

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ ДЛЯ РЕМОНТА И ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Наведено результати досліджень полімерних сумішей на основі епоксидних смол для ремонту і захисту бетонних і залізобетонних споруд. Розроблено моделі, що відображують фізико-механічні і реологічні властивості композита. Проведено аналіз отриманих результатів.

Приведены результаты исследований полимерных составов на основе эпоксидных смол для ремонта и защиты бетонных и железобетонных сооружений. Разработаны модели отражающие физико-механические и реологические свойства композита. Проведен анализ полученных результатов.

The article presents results of studies of epoxy-based polymeric composition of for repair and protection of concrete and reinforced-concrete facilities. Models have been designed, reflecting physical, mechanical and rheological properties of the composite. Analysis of the obtained results has been made.

Известно, что бетонные и железобетонные сооружения под воздействием агрессивных природных и антропогенных факторов разрушаются. Попеременное увлажнение и высыхание, замораживание и оттаивание, механические воздействия льдов, химические и биологические воздействия являются основными причинами разрушения бетона [1–3].

Одним из путей решения этой проблемы является разработка материалов и технологий, направленных как на повышение стойкости вновь создаваемых конструкций и сооружений, так и на восстановление и увеличение ресурса конструкций и сооружений, требующих ремонта.

Строительный рынок сегодня предлагает широкий выбор материалов для защиты бетона – гидроизолирующие покрытия, гидрофобные пропитки, мастики, эмульсии, пасты, полимерные и полимерцементные композиции и т. п. Однако эти материалы имеют высокую стоимость из-за производства их за пределами Украины. Поэтому сегодня особенно актуальным является вопрос создания конкурентоспособных и недорогих ремонтных материалов на базе отечественных производителей.

На первом этапе исследований следовало определиться с материалами и способами ремонта.

Как показал литературный анализ, сегодня при ремонте и защите бетонных и железобетонных сооружений наиболее широко применяют инъектирование, торкретирование и окраску поверхности конструкций полимерными и полимерцементными растворами. Следует отметить, что значительная часть полимерных ремонтных композиций зарубежного производства готовится на основе эпоксидных смол [3–6].

Композиции на основе эпоксидных смол имеют высокие физико-механические и адгези-

онные показатели, стойкие к химическим воздействиям, и не теряют свои свойства при длительном хранении. Однако в Украине из-за недостатка исследований эпоксидные смолы отечественного производства практически не используются.

Нами была поставлена задача – разработать эффективные полимерные растворы на основе эпоксидных смол для ремонта и защиты бетонных и железобетонных сооружений. Для реализации этой задачи в 2004 г. была подана заявка на выделение гранта Президента Украины, в результате чего в конце 2004 г. был подписан договор с Фондом фундаментальных исследований при Министерстве образования и науки Украины.

На первом этапе исследований необходимо было провести анализ влияния микронаполнителя на свойства полимерного композита. Для проведения исследований были выбраны следующие материалы: полимерная эпоксидная смола (ЭД-22), отвердитель – полиэтиленполиамин (ПЭПА), микронаполнитель – пыль газоочистки производства ферросилиция (ПГПФ).

С целью получения максимального количества информации при минимальном количестве лабораторных опытов, был проведен планированный эксперимент. Варьируемые факторы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Варьируемые факторы, кг/м<sup>3</sup>

Уровни	Смола ЭД-22, (X <sub>1</sub> )	Отвердитель ПЭПА, (X <sub>2</sub> )	Микронаполнитель ПГПФ, (X <sub>3</sub> )
–1	300	20	0
0	400	60	400
+1	500	100	800

На основании проведенных экспериментов получены модели, отражающие зависимости прочности образцов на сжатие в возрасте 7, 14 и 28 сут. и времени полимеризации.

За основу поиска моделей, описывающих требуемые зависимости, брался полином следующего вида:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + a_{123}X_1X_2X_3,$$

где  $Y$  – отклик модели;  $a_i, a_{ij}$  – коэффициенты при отдельных членах полинома, причем  $a_0$  – свободный член полинома;  $X_i$  – варьируемые факторы в кодированном виде.

В табл. 2 приведены коэффициенты полинома, отражающего прочность при сжатии полимерной композиции в возрасте 28 сут., что отражает результаты построения моделей.

Таблица 2

Коэффициенты полинома	
Обозначение	Значение
$a_0$	2,773
$a_1$	-0,453
$a_2$	0,723
$a_3$	-0,734
$a_{11}$	0,008
$a_{22}$	-0,841
$a_{33}$	0,633
$a_{12}$	0,799
$a_{13}$	0,320
$a_{23}$	0,217
$a_{123}$	-0,382

Полученные модели позволяют рассчитать состав заданной прочности при сжатии в интервале 20...120 МПа. При этом погрешность составляет 6...10 %.

Установлено, что количество отвердителя и микронаполнителя существенно влияет на изменение физико-механических характеристик полимерной смеси.

Найден оптимальный интервал соотношений между эпоксидным вяжущим, отвердителем и микронаполнителем, что позволяет получить материал с достаточно широким спектром свойств.

Полученные модели можно рассматривать как в отдельности, предъявляя требования к одному свойству полимерной смеси, так и в комплексе. Например, искать состав полимерного композита с минимальным временем полимеризации и, в тоже время, максимальной прочностью.

Разработанные составы можно использовать как для инъектирования, так и для защиты поверхности бетонных и железобетонных конструкций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Пшинько А. Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений: Монография. – Д.: Пороги, 2000. – 411 с.
2. Хаютин Ю. Г. Монолитный бетон: Технология производства работ. – М.: Стройиздат, 1991. – 576 с.
3. Патуроев В. В. Полимербетоны / НИИ бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.
4. Treece R. A.; Jirsa J. O. Bond Strength of Epoxy-Coated Reinforcing Bars // ACI Materials Journal. – 1989. – V. 86. – No. 2. – Mar. – Apr. – P. 167–174.
5. Vipulanandan C.; and Dharmarajan N. Analysis of Fracture Parameters of Polymer Concrete // ACI Materials Journal. – 1989. – V. 86. – No. 4. – July-August. – P. 383–393.
6. O'Sell G., Jones J.J. Yield and transient effects during the plastic deformation of solid polymers // Mater.Sci. – 1981. – V.16, № 8. – P. 1956–1974.

Поступила в редколлегию 21.03.2005.