

Авренюк А. Н., канд. техн. наук, асс.  
Латыпов В. М., д-р техн. наук, проф.,  
Асянова В. С., аспирант,  
Кантор П. Л., аспирант

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## ОБ ОПАСНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ СТРУКТУРЫ БЕТОНА НА ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕД РЕМОНТОМ КОНСТРУКЦИЙ

Stexpert@mail.ru

*В статье показана необходимость тщательного подхода к выбору методов подготовки поверхности бетонных и железобетонных конструкций перед ремонтом. Приведены результаты исследований по изучению зависимости степени очистки поверхности бетона от его марки (класса), показан характер повреждений структуры бетона при разном давлении обработки. Выявлены основные параметры способов очистки, при которых не происходит повреждения структуры бетона. Работа выполнялась в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.*

**Ключевые слова:** повреждение бетона, подготовка поверхности, восстановление конструкций.

Ремонт бетонных и железобетонных конструкций – работа, требующая привлечения высококвалифицированных специалистов в данной области на всех стадиях процесса. Опыт ремонта железобетонных конструкций показывает, что обеспечение совместной работы прокорродированного бетона и нанесенного ремонтного состава является серьезной инженерно-технической задачей. Данная задача может быть решена только благодаря качественной подготовке поверхности поврежденных бетона и стали за счет их очистки от продуктов коррозии [1,2].

В международном стандарте EN ISO 8504-2001 подчеркивается, что «...идеальная защита от коррозии при ремонте на 80% обеспечивается правильной подготовкой поверхности, и только на 20% – качеством используемых материалов и способом их нанесения». Однако, вид, степень и параметры очистки поверхности бетона и арматуры в зарубежных нормативных документах регламентируются лишь частично, а в российских практически не оговариваются.

Такие нормативные документы, как СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия», СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», РД 31.35.13-90 «Указания по ремонту гидротехнических сооружений на морском транспорте», «Методические рекомендации по технологии и механизации работ при строительстве, ремонте. Усиление конструкции методом набрызга бетонной смеси» (ЦНИИОМПП. – Москва, 1986г.), СП 13-101-99 «Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб» ре-

гламентируют необходимость подготовки поверхности бетона и арматуры перед ремонтом лишь качественными, но не количественными параметрами. Только в РД 31.35.13-90 «Указания по ремонту гидротехнических сооружений на морском транспорте» содержатся отдельные количественные данные по требуемой степени и видам подготовки арматуры. Большинство инструкций по применению ремонтных составов, разработанных совместно с ведущими их производителями, рекомендуют стандартный набор процедур по подготовке поверхности, практически без приведения численных параметров очистки. Однако, этих сведений недостаточно для выполнения качественной подготовки поверхности и нанесения составов при ремонтных работах. Нормативные документы также не предоставляют ссылок на типовые инструкции по ремонту.

При выполнении ремонтных операций во всех случаях, когда материал должен быть надежно соединен с другим или обновлен, прочности основания придается наибольшее значение. От его свойств зависит долговечность соединения нанесенного на него материала. Без тщательной подготовки поврежденного основания даже в случае последующего применения ремонтных материалов с заданными свойствами нельзя обеспечить надежное и долговременное восстановление бетона и железобетона. При этом требуется полное удаление слоя продуктов коррозии до неповрежденного бетона с тем, чтобы обеспечить формирование надежного сцепления ремонтного состава с бетоном основы. В связи с этим бетон в плоскости его последующего соединения с ремонтным покрытием

должен быть однороден и иметь неповрежденную наружную поверхность для того, чтобы между наносимым впоследствии ремонтным материалом и поверхностью бетона конструкции обеспечивалось прочное и плотное соединение.

Качество зоны контакта в результате специальной обработки бетона ремонтируемой конструкции обеспечивается в основном за счет «освежения» поверхности последнего. При этом имеющиеся в структуре бетона негидратированные зерна цемента (20-40 % от первоначального количества) очищаются от продуктов гидратации и в последующем обеспечивают хорошее сцепление с ремонтным составом на основе цемента.

Выбор наиболее целесообразного метода производства работ по подготовке поверхности бетона зависит, с одной стороны, от существующего состояния этой поверхности, и, с другой стороны, от требований к поверхности в строгом соответствии с предполагаемым ремонтно-строительным мероприятием. О том, подходит или нет выбранный метод производства работ по очистке, можно практически убедиться, заранее выполнив обработку на небольшом участке поверхности и сравнив необходимое и полученное качество обработанной поверхности.

С целью определения зависимости степени очистки бетонной поверхности от его марки (класса) проведены исследования на образцах-кубах размером 150 мм марок М100-М500 (классов В7,5-В40) с шагом М100 (табл.1 и 2). Обработка осуществлялась основными применяемыми в настоящее время способами – водоструйным и дробеструйным. Таким образом фактически определялись оптимальные методы и параметры подготовки поверхности бетона для каждого класса по прочности.

Следует отметить, что корродированный слой бетона (например, в виде гипса после воздействия серной кислоты или сульфатных растворов) может быть полностью удален при использовании водоструйной очистки только при давлении 450-500 атм. и выше. При значениях давлений 100-450 атм. корродированный слой полностью не удаляется и не может служить надежной основой для нанесения ремонтных составов из-за опасности их отслоения образующимся в зоне контакта гидросульфаталюминатом кальция.

