

Т. В. УЛЬЧЕНКО (ДИИТ), Ю. Г. БЕРЕГИЙ (ПГАСА, Днепропетровск),  
Б. Г. КЛОЧКО (ДИИТ)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЩИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РЕМОНТЕ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Виконано зрівняння фізико-механічних властивостей і хімічної стійкості деяких промислових покриттів на основі поліуретану, вініл-ефірних смол та полікарбамідів.

Выполнено сравнение физико-механических характеристик и химической стойкости некоторых промышленных покрытий на основе полиуретана, винил-эфирных смол и поликарбамидов.

The physical-and-mechanical properties and chemical resistance of some polymer coatings based on polyurethane, vinyl-ester resins and polyurea have been compared.

Строительные сооружения специального назначения подвергаются влиянию интенсивных эксплуатационных воздействий, что приводит к их частичному разрушению и потере несущей способности. Крайне интенсивно разрушаются материалы конструкций пролетных строений мостов, несущих каркасов зданий, ограждающих конструкций стен и др. Восстановление таких сооружений является трудоемким и дорогостоящим ремонтно-строительным процессом, требующим специальных технических решений в каждом конкретном случае.

Применение обычных цементно-песчаных растворов для устройства защитных экранов, как показала практика [1, 2], недостаточно эффективно по следующим причинам: такие растворы не обладают высокой степенью водонепроницаемости и стойкостью к агрессивным воздействиям, получение равнопрочного сцепления поврежденного бетона конструкций с раствором не представляется возможным, деформативные характеристики растворов отличны от характеристик бетона конструкций, растворы характеризуются длительными сроками твердения. К числу недостатков относится также усложнение технологического процесса ремонтно-восстановительных работ при отрицательных температурах воздуха. В связи с этим необходима разработка новых материалов, обеспечивающих проектные свойства защитного слоя. Для этого вязкость ремонтных смесей должна быть близкой к вязкости воды, ее первоначальное значение должно сохраняться либо незначительно изменяться в течение технологического времени, а потеря текучести раствора – в строго регулируемые сроки.

Учитывая специфические условия эксплуатации транспортных и гидротехнических сооружений, к основным требованиям, которым должен удовлетворять материал конструкций, следует отнести водонепроницаемость, морозостойкость, высокую химическую стойкость, стойкость к механическим воздействиям и т.д. При выборе полимерных связующих для проведения ремонтных работ следует учитывать щелочной характер основного материала специальных сооружений – бетона. Для расширения возможности использования полимеров для работ такого рода необходим поиск материалов, позволяющих осуществить замену дорогостоящих химических продуктов другими, экономически эффективными и равноценными по эксплуатационным характеристикам [1].

Эффективная защита от коррозионных воздействий является одним из основных мероприятий для успешной и долговременной эксплуатации стальных и бетонных конструкций.

В роли защитных (промышленных) покрытий могут выступать краски и полимерные системы на основе полиуретанов, эпоксидных смол, поликарбамидов (полимочевина). К другим полимерам, часто используемым в промышленных покрытиях, относится фторполимер. Существует большое количество промышленных покрытий на основе фосфатов, фторопластов, а также металлических покрытий, таких как напыление конденсацией из паровой (газовой) фазы (*англ.* physical vapour deposition; сокращённо PVD), газотермическое напыление, металлизация, алитирование, цинкование [3, 4, 9].

Полимерные покрытия – одни из самых распространенных из-за своих универсальных

свойств. Наряду с высокими физико-механическими показателями они обладают достаточной химической стойкостью. Такие покрытия правильней называть защитными системами, поскольку их устройство состоит из ряда последовательных операций, таких как подготовка поверхности, нанесение грунтовки (если требуется), нанесение основного слоя, нанесение верхнего слоя (если требуется). Описать все существующие защитные системы невозможно – только по Европе насчитывается более 3000 поставщиков покрытий, и с каждым годом это число увеличивается. Поэтому остановимся на частном случае: защита бетонных поверхностей при погруженном и подземном режиме эксплуатации. Изготовители систем – Stonhard и Reactamine Technology.

