

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНОЙ ВОДНОЙ СМЕСИ ПРИ ВВЕДЕНИИ ОРГАНОБОРАНОВЫХ АМИННЫХ КОМПЛЕКСОВ КАК КОМПАТИБИЛИЗАТОРОВ

Л.Л. Семенычева, А.А. Мойкин, Ю.О. Маткивская, Е.В. Гераськина

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород*

На основании анализа литературных данных и результатов исследований показано: высокие значения морозостойкости и водонепроницаемости композиционных материалов при использовании цементной композиции с включением мономер-полимерной компоненты с органоборановым аминным комплексом получены за счет последнего как компатибилизатора. Высокие значения показателя «водонепроницаемость» связаны с образованием гидрофобизирующей структуры при застывании композиции, показателя «морозостойкость» – с образованием структурной полимерной сетки, включающей цементный камень, за счет дополнительных связей путем радикальных реакций с поверхностью образующегося цементного камня и полимера. Показана принципиальная возможность модификации свойств композиционного материала путем изменения состава мономерной смеси и использования безводной композиции.

Ключевые слова: композиционный материал, цементно-водная смесь, органоборановый аминный комплекс, компатибилизатор, мономер-полимерная смесь, морозостойкость, водонепроницаемость.

Введение

Проблема создания полифункциональных модифицированных композитов является в настоящее время одной из самых представленных в научной сфере. Спектр решений данного вопроса и область использования композитов имеют очень широкий диапазон. Это свидетельствует об актуальности подобных разработок и предполагает, с одной стороны, большой выбор предложений, а с другой стороны, серьезную конкуренцию среди них. В строительстве и для дорожных покрытий особенно важными являются такие показатели композиционных материалов, как морозостойкость и водонепроницаемость при хорошей прочности. В этом направлении проводятся исследования и испытания новых материалов с включением мономер-полимерных составляющих [1–6]. Сочетание свойств бетонов и полимеров позволяет использовать их полезные характеристики, получать композиты, характеризующиеся высокой прочностью, долговечностью, высокой экологичностью и относительно низкой стоимостью. В работе [7] нами предложена цементная композиция, при затвердевании которой образуется композиционный материал (КМ). Его достоинствами являются очень высокие показатели водонепроницаемости ($W \geq 20$) и морозостойкости ($F \geq 400$) при достаточно высокой прочности. Сравнивая полученные параметры с известными литературными данными [7], можно сказать, что аналогичных показателей в сравнимых составах достичь не удалось. Отличительной особенностью цементной смеси является использование мономер-полимерного вяжущего с компатибилизатором-органоборановым аминным комплексом (ОАК).

Целью данной работы является теоретическое и экспериментальное обоснование влияния ОАК в составе цементной смеси на показатели качества КМ, а также модификация свойств КМ путем изменения состава мономерной смеси и использования безводной композиции.

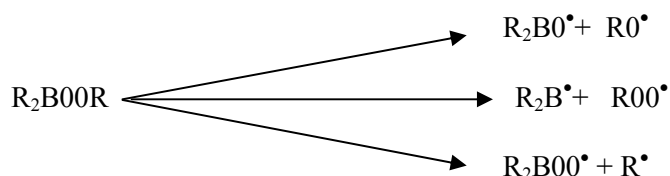
Экспериментальная часть

В работе использовали коммерческие реактивы: портландцемент (ПЦ) [8], песок [9], метилметакрилат (ММА) [10], полиметилметакрилат (ПММА) [11], метакриловую кислоту (МАК) [12], трипропилбор [13], гексаметилендиамин [14].

В реакторе (рис. 1) готовили мономер-полимерную смесь из ММА (смеси ММА и БА) ПММА, ОАК и МАК при следующем соотношении компонентов, мас. ч.: ММА – 0,88–0,9; ПММА – 0,05–0,08; МАК – 0,022–0,40; ОАК – 0,022–0,40 [7]. ОАК представляет собой смесь трипропилбора и гексаметилендиамина, взятых в соотношении 1:2, приготовленную смешением в отсутствие воздуха. Смесь песка, цемента и воды в соотношении, мас. ч.: ПЩ – 0,68–0,72; песок – 0,22–0,24; вода – 0,05–0,07; перемешивали в открытом смесителе, затем добавляли мономер-полимерную компоненту и заливали в формы (ГОСТ 22685-89). В случае образцов без ОАК и воды брали компоненты в тех же количествах, исключая воду. Образцы оставляли до полного застывания цементной композиции. Образующийся при затвердевании КМ испытывали по показателям качества: прочность (ГОСТ 8829-94), морозостойкость (ГОСТ 10060.095), водонепроницаемость (ГОСТ 12730.5-84).

