



eISSN 2311-2468
Том 2, № 4. 2014
Vol. 2, no. 4. 2014

электронное периодическое издание
для студентов и аспирантов

Огарёв-онлайн Ogarev-online

<https://journal.mrsu.ru>



ШАРАНОВ Д. А., СМОЛЬЯНОВ Р. Н., БОГАТОВ А. Д.

**ВЛИЯНИЕ БИОЦИДНОГО ПРЕПАРАТА «ТЕФЛЕКС ЗАЩИТА ДЛЯ МЕТАЛЛА»
НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ**

Аннотация. Подтверждены биоцидные свойства препарата «Тефлекс Защита для металла». Установлено, что ее введение в количестве ≥ 1 мас. ч. позволяет придать цементному камню грибостойкость, а при увеличении содержания до $\geq 7,5$ мас. ч. – фунгицидность. Для гипсовых композитов повышение биостойкости достигнуто при введении препарата в концентрации ≥ 5 мас. ч. Кроме того, исследуемая добавка оказывает пластифицирующий эффект, уменьшая водопотребность, а также снижает водопоглощение гипсовых материалов.

Ключевые слова: биоцидный препарат; гуанидин; грибостойкость; фунгицидность.

SHARANOV D. A., SMOLYANOV R. N., BOGATOV A. D.

**BIOCIDAL PREPARATION “TEFLEX PROTECTION
FOR METAL” EFFECTS ON PROPERTIES OF BUILDING COMPOSITES
BASED ON INORGANIC CEMENTS**

Abstract. The tests have proved the biocidal properties of the admixture “Teflex Protection for metal”. Thus, the admixture introduction in quantity of ≥ 1 % makes a cement stone fungi resistant, while its increase to $\geq 7,5$ % provides the composite with fungicidity. For plaster composites the increase of biostability is reached at the preparation introduction in concentration of ≥ 5 %. Moreover, the admixture shows a plasticizing effect that reduces water requirement and water absorption of plaster materials.

Keywords: biocidal preparation; gouanidin; fungi resistant; fungicidity.

В условиях современного индустриального развития ежегодно возрастает роль биологических факторов, оказывающих влияние на разрушение материалов, применяемых в различных областях человеческой деятельности [1]. Учитывая, что в процессе эксплуатации эти материалы постоянно контактируют с окружающей средой и между собой, представляется целесообразным проведение исследований с целью более детального установления свойств препаратов, применяемых для их биозащиты. Особый интерес в связи с этим представляют обладающие широким спектром, пролонгированным действием препараты на основе гуанидина [2, 3].

К препаратам этой группы относится «Тефлекс Защита для металла» – водный дезинфектант с очищающим и антикоррозионным эффектом, представляющий собой модифицированный комплекс гуанидина, в состав которого входит неионогенное ПАВ с активными антикоррозионными добавками.

Исследование биологического сопротивления составов, содержащих биоцидную добавку, проводилось в соответствии с ГОСТ 9.049-91 (метод 1 и метод 3).

Таблица 1

Влияние добавки «Тефлекс Защита для металла» на биостойкость материалов на основе портландцемента М 500 Д0

Содержание добавки, мас. ч.	Устойчивость к действию грибов, балл		Характеристика по ГОСТу 9.049–91
	Метод 1	Метод 3	
0	3	4	Негрибостоек
1,0	1	4	Грибостоек
3,0	0	3	Грибостоек
5,0	0	2	Грибостоек
7,5	0	0	Фунгициден

Таблица 2

Влияние добавки «Тефлекс Защита для металла» на биостойкость материалов на основе строительного гипса

Содержание добавки, мас. ч.	Устойчивость к действию грибов, балл		Характеристика по ГОСТу 9.049–91
	Метод 1	Метод 3	
0	3	5	Негрибостоек
3,0	3	5	Негрибостоек
5,0	0	5	Грибостоек
7,5	0	4	Грибостоек

Введение в состав материалов на основе портландцемента М500 Д0 данного препарата в количестве ≥ 1 мас. ч. придает им грибостойкость, а при концентрации $\geq 7,5$ мас. ч. сообщает фунгицидные свойства. Для гипсовых композитов повышение биостойкости проявившееся в создании грибостойких материалов достигнуто при введении препарата в концентрации ≥ 5 мас. ч.