В табл. 1 показан вид образцов-кубов после обработки различными способами. Очевидно, что явные повреждения структуры образцов марок М100 (В7,5) и М200 (В15) свидетель-

ствуют о том, что такая поверхность не может являться надежной основой для нанесения ремонтных составов по трем основным причинам:

1) наличия участков с поврежденной или ослабленной структурой, не способных воспринимать эксплуатационные нагрузки и равномерно передавать возникающие напряжения на соседние участки конструкции;

2) разности модуля упругости поврежденной основы и наносимого состава, изготовленного на основе цемента;

3) возможного проникновения агрессивной среды по наружным границам контакта при некачественном заполнении основы ремонтным составом.





















Если же при таких условиях обработке подвергается обширная площадь несущей конструкции в зоне рабочей арматуры, это может привести к резкому снижению ее несущей способности и созданию аварийных ситуаций в процессе ремонта.

Следует также отметить, что основным параметром является величина давления очистки, при этом степень повреждения структуры бетона (или отсутствие данных признаков) становится заметной уже в первые секунды после начала обработки поверхности. Время обработки на конечный результат практически не влияет лишь в случае очистки бетона высокой прочностью и плотности (табл. 1).

В табл. 2 приведены сводные данные по зависимости степени повреждения структуры бетона от его марки (класса). Граница безопасной обработки в данном случае является гарантом безопасности ремонтного процесса для подрядчика. При этом величина давления напрямую влияет на степень очистки поверхности: сохранение либо удаление карбонизированного, или, например, сульфатизированного слоев (в случае воздействия агрессивных соединений серы).

Часто процесс подготовки поверхности включает последовательное применение нескольких методов. Использование каждого метода связано в большей или меньшей степени с нарушением и повреждением структуры бетона. Для того чтобы в конечном результате повреждения структуры были наименьшими, при обработке поверхности необходимо последовательно переходить от более грубых методов воздействия на поверхность к более тонким. По этой же причине глубина удаляемого поверхностного слоя бетона за одну рабочую операцию не должна превышать определенной опытным путем величины.

Вид образцов-кубов после обработки различными способами

Марка (класс) бетона	Вид и параметры обработки			
	Водоструйная, давлением 500 атм.	Водоструйная, давлением 600 атм.	Водоструйная, давлением 900 атм.	Дробеструйная, давлением 7 атм.
M100 (B7,5)				
M200 (B15)				
M300 (B22,5)				
M400 (B30)				
M500 (B40)				

Таким образом, в результате исследований установлено, что бетонные и железобетонные конструкции с классом (маркой) по прочности B15 (M200) и ниже необходимо очищать дробеструйным способом во избежание повреждения его структуры. Конструкции с классом (маркой) бетона выше B15 (M200) целесообразно очищать водоструйным способом давлением 450-500 атм. как более производительным и технологичным, чем дробеструйный метод [3]. Исследованиями также установлено, что воздействие водоструйного метода давлением 500 атм. и дробеструйного метода давлением 7 атм. способно очистить арматуру в бетоне до степени Sa 2 1/2-3 [4], что достаточно для качественного ремонта. При этом в процессе ремонта карбонизи-

рованный слой может быть сохранен, так как в нем не содержится веществ, вызывающих протекание реакций с увеличением объема фаз новообразований, обязательному удалению подлежит слой продуктов коррозии [3]. Кроме того, при ремонте материалами на цементной основе будет иметь место восстановление рН в этом слое за счет миграции щелочей из нового покрытия, что исключит опасность коррозии арматуры.

Полученные данные о зависимости степени очистки бетонной поверхности от марки (класса) бетона позволят на этапе разработки проекта ремонта сделать правильный выбор в пользу рационального метода подготовки поверхности при восстановлении конструкций.

Таблица 2

**Степень повреждения структуры поверхности бетона в зависимости от его марки (класса)**

№ п/п	Марка (класс) бетона	Способ подготовки					Дробеструйный, давлением 7 атм.
		Водоструйный, давлением					
		150 атм.	250 атм.	500 атм.	600 атм.	900 атм.	
		Степень очистки бетонной поверхности					
		Сохранение сульфатизированного и карбонизированного слоев	Сохранение карбонизированного слоя			Удаление обоих слоев	
1.	M100 (B7,5)		МП	ВП	ВП	ВП	√
2.	M200 (B15)			МП	ВП	ВП	√
3.	M300 (B22,5)			√	МП	ВП	
4.	M400 (B30)	Граница безопасной обработки		√	МП	ВП	
5.	M500 (B40)			√	МП	МП	

Условные обозначения:

<b>МП</b>	- малая степень повреждения структуры поверхности бетона;
<b>ВП</b>	- высокая степень повреждения;
	- очистка без повреждения структуры поверхности бетона;
√	- рекомендуемый способ подготовки.

*\*Работа выполнялась в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Болотских, О.Н. Подготовка поверхности бетонных и железобетонных конструкций к ремонту [Текст] / О.Н. Болотских, В.П. Чернявский // Ватерпас, 2001. – №4. – С. 114-117.

2. Восстановление бетона и железобетона после деструктивного воздействия серосодержащих соединений [Текст] / В.М. Латыпов [и др.] // Строительные материалы. – 2009, № 3. – С. 58-59.

3. Латыпов, В.М. Рациональные способы подготовки поверхности бетона при ремонте конструкций после деструктивного воздействия серосодержащих соединений [Текст] / В.М. Латыпов, Т.В. Латыпова, А.Н. Авренюк // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – №1 (11). – С. 277-283.

4. ISO 8501-1:2007 «Подготовка стальной поверхности перед нанесением красок и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень ржавления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий».