

УДК 678.643

Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

Куколева Д.А. – ассистент

E-mail: daria-zd@rambler.ru

Мухаметова А.М. – аспирант

E-mail: aminysia@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование влияния эпоксидных полимерных покрытий на биостойкость и гидроизоляционные свойства бетонных поверхностей

Аннотация

Работа посвящена изучению влияния эпоксидных полимерных покрытий на биостойкость и гидроизоляционные свойства бетонных поверхностей. Исследование перечисленных свойств проводилось на защищённых и незащищённых образцах цементно-песчаного раствора с применением стандартной методики оценки влагонасыщения раствора и косвенной оценки биостойкости строительных материалов в модельных средах. Полученные результаты позволили установить, что одним из перспективных способов защиты от воздействия биологически активных сред является применение эпоксиполимерных композиций.

Ключевые слова: цементно-песчаный раствор, защитные покрытия, эпоксидные полимеры, биостойкость, метод оценки.

Проблема защиты материалов от коррозии интересовала людей ещё в древние века. В трудах греческого историка Геродота (V век до н.э.) можно найти упоминание об оловянных покрытиях, предохраняющих железо от ржавчины. В Индии уже около 1600 лет существует общество по борьбе с коррозией, которое полтора тысячелетия назад принимало участие в постройке на побережье у Канерака Дворцов Солнца. И хотя позднее территория дворцов была затоплена морем, железные балки находились в отличном состоянии. Стало быть, уже в далекие времена индийские мастера знали, как противостоять коррозии.

Несмотря на то, что проблема имеет богатую историю, она остается актуальной и в настоящее время. Это подтверждает тот факт, что экономические потери от коррозии составляют: в США – 3,1 % от ВВП (276 млрд. долларов), в Германии – 2,8 % от ВВП. Для России данная проблема также актуальна, и экономический ущерб составляет 3 % от ВВП.

Известно, что коррозия строительных материалов зачастую приводит к повреждениям различной степени зданий и сооружений. Одним из самых распространенных строительных материалов в настоящее время являются бетон и железобетон. Они применяются как для строительства жилых, промышленных зданий и сооружений, так и для возведения инженерных сооружений специального назначения: коллекторов, тоннелей, переходов, конструкций метрополитена. Так как большинство из перечисленных объектов являются подземными или эксплуатируются в водных средах, то более 50 % коррозии вызвано, в том числе, и биологическими факторами, которые часто усугубляются воздействием грунтовых вод или утечками из канализационных коллекторов, что неизбежно приводит к ухудшению их прочностных характеристик и, как следствие, к разрушению.

В этой связи остро стоит вопрос защиты бетонных конструкций от воздействия агрессивных сред.

Для того чтобы предупредить разрушение бетонных конструкций, необходимо проводить защитные мероприятия. Еще Плиний старший (в 23-79 годах н.э. в Древнем Риме) описывал применение различных материалов (битума, свинцовых белил и гипса) для защиты шляпок гвоздей в деревянных конструкциях. В настоящее время известны и широко распространены такие способы защиты, как пропитка природными или синтетическими смолами, окраска, оклейка рулонными материалами, защитная штукатурка, облицовка, гидрофобизация (бентонитом, жирной известью, эмульсиями

полимеров), обработка бактерицидными материалами, дисперсное армирование, введение добавок (лигносульфонатсодержащих, активных минеральных добавок, содержащих аморфный кремнезем и т.д.). Одним из наиболее эффективных методов защиты бетонов от коррозии является пропитка связующими на основе эпоксидных смол, т.к. при применении покрытий такого рода повышается не только прочность бетона, но и долговечность, происходит упрочнение поверхности: увеличивается твердость, ударная вязкость, износостойкость, стойкость к агрессивным средам, резко снижается капиллярное водопоглощение. Перечисленные показатели ценны и могут быть широко использованы для различных конструкций из сборного железобетона, а также для технологий обработки поверхности дорожно-транспортных сооружений, сводов-оболочек и т.п.

Экспериментальная часть

Объектами исследования выбраны образцы цементно-песчаного раствора кубической формы с ребром 20 мм, цемент и песок, которые смешивали в соотношении 1:3 при водоцементном отношении 0,6.

Для получения защитных покрытий использовались:

- эпоксидная смола ЭД-20;
- алифатическая эпоксидная смола – ДЭГ-1;
- отверждающие системы аминного отверждения: диэтилентриамин (ДЭТА), полиэтиленполиамин (ПЭПА), триэтаноламинотитанат (ТЭАТ), продукт конденсации формальдегида и фенола;
- отверждающие системы каталитического отверждения: УП-605/1р, УП-605/5р – эфиры BF_3 с аминами.

Влагонасыщение цементного раствора определялось следующим образом: образцы исследуемых материалов взвешивались через каждые 24 часа экспозиции в воде до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1 %.

Биостойкость исследуемых материалов определялась по разработанной и описанной методике [1]: образцы укладывают на дно ёмкости и заливают модельной средой, представляющей собой смесь карбоновых кислот, так, чтобы верхняя кромка среды была выше верхней грани образца на 20 мм, и экспонируют в течение 28 суток с постоянным контролем рН среды. Параллельно аналогичные образцы выдерживались в воде в течение такого же периода времени. По окончании экспозиции образцы извлекали и подвергали испытаниям на прочностные характеристики, после чего определяли коэффициент химической стойкости [2], по которому судили об устойчивости материалов к воздействию микроорганизмов.

Обсуждение результатов

Как отмечалось ранее, наиболее перспективным методом защиты минеральных строительных материалов от воздействия агрессивных сред является применение защитных эпоксидных составов, так как они отличаются высокими адгезионными и прочностными показателями. Состав полимерных однослойных композиций, применяемых нами для защиты бетонных поверхностей (на примере ЦПР), представлен в табл. 1.

Для обеспечения технологичности нанесения покрытия использовали низковязкий активный разбавитель – алифатическую эпоксидную смолу на основе диэтиленгликоля (ДЭГ-1), а в качестве растворителя – ацетон. Для отверждения композиций выбраны аминные отвердители «холодного отверждения», не требующие подвода тепла (режим отверждения $22 \pm 2^\circ C$): диэтилентриамин (ДЭТА), полиэтиленполиамин (ПЭПА) и продукт взаимодействия фенола, формальдегида с этилендиамином (УП-583Д), а также отвердители горячего отверждения: триэтаноламинотитанат (ТЭАТ), комплекс трёхфтористого бора с азотосодержащими веществами (УП-605/1р, УП-605/5р).

Для изучения эффективности применения двухслойных покрытий образцы ЦПР покрывались следующими составами (табл. 2): 1-ый слой представлял собой композицию на основе ЭД-20 с добавлением алифатической смолы ДЭГ-1 и ацетона, 2-ой слой – композицию на основе ЭД-20. На данном этапе исследования для отверждения защитных композиций 1-го и 2-го слоя использовался один и тот же отвердитель.

Таблица 1

Составы однослойных защитных композиций

№ комп.	ЭД-20	ДЭГ-1	Ацетон	ДЭТА	ПЭПА	ТЭАТ	УП-583Д	УП 605/1р	УП 605/5р
К-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
К-1	+	-	-	+	-	-	-	-	-
К-2	+	+	-	+	-	-	-	-	-
К-3	+	-	+	+	-	-	-	-	-
К-4	+	+	+	+	-	-	-	-	-
К-5	+	-	-	-	+	-	-	-	-
К-6	+	+	-	-	+	-	-	-	-
К-7	+	-	+	-	+	-	-	-	-
К-8	+	+	+	-	+	-	-	-	-
К-9	+	-	-	-	-	+	-	-	-
К-10	+	+	-	-	-	+	-	-	-
К-11	+	-	+	-	-	+	-	-	-
К-12	+	+	+	-	-	+	-	-	-
К-13	+	-	-	-	-	-	+	-	-
К-14	+	+	-	-	-	-	+	-	-
К-15	+	-	+	-	-	-	+	-	-
К-16	+	+	+	-	-	-	+	-	-
К-17	+	-	-	-	-	-	-	+	-
К-18	+	+	-	-	-	-	-	+	-
К-19	+	-	+	-	-	-	-	+	-
К-20	+	+	+	-	-	-	-	+	-
К-21	+	-	-	-	-	-	-	-	+
К-22	+	+	-	-	-	-	-	-	+
К-23	+	-	+	-	-	-	-	-	+
К-24	+	+	+	-	-	-	-	-	+