Выявлено, что препарат оказывает пластифицирующее действие, и уменьшает соотношение жидкости и сухих компонентов необходимое для создания равноподвижной смеси.

Установлено, при введении добавки в состав материалов на основе гипса наблюдается снижение их водопоглощения на величину до 16 %, при введении 5 мас. ч. добавки (см. рис. 1 а).

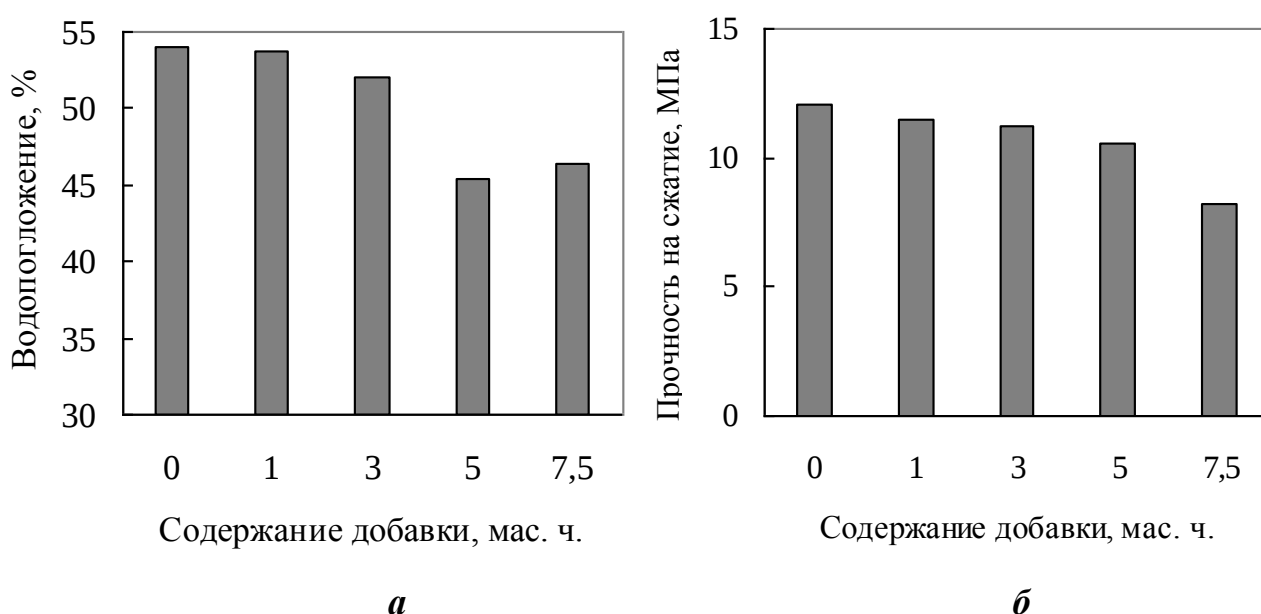


Рис. 1. Зависимость изменения и водопоглощения (а) и прочности на сжатие (б) композитов на основе строительного гипса от содержания добавки «Тефлекс Защита для металла»

При введении биоцидной добавки отмечено повышение средней плотности гипсовых и снижение плотности цементных материалов.

При введении в составы добавки «Тефлекс Защита для металла» происходит снижение прочностных характеристик как цементных (см. рис. 2), так и гипсовых композитов (см. рис. 1 б), при чем для материалов на основе цемента это зафиксировано при твердении и в нормальных условиях, и (несколько более интенсивно) в условиях термовлажностной обработки (см. рис. 2 з).

Однако следует отметить, что введение препарата в концентрации 1 мас. ч., позитивно сказываясь на биостойкости композитов (для материалов на основе портландцемента М500

Д0 это обеспечивает им грибостойкость), практически не оказывает негативного влияния на их прочность.

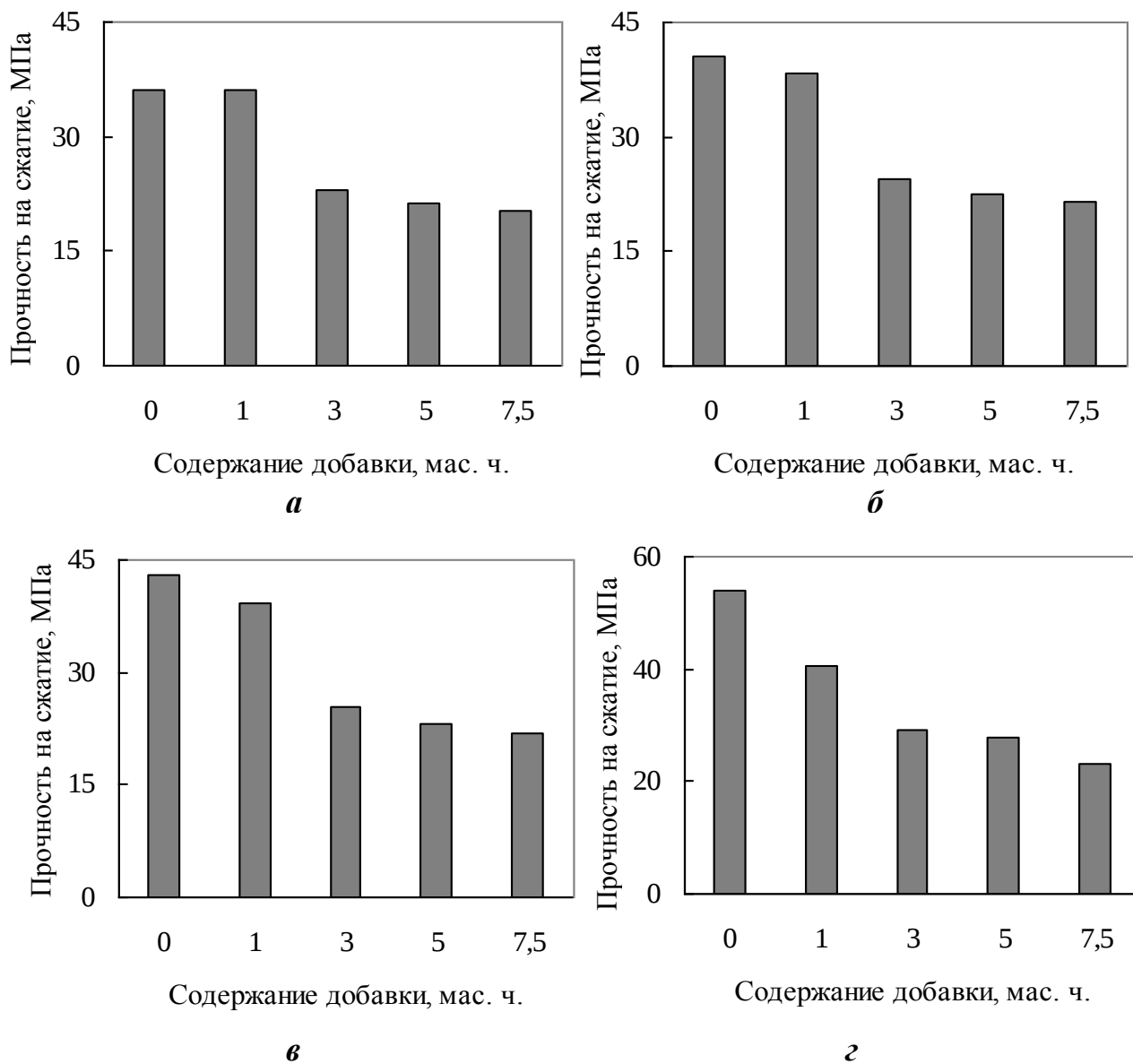


Рис. 2. Зависимость изменения прочности на сжатие композитов на основе портландцемента М500 Д0 от условий твердения и содержания добавки «Тефлекс Защита для металла»:
 а – композиты, твердевшие в нормальных условиях в течение 7 суток;
 б – то же 14 суток, в – то же 14 суток, г – композиты, отвержденные в условиях термовлажностной обработки.