В табл. 1 приводится краткий обзор основных физико-механических свойств (показатели гарантированы производителем) рекомендованных изготовителем защитных полимерных систем [5 – 8]. В табл. 2 указан родовой тип и страна происхождения рассматриваемых покрытий.

Таблица 1

**Физико-механические показатели полимерных систем**

Наименование показателя	Stonclad UT	Stonchem 801	Extra Blast	КФ-МТ-15*	ЭИС-1*
Прочность при сжатии, МПа	53	50	43	27	45
Прочность при растяжении, МПа	7	17	25	-	12
Прочность при изгибе, МПа	18	44	-	15	-
Модуль упругости при изгибе, $\times 10^3$ МПа	18	8	-	16	11
Адгезия к бетону, МПа	2,8	2,8	2,8	5	1,6
Абразивная стойкость, $\times 10^{-2}$ г	5	10	2,5	1,5	-
Термический коэффициент линейного расширения, $\times 10^{-6}$ °C <sup>-1</sup>	11	12	12	8	9
Ввод в эксплуатацию, при 20 °C, ч	6	24	1	1	1
Набор конечной прочности, при 20 °C, ч	24	168	2	2	3

\* экспериментальный состав на основе указанной смолы, лабораторные испытания

Применение полимерных композиций является одним из перспективных направлений в защите бетонных конструкций от агрессивного воздействия. Они имеют повышенную химическую и абразивную стойкость. Однако основным препятствием в применении некоторых видов полимерных композиций для ремонта и восстановления сооружений, эксплуатируемых в условиях обводнения, является вымывание эмульгаторов, а также набухание полимерной составляющей, что приводит к развитию внутренних напряжений, снижая долговечность ремонтных покрытий.

Таблица 2

**Родовой тип и страна происхождения покрытий**

Наименование покрытия	Родовой тип	Страна-изготовитель
Stonclad UT	полиуретан	США
Stonchem 801	винил-эфир	США
Extra Blast	поликарбамид	США
КФ-МТ-15	поликарбамид	Украина
ЭИС-1	алкилрезорцин	Украина

Рассматриваемые покрытия имеют высокую стойкость к большинству органических кислот, щелочей и солей. Однако следует отметить, что рассматриваемые покрытия не рекомендуется применять при эксплуатации в среде следующих концентрированных неорганических кислот и органических растворителей: хромиковая кислота 40 %, фторводородная кислота 15 %, азотная кислота 40 %, серная кислота 70 %, ацетон, акрилонитрил, метиленхлорид. Кроме того, покрытия на основе поликарбамидов показывают недостаточную стойкость к амилацетату, бензолу, бутилацетату.

Ниже приведен список веществ, после воздействия которых в течение 7 дней и более на указанных защитных системах не остается следов воздействия:

Уксусная кислота	5 %
Гидроксид аммония	10 %
Соляная кислота	50 %
Перекись водорода	28 %
Гидроксид натрия	10 %
Серная кислота	10 %
Гипохлорид натрия	5 %
Три натрия фосфат	5 %
Моторное масло	20W.

Анализ физико-механических свойств говорит о том, что указанные системы имеют достаточно высокую адгезию к бетонной поверхности. Некоторые системы могут наноситься на

бетонную поверхность без предварительного нанесения грунтовки. Однако залогом адекватного сцепления со старой бетонной поверхностью является предварительная подготовка поверхности.

Изготовитель защитных систем рекомендует наносить защитное покрытие только на чистое, прочное, сухое, правильно подготовленное основание. Минимальная температура воздуха и поверхности во время нанесения не должна быть ниже 13 °С. Максимальная температура воздуха и поверхности во время нанесения не должна превышать 32 °С. Температура поверхности должна быть более чем на 3 °С выше точки росы.

Поверхность должна быть сухой и чистой от всякого рода воска, смазки, жиров, масел, грунта, рыхлого и чужеродного материала, а также цементного молочка. Цементное молочко, а также несвязанные цементные частички, должны быть удалены механическим способом, например, дробеструйным методом или кирковкой. Другие загрязняющие компоненты могут быть удалены при помощи скребка и высокоэффективного промышленного моющего средства, с последующей промывкой чистой водой. Поверхность должна иметь открытые поры и шероховатую структуру наждачной бумаги.