Обсуждение результатов

Отличительной особенностью используемой для получения КМ цементной композиции [7] является небольшая добавка (2–4 %) компатибилизатора ОАК. Последний представляет собой комплекс триалкилборана с гексаметилендиаминном, который в растворе при добавлении деаминирующего агента /в работе [7] это метакриловая кислота (МАК)/ выделяет в раствор мономера триалкилборан. За счет кислорода воздуха, растворенного в мономере, с заметной скоростью происходит окисление триалкилборана с образованием радикальных продуктов. Известно [15, 16], что при этом образуется широкий спектр свободных радикалов: углерод-, кислород-, и бор-центрированных. Допускается, что образование свободных радикалов происходит в результате непосредственного гомолитического превращения элементоорганического пероксида R_2B00R , образующегося на первой стадии окисления триалкилборана, по схеме:



На наш взгляд, именно за счет участия радикальных частиц различной природы в стадии затвердевания цементной смеси наблюдаются высокие параметры качества образующегося КМ. Так, бор-центрированный радикал чрезвычайно активен [16], способен взаимодействовать с твердой поверхностью. Видимо именно этот компонент мономерно-полимерной добавки реагирует с поверхностью образующегося цементного камня. В подтверждение этому следует привести данные работ [17–22], в которых показано: клеевые композиции с включением ОАК позволяют склеивать поверхности практически любой природы, как минеральной, так и полимерной, включая металлы и тетрафторэтилен, причем без предварительной обработки поверхности. Одновременно с привитой полимеризацией на поверхность цементного камня и образующегося полимера в формах идет отверждение всей композиции.

Образование структурной полимерной сетки, включающей цементный камень, за счет дополнительных связей путем радикальных реакций с поверхностью образующегося цементного камня и полимера приводит к получению КМ с высокими показателями морозостойкости и водонепроницаемости. Следует обратить внимание на то, что нами получены данные о введении той же мономер-полимерной смеси без ОАК (табл. 1, строка 1). Видно, что в этом случае не удается

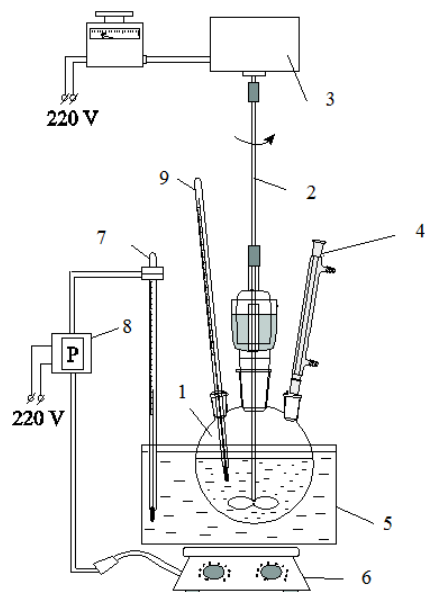


Рис. 1. Схема установки для приготовления смесей:
1 – реактор; 2 – мешалка; 3 – лабораторная мешалка; 4 – обратный холодильник; 5 – водяная баня; 6 – электродвигатель; 7 – контактный термометр; 8 – реле; 9 – термометр

Физическая химия

достичь таких показателей по морозостойкости и водонепроницаемости. Это подтверждает предложенную модель повышения указанных показателей за счет структурирования матрицы цементной смеси при затвердевании. Видимо, при участии радикальных частиц, образованных при окислении ОАК, образуется очень прочная полимерная сетка, дополнительно связанная с цементным камнем. Согласно данным табл. 1 (строка 2–5), влияние концентрации добавки ОАК незначительно как на морозостойкость, так и на водонепроницаемость.