Кроме того, установлено, что в случае модификации цементных материалов препаратом «Тефлекс Защита для металла» применять режим термовлажностной обработки нерационально.

Таким образом, подтверждены биоцидные свойства препарата «Тефлекс Защита для металла». Установлено, что ее введение в количестве ≥ 1 мас. ч. позволяет придать цементному камню грибостойкость, а при увеличении содержания до $\geq 7,5$ мас. ч. на 100 мас. ч. связующего – фунгицидность. При этом следует отметить, что в концентрации 1 мас. ч. препарат оказывает незначительное влияние на прочность получаемых композитов, не снижая возможность их эффективного применения. Для гипсовых композитов повышение биостойкости проявившееся в создании грибостойких материалов достигнуто при введении препарата в концентрации ≥ 5 мас. ч. Кроме того, исследуемая добавка оказывает пластифицирующий эффект, уменьшая водопотребность, а также снижает водопоглощение гипсовых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев В. Т., Богатов А. Д., Богатова С. Н. и др. Исследование биостойкости строительных материалов с учетом их старения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – № 22 (41). – С. 73–78.
2. Ерофеев В. Т., Казначеев С. В., Богатов А. Д. и др. Биоцидные цементные композиты с добавками, содержащими гуанидин // Приволжский научный журнал. – 2010. – № 4 (16). – С. 87–94.
3. Казначеев С. В., Ерофеев В. Т., Богатов А. Д. и др. Влияние добавок на основе гуанидина на стойкость цементных композитов в условиях воздействия модельной бактериальной среды // Интернет-вестник ВолгГАСУ. [Электронный ресурс]. – Сер.: Политематическая, 2012. – Вып. 1 (20). – Режим доступа: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=792>

АБДЮШЕВ Н. К., БОЛДИНА И. В., РОДИН А. И.

**СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ
НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОВ**

Аннотация. На основе экспериментальных исследований показано, что введение натрия серноокислого оказывает существенное влияние на основные физико-механические свойства цементных композитов. Для эффективного практического использования композитов, изготовленных с применением биоцидных добавок, необходимо всесторонне учитывать изменение их свойств как при подборе состава, так и в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: модифицированный цемент; биоцидная добавка; композит; физико-механические свойства.

ABDYUSHEV N. K., BOLDINA I. V., RODIN A. I.

**PROPERTIES OF BUILDING COMPOSITES
BASED ON MODIFIED CEMENTS**

Abstract. The tests have proved the ability of NaSO_4 to modify the basic physical and mechanical properties of cement composites. In this connection, for effective practical use of composites with biocidal additives, it seems necessary to consider their properties' changes both at structure selection and while in service.

Keywords: modified cements; biocidal additives; composite; physical and mechanical properties.

В процессе эксплуатации изделия из композиционных материалов непрерывно взаимодействуют с окружающей средой, которая может оказывать на них сильное негативное влияние. Нередко на практике строительные конструкции, подвергающиеся воздействиям внешней среды и нагрузок, показывают недостаточную долговечность, что является серьезной проблемой, от решения которой зависит эффективность строительных материалов и изделий в целом. В последние десятилетия значительно возрастает необходимость надежной защищенности от биоповреждений, т.е. от нежелательных изменений свойств и нарушения работоспособности материалов и конструкций в результате воздействия биологически активных сред и продуктов их жизнедеятельности [1].

С точки зрения снижения стоимости и трудоемкости проведения работ, наиболее эффективным из методов борьбы с биоповреждениями является введение в состав бетона фунгицидных добавок, относящихся к различным классам химических соединений, придающих ему необрастающие свойства [2]. Известно, что модифицирующие добавки

оказывают влияние не только на биологическое сопротивление, но и на основные физико-механические свойства строительных материалов. В этой связи нами были проведены исследования с целью изучения влияния воздействия натрия сернокислого безводного на ряд физико-механических свойств цементных материалов [3, 4].