Таблица 2

Составы двухслойных защитных композиций

№ комп.	№ слоя	ЭД-20	ДЭГ-1	Ацетон	ДЭТА	ПЭПА	УП-583Д	УП 605/1р	УП 605/5р
К-0	1 слой	-	-	-	-	-	-	-	-
	2 слой	-	-	-	-	-	-	-	-
К-25	1 слой	+	+	+	+	-	-	-	-
	2 слой	+	-	-	+	-	-	-	-
К-26	1 слой	+	+	+	-	+	-	-	-
	2 слой	+	-	-	-	+	-	-	-
К-27	1 слой	+	+	+	-	-	+	-	-
	2 слой	+	-	-	-	-	+	-	-
К-28	1 слой	+	+	+	-	-	-	+	-
	2 слой	+	-	-	-	-	-	+	-
К-29	1 слой	+	+	+	-	-	-	-	+
	2 слой	+	-	-	-	-	-	-	+

Исследования водонасыщения (рис. 1) композиционного материала (ЭП+ЦПР) позволили установить, что наилучшие гидроизоляционные свойства проявляют ЦПР, защищённые двухслойными полимерными составами. В частности, у образцов, покрытых композициями К-25, К-27, наблюдается наименьшее водопоглощение. Кроме того, наибольшей устойчивостью к воздействию водной среды обладают образцы, защищённые композициями, отверждёнными ТЭАТ (К-9, К-10). Наибольшее водопоглощение, а следовательно, наиболее слабые гидроизоляционные свойства отмечены у образцов, защищённых композициями, отверждёнными УП-605/5р.

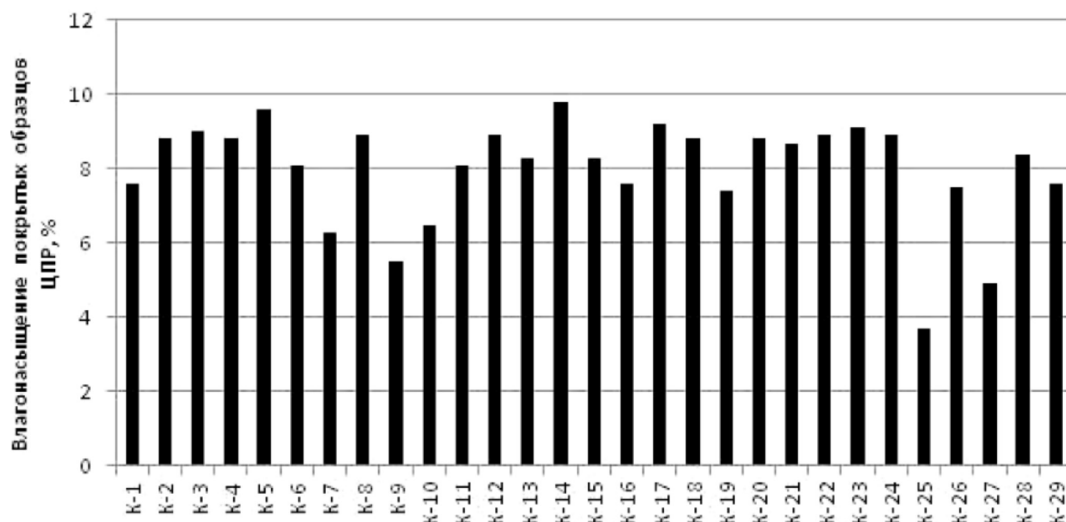


Рис. 1. Влагонасыщение покрытых образцов ЦПР

Исследования водонасыщения (рис. 1) композиционного материала (ЭП+ЦПР) позволили установить, что наилучшие гидроизоляционные свойства проявляют ЦПР, защищённые двухслойными полимерными составами. В частности, у образцов, покрытых композициями K-25, K-27, наблюдается наименьшее водопоглощение. Кроме того, наибольшей устойчивостью к воздействию водной среды обладают образцы, защищённые композициями, отверждёнными ТЭАТ (K-9, K-10). Наибольшее водопоглощение, а следовательно, наиболее слабые гидроизоляционные свойства отмечены у образцов, защищённых композициями, отверждёнными УП-605/5р.

Проведенные исследования по оценке биостойкости строительных материалов позволили установить (рис. 2), что почти все минеральные материалы, защищенные покрытиями на основе ЭД-20, относятся к высокостойким (коэффициент химической стойкости больше 0,8). Отдельно стоит отметить наилучшую устойчивость к воздействию агрессивных сред для образцов, защищенных однослойными покрытиями, отвержденными ТЭАТ и двухслойными покрытиями, отвержденных ДЭТА и ПЭПА (коэффициент химической стойкости этих образцов максимально приближен к единице).