Таблица 1

Значения показателей качества композиционных материалов

№ п/п	Содержание ОАК в образце, %	Показатели качества КМ		
		Прочность, мПа ГОСТ 8829-94	Морозостойкость F ГОСТ 10060.095	Водонепроницаемость W ГОСТ 12730.5-84
1	-	15	20	не выдерживает испытания
2	3	30	400	20
3	5	32	400	20
4	7	32	400	20
5	10	33	400	20

Анализ литературных данных показывает [1–6], что наиболее широко используются как компоненты в смесях при получении КМ – аналогов бетона виниловые мономеры, такие как метилметакрилат, стирол, акрилонитрил, трет-бутилстирол, винилацетат. В клеевых композициях с ОАК чаще используют акриловые мономеры [17–22]. Исследование влияния природы мономера в полимерном компоненте цементной композиции [7] осуществлено на примере акрилатных мономеров. В составе мономерно-полимерного компонента заложен ММА. Представляло интерес для снижения хрупкости ПММА использовать БА. Он, встраиваясь в полимерные цепи, представляет собой «внутренний» пластификатор. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний водно-полимерных КМ

№ образца	Содержание БА в смеси с ММА (%)	Время распалубки, ч	Показатель морозостойкости	Показатель водонепроницаемости	Прочность на сжатие, МПа
1	2	12	F400	W16	32
2	4	12	F400	W16	36
3	5	12	F400	W18	43
4	10	12	F400	W18	39

Из табл. 2 можно заметить, что в этом случае имеет место небольшое уменьшение показателя «водонепроницаемость», хотя при этом введение более 4 % позволяет увеличить показатель «прочность» (см. табл. 2, столбец 3, и табл. 3, столбец 5).

Для подтверждения предположения о важной роли поверхности цементного камня в образовании структурной полимерной сетки были получены образцы КМ из цементной композиции, по методу [7] без воды. Результаты испытания полученных КМ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты испытаний полимерных КМ

№ образца	Время распалубки, ч	Показатель морозостойкости	Показатель водонепроницаемости	Прочность на сжатие, МПа
1	3	F300	W20	78
2	3	F300	W20	74
3	2	F300	W20	–

Как видно из данных табл. 3, в случае безводных цементных составов отсутствие воды позволило получить КМ с временем застывания 2–3 ч и высокими показателями водонепроницаемости и прочности (табл. 3). Однако в этом случае цемент, также как и песок выступает как наполнитель по отношению к мономер-полимерной смеси, так как образование цементного камня без воды не происходит. Отсутствие хороших показателей по морозостойкости, очевидно, связа-

но с тем, что при контакте с водой цемент, не превратившийся в этом случае в цементный камень, начинает забирать на себя воду с образованием трещин. Водонепроницаемость бетона связана со структурой пор, которые образуются при затвердевании водной цементной смеси.

Заключение

В результате проведенных исследований получены новые результаты, которые в совокупности с известными литературными данными позволяют утверждать, что высокие показатели морозостойкости и водонепроницаемости композиционного материала при использовании цементной композиции с включением мономер-полимерной компоненты с органоборановым аминным комплексом получены за счет последнего как компатибилизатора. Высокое значение показателя «водонепроницаемость» связано с образованием гидрофобизирующей структуры при застывании композиции, которая имеет место как в водной композиции, так и в безводной того же состава. Высокое значение показателя «морозостойкость» связано с образованием структурной полимерной сетки, включающей цементный камень за счет дополнительных связей путем радикальных реакций с поверхностью образующегося цементного камня и полимера. В случае использования ОАК в мономер-полимерной составляющей имеет смысл говорить о модели одновременно гидрофобизирующей и меняющей структуру пор цементной композиции при застывании. Показана возможность модификации свойств композиционного материала путем изменения состава мономерной смеси и использования безводной композиции.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (задание №2014/134, соглашение от 27 августа 2013г. № 02.В.49.21.0003) с использованием оборудования ЦКП «Новые материалы и ресурсосберегающие технологии» (проект RFMEFI59414X0005).