В ходе выполнения эксперимента были использованы: бездобавочный портландцемент марок М500 и М400 и песок Смольненского карьера РМ, фракция 0,315–0,63 мм.

На первом этапе исследований нами были исследованы прочностные характеристики композитов. Полученные результаты показывают, что при введении от 2,5 до 5 мас. ч. натрия сернокислого увеличивается прочность цементных композитов на величину 18–35 %, при этом наиболее эффективно введение в их состав 2,5 мас. ч. добавки. Однако следует отметить, что введение добавки в количестве $\geq 7,5$ мас. ч. от общей массы сухих компонентов приводит к резкому снижению прочностных показателей и развитию в структуре материалов микро- и макротрещин.

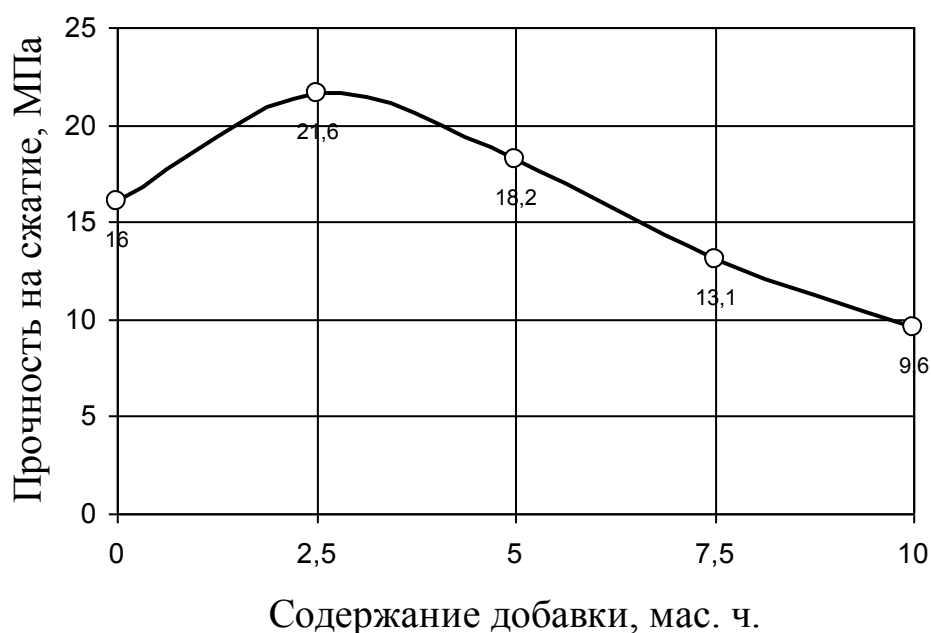


Рис. 1. Изменение предела прочности на сжатие композитов на основе цемента М400 Д0 от количественного содержания натрия сернокислого

Водопоглощение также является одним из основных свойств строительных материалов, показывающим его проницаемость. Оно заключается в его способности впитывать и удерживать воду при непосредственном соприкосновении с ней и зависит от наличия в материале открытых пор. Нами были проведены исследования зависимости изменения

водопоглощения цементных составов на основе портландцементов М400 Д0 и М500 Д0 от содержания натрия сернокислого.

