

4 **Доломанюк, Р. Ю.** Влияние коэффициента влажности на глубину карбонизации железобетонных элементов мостовых сооружений / Р. Ю. Доломанюк // Современные проблемы науки и образования: вопросы теории и практики : сб. статей междунар. науч.-практ. конф. НИЦ ПНК от 30 апреля 2019 г. / ред. кол.: Р. Р. Галлямов [и др.]. – Самара : Поволжская научная корпорация, 2019. – 232 с.

5 **Takewaka, K.** Quality and Cover Thickness of Concrete based on the Estimation of Chloride Penetration in Marine Environments / K. Takewaka, S. Mastumoto. – American Concrete Institute, 1988. – P. 381–400.

6 **Бабицкий, В. В.** Прогнозирование степени гидратации цемента с химическими добавками / В. В. Бабицкий // Материалы, технологии, инструмент. – 2005. – № 1. – С. 76–79.

7 **Papadakis, V. G.** Effect of composition, Environmental Factors and Cement-line Mortar Coating on Concrete Carbonation / V. G. Papadakis, M. N. Fardis, G. G. Vayenas // Materials and Structures. – Vol. 25. – 1992.

8 Dura Crete. Compliance Testing for Probabilistic Design Purposes. Brite EuRam III Project BE95-1347. Report R8. – 1999.

9 **Бородай, Д. І.** До оцінки ресурсу залізобетонних елементів мостів на стадії проектування / Д. І. Бородай // Авто-мобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2010. – Вип. 79. – С. 101–112.

10 **Карапетов, Э. С.** Прогноз срока службы железобетонных мостов на основе модели процесса карбонизации защитного слоя / Э. С. Карапетов, Д. А. Шестовицкий // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – Т. 13, № 1(46). – С. 14–23.

УДК 625.666.97

## **РЕМОНТ МОСТОВ И ПУТЕПРОВОДОВ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫМИ БЕТОНАМИ И РАСТВОРАМИ**

*А. Ю. ДОРОШЕНКО*

*Государственный университет инфраструктуры и технологий,  
Киевский институт железнодорожного транспорта, Украина*

Для продления сроков работы мостов и путепроводов необходимо проведение своевременных плановых ремонтных работ. Чаще всего при ремонте железобетонных конструкций мостов применяются материалы на основе полимеров: полимербетоны, полимерцементные бетоны [1, 2, 3, 4].

Сдерживающим фактором для широкого внедрения полимербетонов является их высокая стоимость и значительные усадочные деформации полимерных смол.

Полимерцементные бетоны имеют меньший коэффициент температурного расширения и усадку; более высокую прочность на растяжение, сжатие и изгиб по сравнению с обычным цементобетоном. Характеризуются лучшим сцеплением с бетоном и арматурой, лучшей водонепроницаемостью и коррозионной стойкостью.

Также положительно характеризуют полимерцементный бетон небольшие расходы полимеров и достаточно простой способ изготовления, этот материал позволяет достичь значительного эффекта при незначительном повышении стоимости. Качество ремонта мостов и путепроводов в значительной степени зависит от долговечности соединения между старым бетоном железобетонной конструкции и новым бетоном. Для этого необходимо обеспечить высокую адгезию между ними, которая зависит от деформативных свойств (в том числе модуля упругости и коэффициента температурного расширения).

Известно значительное количество полимерцементных бетонов с различными полимерами на основе винилацетата с этиленом или латексом СКС-65ГП, эпоксидной смолы с полиэтиленполиамином или полиамином и многие другие [5].

Целью работы является повышение физико-механических свойств полимерцементного бетона с улучшением его адгезии к старому бетону железобетонных конструкций мостов и путепроводов.

Для этого в Киевском институте железнодорожного транспорта совместно с институтом химии высокомолекулярных соединений НАН Украины была проверена эффективность полимерной композиции на основе стирольного раствора полиэтиленгликоль фталат малеината. Полимерная композиция «Спрут-5» (ТУ 88.193.034-80) вмещает следующие компоненты (мас. долей):

- стирольный раствор полиэтил-энгликольфталатмалеинат – 100;
- продукт взаимодействия аллилового спирта и толуилендиизоцианата – 65;
- перекись метилэтилкетона – 5;
- нафтенат кобальта – 5.

Предложенная полимерная композиция полимеризуется во влажных условиях в процессе твердения бетона следующего состава: Ц : П : Щ = 1 : 2,33 : 4,23.