Для удаления загрязнителей с поверхности наиболее эффективно применение пескоструйной, дробеструйной или водоструйной очистки. Может потребоваться выполнить кислотное травление (с последующей тщательной промывкой водой) для открытия пор в бетоне, что обеспечит надлежащую адгезию грунтовки со старой бетонной поверхностью. Пескоструйная очистка бетонной поверхности считается наиболее эффективной в связи с тем, что удаляется верхний ослабленный слой бетона, обнажая более прочный подстилающий слой. При этом образуется неровная, шероховатая структура с определенным количеством свободных (валентных) связей, готовых вступить в химическую реакцию с материалом наносимого покрытия (или грунтовки).

Нанесение материала защитного покрытия рекомендуется выполнять методом безвоздушного распыления при помощи насоса высокого давления.

В связи с тем, что рассматриваемые покрытия имеют сходный с бетоном коэффициент термического расширения, обеспечиваются одинаковые температурные деформации покрытия и бетона, исключая возникновение внутренних напряжений на границе бетон-покрытие. Это

приводит к уменьшению образования микротрещин в контактной зоне бетон-полимер, что существенно увеличивает долговечность защитных систем.

Данные системы имеют повышенную твердость и высокую абразивную стойкость. Из табл. 1 видно, что система Extra Blast обладает максимальной абразивной стойкостью. В то же время стойкость к абразивным воздействиям Stonchem 801 на порядок уступает Extra Blast и экспериментальному составу на основе смолы КФ-МТ-15. Поэтому следует обратить особое внимание на данную характеристику, если покрытие планируется эксплуатировать в среде с повышенным абразивным воздействием, например, отстойники и транспортные лотки для жидкостей, содержащих дисперсную твердую фазу.

Следующей решающей характеристикой может оказаться время ввода покрытия в эксплуатацию. Рассматриваемые покрытия имеют диапазон набора прочности в пределах от 60 минут до 1 суток. Системы на основе поликарбамидных смол обладают высокой скоростью полимеризации, поэтому не удивительно, что Extra Blast и экспериментальный состав на основе поликарбамидной смолы КФ-МТ-15 лидируют по этому показателю.

Инженерные элементы, подготовка поверхности и нанесение защитной системы являются критическими факторами, которые влияют на долгосрочную эффективность защитной системы. Несмотря на то, что затраты по выполнению указанных факторов составляют всего лишь 40 % от стоимости материала типичной защитной системы покрытия (см. рис. 1), недостаточное внимание или исключение этих элементов приводит, в 90 % всех случаев, к преждевременному разрушению защитного покрытия

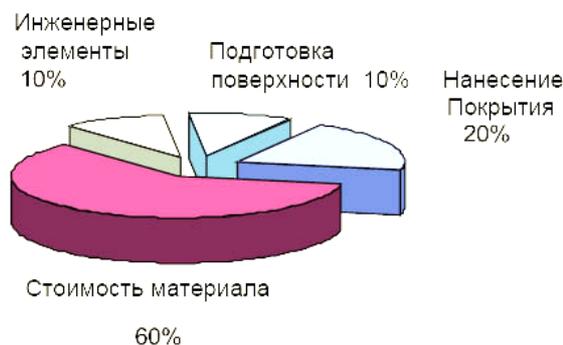


Рис. 1 Затраты по устройству защитной системы

Особое внимание следует уделить заделке деформационных швов, стыков и трещин. Примеры заделки трещины и деформационного

шва приведены на рис. 2, 3. Вариант устройства стыка дна резервуара со стенкой показан на рис. 4. В качестве инженерного текстиля применяется ткань из прочного и эластичного инертного материала.