Литература

1. Sivakumar, M. Effect of polymer modification on mechanical and structural properties of concrete – An experimental investigation / M. Sivakumar // International J. of Civil and Structural Engineering. – 2010. – V. 1. – № 4. – P. 732–740.
2. Overview of High-Molecular-Weight Methacrylate for Sealing Cracks in Concrete Bridge Decks /A. Rahim, D. Jansen, N. Abo-Shadi, J. Simek // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2202, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. – 2010. – P. 77–81. DOI 10.3141/2202-10.
3. Hwang, E.-H. Characteristics of Polyester Polymer Concrete using Spherical Aggregates from Industrial By-Products /E.-H. Hwang, J.-M. Kim, J. H. Yeon // J. Appl. Polym. Sci. – 2013. – P. 2905 – 2912. DOI: 10.1002/app.39025.
4. Martínez-Barrera, G. Polymer concretes: a description and methods for modification and improvement / G. Martínez-Barrera // Journal of Materials Education. – 2011. – V. 33, № 1–2. – P. 37–52.
5. Конструкционные композиты на основе акрилового связующего для строительных и ремонтных работ / В.П.Рыбалко, А.И. Никитюк, Е.И. Писаренко и др.// Химическая промышленность. – 2013. – № 6. – С. 46–49.
6. Полимербетоны на основе термопластичных связующих / А.И. Христофоров, И.А. Христофорова, В.А.Горячева и др. // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 6–3. – С. 141–143.
7. Пат. 2562313 Российская Федерация. Цементная композиция / Л.Л. Семенычева, О.А. Казанцев, А.Л. Есипович, А.М. Обьедков, Е.П. Чухманов, Е.В. Гераськина, Ю.О. Маткивская. – № 2014132013/03; заявл. 01.08.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25. – 6 с.
8. ГОСТ 10178–85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 6 с.
9. ГОСТ 8736–93. Песок для строительных работ. Технические условия. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве (МНТКС), 2001. – 13 с.
10. ГОСТ 20370–74. Эфир метиловый метакриловой кислоты. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 15 с.

11. ТУ 2216–042–55856863–2005. ПММА (полиметилметакрилат) гранулированный ДАКРИЛ-61. Технические условия, 2005. – 20 с.
12. ГОСТ 12821–80. Метакриловая кислота. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 9 с.
13. ТУ 6–02–879–82. Трипропилбор. Технические условия, 1982. – 17 с.
14. ТУ 6–21–417–82. Гексаметилендиамин. Технические условия. – 17 с.
15. Organoboranes-Atmospheric Oxygen Systems as Unconventional Initiators of Radical Polymerization / M.Yu. Zaremski, E.S. Garina, M.E. Gurskii et al. // Polymer Science. Series B. – 2013. – V. 55, № 5–6. – P. 304–326. DOI: 10.1134/S1560090413050072.
16. Koster, R. Stabile freieRadikalemit BN-und AIN-Bindungen / R. Koster, G. Benedikt, H.W. Schrotter// Angew.Chem. – 1964. – V. 76, № 14. P. 649– 650. DOI: 10.1002/ange.19640761415
17. А.с. 1457392 СССР. Композиция для склеивания фторопласта и полиэтилена / В.А. Додонов, Г.А. Разуваев, Ю.В. Жаров, Ю.Н. Краснов. – № 4121227/05; заявл. 22.09.1986; опубл. 10.03.1996, Бюл. № 25. – 6 с.
18. А.с. 1609117 СССР. Композиция для склеивания термопластов / В.А. Додонов, Ю.Н. Краснов, Ю.В. Жаров, Л.А. Чесноков, С.А. Сергеев. – № 4654249/05; заявл. 23.02.1989; опубл. 27.03.1996, Бюл. № 25. – 6 с.
19. А.с. 1621491 СССР. Способ склеивания термопластов / В.А. Додонов, Ю.Н. Краснов, Ю.В. Жаров, В.В. Чесноков. – № 4675406/05; заявл. 23.02.1989; опубл. 20.05.1996, Бюл. № 14. – 6 с.
20. Пат. US2004/0127614A1 США. Polyolefin adhesive compositions and articles made therefrom / P. Jiang, K.A. Nelson, Ch.L. Curry, A.H. Dekmezian, Ch.L. Sims, R. Abhari, C.A. Garcia-Franco, J.An.M. Canich, N. Kappes, M.L. Faissat, L.E. Jacob. – № 10/686,951; заявл. 15.10.2003; опубл. 01.07.2004, Бюл. № 14. – 142 с.
21. Пат. US007524910B2 США. Polyolefin adhesive compositions and articles made therefrom /P. Jiang,K. A. Nelson, A.H. Dekmezian, Ch.L. Sims, R. Abhari, C.A. Garcia-Franco, J.An.M. Canich, N. Kappes, M.L. Faissat, L.E. Jacob. – № 10/686,951; заявл. 15.10.2003; опубл. 28.04.2009, Бюл. № 14. – 132 с.
22. Пат. US2005/0178395 A1 США .Polymer compositions and methods for their use / W.L. Hunter, Ph.M. Toleikis, D. M. Gravett, A. Maiti, R. T. Liggins, A. Takacs-Cox, R. Avelar, T.A.E. Loss. – № 11/006,900; заявл. 07.12.2004; опубл. 18.08.2005, Бюл. № 14. – 354 с.