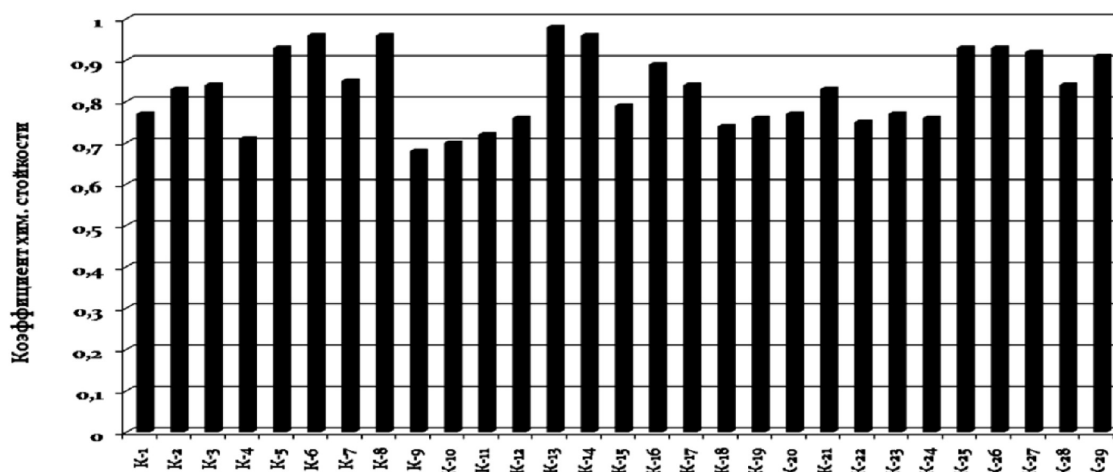


Рис. 2. Химическая стойкость защитных композиций

Стоит также отметить, что себестоимость двухслойных покрытий (рис. 3) лишь незначительно выше покрытий с отверждением ТЭАТ, а по технологии нанесения они имеют преимущества, ввиду отсутствия необходимости подвода тепла.

Сравнение себестоимости композиций по сырьевым компонентам

После расчёта себестоимости по сырьевым компонентам эпоксиполимерных композиций можно сделать следующие выводы:

- самой низкой себестоимостью по материалам обладает композиция 11 (149 руб.) составом ЭД-20+ацетон+ТЭАТ, но она имеет невысокие показатели по прочности на сжатие;
- самые высокие показатели по прочности были получены при испытании композиции 25 составом ЭД-20+ДЭГ-1+ацетон+ДЭТА+пропитка (ЭД-20+ДЭТА). К тому же данная композиция имеет приемлемую себестоимость по сырьевым компонентам (177,3 руб.) [3-8].

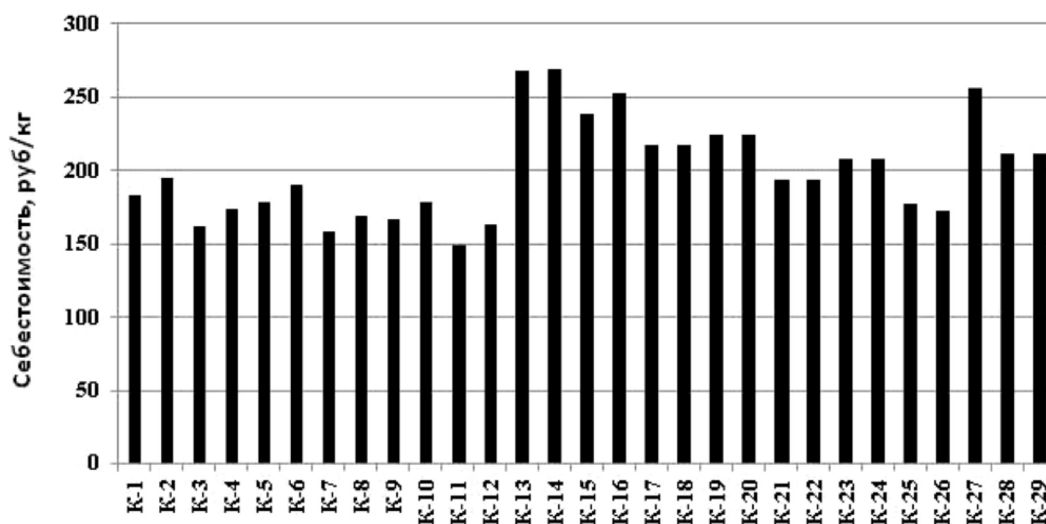


Рис. 3. Себестоимость композиций по сырьевым компонентам

Выполненные исследования позволили установить, что наиболее эффективными для защиты минеральных строительных материалов от воздействия влаги и биологически активных сред являются двухслойные полимерные покрытия на основе ЭД-20, отвержденные ДЭТА и ПЭПА. Экономический анализ по сырьевым компонентам позволил сделать вывод о том, что наиболее дешевым составом является К-11. Однако стоит отметить, что данная композиция по прочностным показателям уступает двухслойной К-25, незначительно превосходящей ее по себестоимости.

