задачи полностью решены. Ремонт железобетонных конструкций с использованием современных материалов и оборудования, гарантируют долговременную защиту железобетонных конструкций от воздействия агрессивной среды, препятствуют образованию и развитию коррозии.

Опубликованная работа по теме диссертации

Попов А.В., Чернавин В.Ю. К вопросу восстановления защитного слоя бетона эксплуатируемых конструкций // Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Усть-Каменогорск, 2011 г.

АННОТАЦИЯ

Диссертация на тему «Иновационные методы восстановления защитного слоя бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах» выполнил Попов А.В.

В данной магистерской работе целью исследования является совершенствование методов восстановления железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивной среды.

При этом произведен анализ конструкционных материалов для восстановления защитного слоя, исследован характер разрушения конструкции. Предложены методы восстановления защитного слоя бетона с использованием современных материалов и оборудования, гарантирующие долговременную защиту железобетонных конструкций от воздействия агрессивной среды, препятствующие образованию и развитию коррозии.

АНДАТПА

«Агрессивті ортада пайдаланылатын темір бетон құрылғыларының қорғаныс қабатын қалпына келтірудің жаңашыл әдістері» тақырыбы бойынша диссертацияны орындаған А.В.Попов.

Осы магистрлік жұмыстың зерттеулік мақсаты - агрессивті орта жағдайында пайдаланылатын темір бетон құрылғыларын қалпына келтіру әдістерін жетілдіру болып табылады.

Бұл ретте қорғаныс қабатын қалпына келтіруге арналған құрылғы материалдарға талдау жүргізілді, құрылғылардың бүліну сипаты зерттелді. Бетонның қорғаныс қабатын қалпына келтіруде қазіргі заманғы материалдар мен құрал-жабдықтарды пайдалана отырып, агрессивті орта әсерінен тотығып тат басудың пайда болуы мен дамуына кедергі келтіретін темір бетон құрылғыларын ұзақ мерзімді қорғауға кепілдік беретін әдістер ұсынылады.

ANNOTATION

The presenting research work is devoted to the theme “Innovative methods of restoring concrete’s protective layer of the reinforced concrete constructions operating in hostile environments.” The given research was done by Popov A.V.

The aim of the research: to improve methods of restoring the reinforced concrete constructions operating in hostile environments.

The practical significance of the research deals with the given analysis of the constructive materials for the restoring concrete’s protective layer, exploration of the nature of structural failure, suggested methods of restoring concrete’s protective layer using contemporary materials and equipment for long term protection of reinforced concrete constructions from aggressive environment affection and corrosion.