Семеньчева Людмила Леонидовна – доктор химических наук, доцент, заведующий лабораторией нефтехимии НИИ химии, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. 603950, г. Нижний Новгород, пр. им. Ю.А. Гагарина, 23. E-mail: llsem@yandex.ru

Мойкин Алексей Анатольевич – кандидат химических наук, докторант лаборатории нефтехимии НИИ химии Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. 603950, г. Нижний Новгород, пр. им. Ю.А. Гагарина, 23. E-mail: moykin@mail.ru

Маткивская Юлия Олеговна – аспирант лаборатории нефтехимии НИИ химии, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. 603950, г. Нижний Новгород, пр. им. Ю.А. Гагарина, 23. E-mail: yulia-univer@mail.ru

Гераськина Евгения Викторовна – кандидат химических наук, младший научный сотрудник лаборатории нефтехимии НИИ химии, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. 603950, г. Нижний Новгород, пр. им. Ю.А. Гагарина, 23. E-mail: geraskinaev@mail.ru

Поступила в редакцию 10 мая 2016 г.

MODELING PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON AQUEOUS MIXTURES CEMENT WITH THE INTRODUCTION OF THE ORGANOBORANE AMINE COMPLEX AS COMPATIBILIZERS

L.L. Semenycheva, llsem@yandex.ru

A.A. Moykin, moykin@mail.ru

Yu.O. Matkivskaya, yulia-univer@mail.ru

E.V. Geraskina, geraskinaev@mail.ru

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Based on an analysis of published data and research results show: the high values of frost resistance and water resistance of composite materials using a cement composition with the inclusion of the monomer – polymer component with the organoborane amine complex obtained by the latter as a compatibilizer. High values: index “watertight” associated with the formation of water-repellent structure during the solidification of the composition, the indicator “frostresistance” – to form a polymer network structure consisting of cement stone due to additional bonds by radical reactions with the surface of the resulting polymer cement and stone. The fundamental possibility of modifying the properties of the composite material by changing the composition of the monomer mixture and the use of anhydrous compositions.

Keywords: composite material, cement-water mixture, organoborane amine complex, compatibilizer, monomer-polymer mixture, frost resistance, water resistance.

References

1. Sivakumar M. Effect of Polymer Modification on Mechanical and Structural Properties of Concrete – An Experimental Investigation. *International J. of Civil and Structural Engineering*, 2010, vol. 1, no 4, pp. 732–740.
2. Rahim A., Jansen D. Abo-Shadi N., Simek J. [Overview of High-Molecular-Weight Methacrylate for Sealing Cracks in Concrete Bridge Decks]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2202, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.*, 2010, pp. 77–81. DOI 10.3141/2202-10.
3. Hwang E.-H., Kim J.-M., Yeon J.H. [Characteristics of Polyester Polymer Concrete using Spherical Aggregates from Industrial By-Products]. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2013, pp. 2905–2912. DOI: 10.1002/app.39025.
4. Martínez-Barrera G. [Polymer Concretes: a Description and Methods for Modification and Improvement]. *Journal of Materials Education*, 2011, vol. 33, no. 1–2, pp. 37–52.
5. Rybalko V.P., Nikitjuk A.I., Pisarenko E.I., D’jachenko P.B., Kireev V.V. Structural Composites Based on Acrylic Binder for Building and Repair Work [Konstruktsionnye kompozity na osnove akrilovogo svyazuiushchego dlia stroitel’nykh I remontnykh rabot]. *Himicheskaja Promyshlennost’ [Chemical Industry]*, 2013, no. 6, pp. 46–49.
6. Hristoforov A.I., Hristoforova I.A., Gorjacheva V.A., Kreshhik A.A. Polymer-based Thermoplastic Binder [Polimerbetony na osnove termoplastichnykh svyazuiushchikh]. *Teoreticheskie I prikladnye aspekty sovremennoj nauki [Theoretical and Applied Aspects of Modern Science]*, 2014, no. 6–3, pp. 141–143.
7. Semenycheva L.L., Kazancev O.A., Esipovich A.L., Ob’edkov A.M., Chuhmanov E.P., Geraskina E.V., Matkivskaja Ju.O. *Cementnaja kompozicija [Cement Composition]*. Patent RF, no. 2562313, 2015.
8. GOST 10178 – 85. *Portlandcement I shlakoportlandcement. Tehnicheskie uslovija [Portland cement and slag. Specifications]*. Moscow, 2004, 6 p.
9. GOST 8736 – 93. *Pesok dlja stroitel’nyh rabot. Tehnicheskie uslovija [Sand for construction works. Specifications]*. Moscow, 2001, 13 p.