Таким образом, согласно технико-экономическим и прочностным показателям наиболее оптимально применять композицию К-25 для увеличения биостойкости строительных материалов и придания им гидроизоляционных свойств.

Список литературы

1. Строганов, В.Ф., Д.А. Куколева. Методика испытаний минеральных строительных материалов на биостойкость // Известия КГАСУ, 2011, № 3. – С. 150-156.
2. Куколева Д.А. Оценка биостойкости цементных растворов и эпоксидных полимеров в модельных средах // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. техн. наук. – Казань, 2012. – 21 с.
3. Смола эпоксидно-диановая неотвержденная марки ЭД-20. URL: <http://ed20.7910.org/index.php?osCsId=920307621be237957f6a9675cf> (дата обращения: 18.05.2012).
4. Отвердитель ДЭТА. Цена. URL: <http://promportal.ru/> (дата обращения: 18.05.2012).
5. Смола ДЭГ-1. Цена. URL: <http://msk.pulscen.ru/> (дата обращения: 18.05.2012).
6. Ацетон. Цена. URL: <http://www.epital.ru/resins/epres.htm> (дата обращения: 18.05.2012).
7. УП-583Д. Цена. URL: <http://piridin.ru/about> (дата обращения: 18.05.2012).
8. ТЭАТ. Цена. URL: <http://perm.pulscen.ru/> (дата обращения: 18.05.2012).

Stroganov V.F. – doctor of chemical sciences, professor

E-mail: svf08@mail.ru

Kukoleva D.A. – assistant

E-mail: daria-zd@rambler.ru

Moukhametova A.M. – post-graduate

E-mail: aminysia@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Research of the influence of epoxy polymer compositions on biostability and dampproof properties of the concrete

Resume

In spite of the fact that the problem of material prevention from corrosion has a rich history of the investigation, this problem is actual now. In order to prevent concrete construction disintegration must be taken protective measures. One of the most effective methods of concrete corrosion protection is epoxy resin coupling impregnation because these coatings increase the durability, life duration, harshness, impact toughness, endurance, corrosive medium resistance of concrete, decrease the capillary water absorption. These indicators are valuable for the precast structural concrete also for the process technology of roads, shell arches and etc.

In this connection the work is devoted to the influence of epoxy polymer compositions on biostability and dampproof properties of the concrete. The research of the listed properties investigated on protected and unprotected samples of the cement-sand grout with standard estimation procedure of water absorption of the cement and indirect assessment of the biostability of the construction materials in simulated mediums. The results have established that one of the promising protection techniques from influence of biologically active mediums is application of the epoxy polymer compositions.

Keywords: corrosion, cement-sand grout, epoxy resin, durability, estimation procedure.

References

1. Stroganov V.F., Kukoleva D.A. Method of test building materials on biodeterioration // News of the KSUAE, № 3. – Kazan: KSUAE, 2011 – P. 150-156.
2. Kukoleva D. Evaluation of biological stability of cement mortars and epoxy polymers in model media // Ph. d. thesis. on comp. ph.d. degree. technical sciences. – Kazan, 2012. – 21 p.
3. Uncured epoxy-diane resin grade ED-20. URL: <http://ed20.7910.org/index.php?osCsid=920307621be237957f6a9675cf> (reference date: 18.05.2012).
4. Epoxy hardener DETA. Cost URL: <http://promportal.su/> (reference date: 18.05.2012).
5. Resin DEG-1. Cost. URL: <http://msk.pulscen.ru/> (reference date: 18.05.2012).
6. Acetone. Cost. URL: <http://www.epital.ru/resins/epres.htm> (reference date: 18.05.2012).
7. Epoxy hardener UP-583Д. Cost. URL: <http://piridin.ru/about> (reference date: 18.05.2012).
8. Epoxy hardener TEAT. Cost. URL: <http://perm.pulscen.ru/> (reference date: 18.05.2012).