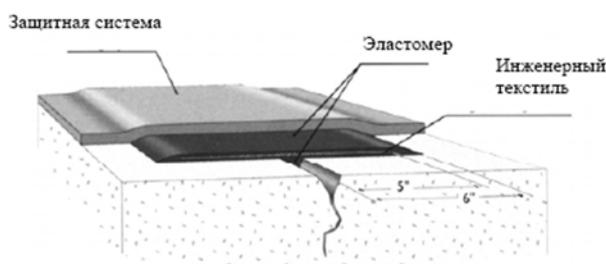


Рис. 2. Заделка трещины



Рис. 3. Устройство деформационного шва

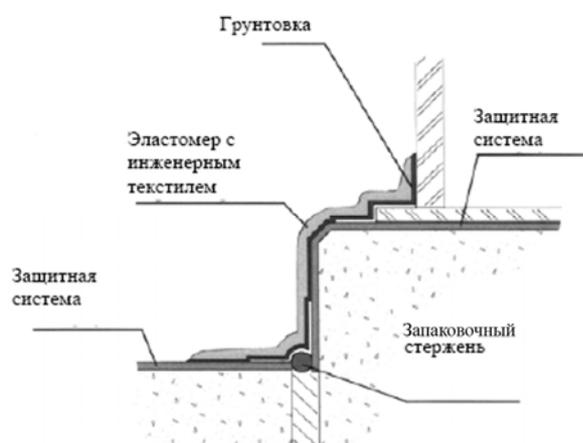


Рис. 4. Обработка стыка дно-стенка

В заключении необходимо отметить, что большое значение имеет правильная подготовка поверхности. В большинстве случаев необходимо выполнить дробеструйную или пескоструйную обработку (бластировку) поверхности для получения текстуры, которая обеспечит надежное сцепление материала покрытия с бетонной поверхностью. При надлежащей обработке поверхности сила сцепления (адгезия) полимерного материала может существенно превышать прочность бетона при растяжении. Особое внимание должно уделяться обработке деформационных стыков и заделке трещин с применением инженерного текстиля и пакеточных стержней.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день рынок промышленных покрытий предлагает стойкие полимерные системы для жестких окружающих условий, таких как зоны вторичных отходов, полы производственных участков, отстойники, траншеи и др. Проблема выбора защитной системы во многом зависит от условий эксплуатации сооружения.

Большинство предлагаемых систем изготавливается за рубежом, что существенно сказывается на их стоимости. Поэтому мы считаем целесообразным и важным направлением разработку отечественных материалов, которые можно будет использовать для создания защитных систем.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пшинько, А. Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений [Текст] / А. Н. Пшинько. – Д.: Пороги, 2000. – 412 с.
2. Александриян, Э. П. Восстановление и усиление бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений методом инъектирования полимеррастворов [Текст] / Э. П. Александриян // Экспресс-информация. – ЦНТИ, 1993. – № 14. – 22 с.
3. Карманный справочник антикоррозиониста [Текст]. – Екатеринбург: ООО «ИД «Оригами», 2008. – 264 с. – ISBN 978-5-904137-01-4.
4. Лакокрасочные материалы и покрытия. Теория и практика [Текст] / под ред. Р. Ламбурна : [пер. с англ.] – СПб.: Химия, 1991. – 512 с. – Пер. изд.: Великобритания, 1987. – ISBN 5-7245-0446-4.
5. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stonhard.com/pages/techinfo.html>
6. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.reactamine.com/products/industrial-coatings.php>
7. Краснюк, А. В. Разработка полимерных составов на основе различных марок карбамидных смол для закрепления трещиноватых бетонных массивов [Текст] / А. В. Краснюк // Строительство. – Д.: ДИИТ. – 2000. – Вып. 8. – С. 223-228.
8. Мамонова, Т. В. Особенности ремонта обводненных транспортных сооружений [Текст] / Т. В. Мамонова // Будівництво: Зб. наук. праць ДПТУ. – Д., 2002. – Вип. 11. – С. 15-18.
9. Руководство для подготовки инспекторов по визуальному и измерительному контролю качества окрасочных работ [Текст] / гл. ред. В. Д. Пирогов. – Екатеринбург: ООО «ИД «Оригами», 2009. – 202 с. – ISBN 978-5-9901098-1-5.

Поступила в редколлегию 15.06.2010.

Принята к печати 24.06.2010.