10. GOST 20370 – 74. *Jefir metilovyj metakrilovoj kisloty. Tehnicheskie uslovija* [The ester methyl methacrylate. Specifications]. Moscow, 1985, 15 p.
11. TU 2216 – 042 – 55856863 – 2005. *PMMA (polimetilmetakrilat) granulirovannyj DAKRIL-61. Tehnicheskie uslovija* [PMMA (polymethylmethacrylate) granulated Dacre-61. Specifications]. Moscow, 2005. – 20 p.
12. GOST 12821 – 80. *Metakrilovaja kislota. Tehnicheskie uslovija* [Methacrylic acid. Specifications]. Moscow, 2004, 9 p.
13. TU 6 – 02 – 879 – 82. *Tripopilbor. Tehnicheskie uslovija* [Tripropilbor. Specifications]. Moscow, 17 p.
14. TU 6 – 21 – 417 – 82. *Geksametilendiamin. Tehnicheskie uslovija* [Hexamethylenediamine. Specifications]. Moscow, 17 p.
15. Zaremski M.Yu., Garina E.S., Gurskii M.E., Bubnov Yu.N. Organoboranes-Atmospheric Oxygen Systems as Unconventional Initiators of Radical Polymerization. *Polymer Science. Series B.*, 2013, vol. 55, no. 5–6, pp. 304–326. DOI: 10.1134/S1560090413050072.
16. Koster R., Benedikt G., Schrotter H.W. [Stabile freie Radikale mit BN- und AIN-Bindungen]. *Angew. Chem.*, 1964, vol. 76, no 14, pp. 649–650. DOI 10.1002/ange.19640761415.
17. Dodonov V.A., Razuvaev G.A., Zharov Ju.V., Krasnov Ju.N. *Kompozicija dlja skleivanija ftoroplasta i polijetilena* [A composition for bonding a fluoroplastic and polyethylene]. Patent USSR, no 1457392, 1996.
18. Dodonov V.A., Krasnov Ju.N., Zharov Ju.V., Chesnokov L.A., Sergeev S.A. *Kompozicija dlja skleivanija termoplastov* [A composition for bonding thermoplastics]. Patent USSR, no 1609117, 1996.
19. Dodonov V.A., Krasnov Ju.N., Zharov Ju.V., Chesnokov V.V. *Sposob skleivanija termoplastov* [A method for bonding thermoplastics]. Patent USSR, no 1621491, 1996.
20. Jiang P., Nelson K.A., Curry Ch.L., Dekmezian A.H., Sims Ch.L., Abhari R., Garcia-Franco C.A., Canich J.An.M., Kappes N., Faissat M. L., Jacob L. E. Polyolefin adhesive compositions and articles made therefrom. Patent US, no US2004/0127614A1, 2004.
21. Jiang P., Nelson K.A., Dekmezian A.H., Sims Ch.L., Abhari R., Garcia-Franco C.A., Canich J.An.M., Kappes N., Faissat M.L., Jacob L. E. Polyolefin adhesive compositions and articles made therefrom. Patent US, no US007524910B2, 2009.
22. Hunter W.L., Toleikis Ph.M., Gravett D.M., Maiti A., Liggins R.T., Takacs-Cox A., Avelar R., Loss T.A.E. Polymer compositions and methods for their use. Patent US, no US2005/0178395A1, 2005.

Received 10 May 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Моделирование свойств композиционного материала на основе цементной водной смеси при введении органоборановых аминных комплексов как компатибилизаторов / Л.Л. Семенычева, А.А. Мойкин, Ю.О. Маткивская, Е.В. Гераскина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2016. – Т. 8, № 3. – С. 28–34. DOI: 10.14529/chem160304

FOR CITATION

Semenycheva L.L., Moykin A.A., Matkivskaya Yu.O., Geraskina E.V. Modeling Properties of Composite Materials Based on Aqueous Mixtures Cement with the Introduction of the Organoborane Amine Complex As Compatibilizers. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry.* 2016, vol. 8, no. 3, pp. 28–34. DOI: 10.14529/chem160304