Характеристика исходных материалов: минеральное вяжущее – портландцемент М400, мелкий заполнитель – песок кварцевый (Мкр – 1,47), крупный заполнитель – щебень гранитный (фракции 5–10 мм и 10–20 мм). Водоцементное соотношение – 0,5. Полимерцементную смесь готовили с введением полимерной композиции вместе с водой затворения в виде водополимерной эмульсии или в цементно-песчаную смесь с тщательным перемешиванием до введения воды. Исследования показали, что полученные результаты при таких методах введения полимерной композиции почти идентичны.

Полимерцементную смесь готовили с введением полимерной композиции в широком интервале от 0,00015 до 0,75 %. Наилучшие результаты получены, когда полимерная композиция вводилась в количестве 0,05–0,18 %.

После перемешивания полимерцементной смеси изготавливались образцы (кубы – 10×10×10 см и цилиндр с диаметром и высотой 15 см) с уплотнением вибрацией. Образцы твердели в нормальных условиях и исследовались через 1, 3 и 28 суток согласно стандартам на прочность при сжатии, водонепроницаемость, морозостойкость, водопоглощение. Результаты исследований приведены в таблице 1. Полимерцементную смесь готовили с введением полимерной композиции вместе с водой.

Таблица 1 – Влияние полимерных добавок на свойства полимерцементного бетона

Количество полимерной добавки, % от массы	Прочность при сжатии, МПа через количество суток			Морозостойкость после 100 циклов (K <sub>100</sub> )	Водонепроницаемость, атм.	Водопоглощение, %	Адгезия к старому бетону, МПа
	1	3	28				
–	10,3	18,4	40,4	0,70	6	3,8	6,9
0,050	13,8	21,8	47,0	0,91	10	2,0	8,0
0,065	14,7	22,2	47,1	0,93	12	1,9	8,2
0,080	15,9	22,6	48,5	0,93	12	1,7	8,1

Полимерная добавка практически не влияет на начальную подвижность бетонной смеси и даже ее пластифицирует по сравнению с эталоном (у эталона ОК = 1...3, с полимерной добавкой ОК = 4...7), что позволит на 4–6 % снизить водопотребность без уменьшения удобоукладываемости. Интенсивность снижения падения подвижности бетонной смеси в течение одного часа не меняется. Расслоение и водоотделение значительно уменьшается по сравнению с эталоном, а объем седиментационного осадка в 1,5–2 раза выше. Модифицированные полимерной добавкой бетонные смеси технологичны и обеспечивают высокое качество уплотнения.

Введение в бетонную смесь полимерной композиции формирует оптимальную структуру бетона, несколько уменьшает испарение влаги из свежееуложенной смеси, образует положительные условия твердения и улучшает уход за конструкциями после бетонирования.

Полимерная композиция полимеризуется в процессе твердения бетона, повышает модуль упругости, прочность при сжатии и изгибе.

Использованием полимера можно объяснить: уменьшение В/Ц, снижение числа крупных пор, взаимодействие и связи полимера с цементным гелем, повышение адгезионных связей между песком и полимерцементной матрицей. Проникающая сетка полимерной добавки капсулирует частицы песка тонкими слоями полимера и препятствует росту микротрещин. Растущая трещина вызывает деформацию полимера, энергия разрушения которого значительно выше чем в структуре цементного камня. Поэтому даже такое небольшое количество полимерной композиции значительно увеличивает жесткость пространственного скелета в ослабленных дефектных точках (микротрещины, поры и другие дефекты структуры цементного камня).

Таким образом, предложенная полимерцементная смесь имеет более высокую прочность и долговечность, что позволит повысить сроки межремонтного периода в гидротехническом и транспортном строительстве. Годовой экономический эффект оценивается в зависимости от количества использованной полимерцементной смеси на объектах дорожного строительства.

#### Список литературы

- 1 Дворкін, Л. Й. Технологія полімерних будівельних матеріалів : підручник / Л. Й. Дворкін, І. Г. Скрипник. – Рівне : УДУВГП, 2004. – 256 с.
- 2 Армополимербетон в транспорте строительства / В. И. Соломатов [и др.]. – М. : Транспорт, 1979. – 232 с.
- 3 Почапский, Н. Ф. Полимеры в дорожном строительстве / Н. Ф. Почапский, А. П. Сачко. – К. : Будівельник, 1968. – 85 с.
- 4 Черкинский, Ю. С. Полимерцементный бетон / Ю. С. Черкинский. – М. : Госстройиздат, 1960. – 234 с.
- 5 А. с. № 1655942 А. Способ ремонта бетонных изделий / Ю. М. Дорошенко [и др.]. – Бюл. № 72, 1991. – 4 с.