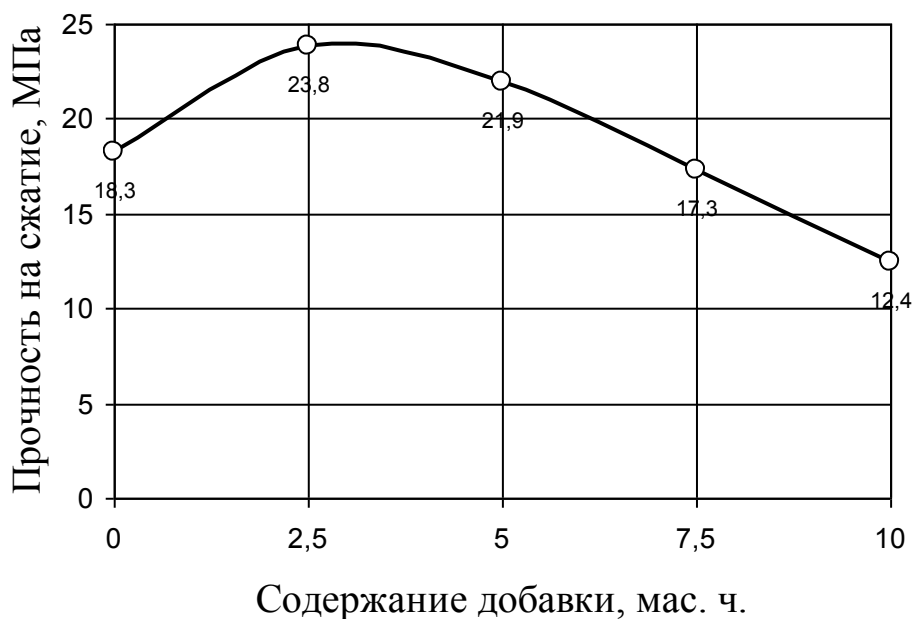


Рис. 2. Изменение предела прочности на сжатие композитов на основе цемента М500 Д0 от количественного содержания натрия сернокислого

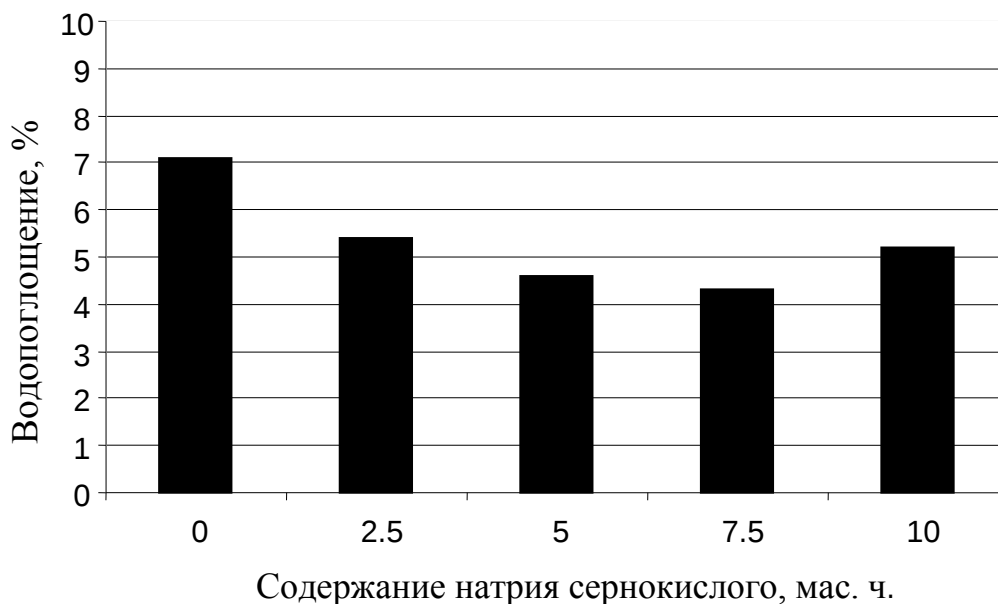


Рис. 3. Зависимость изменения водопоглощения композитов на основе цемента М400 Д0 от количественного содержания натрия сернокислого



Рис. 4. Зависимость изменения водопоглощения композитов на основе цемента М500 Д0 от количественного содержания натрия сернокислого

Результаты испытаний показывают, что водопоглощение отвержденных композитов на основе модифицированных цементных растворов оказалось существенно ниже, чем у бездобавочных. При этом минимальные значения водопоглощения получены для композитов, содержащих в своем составе 5 мас. ч. натрия сернокислого, величина этого показателя по сравнению с контрольными составами снизилась на 35 и 21 % для составов на основе цемента М400 Д0 и М500 Д0 соответственно.

Таким образом, на основе экспериментальных исследований подтверждено, что введение натрия сернокислого оказывает существенное влияние на основные физико-механические свойства цементных композитов. Для эффективного практического использования композитов, изготовленных с применением биоцидных добавок, необходимо всесторонне учитывать изменение их свойств как при подборе состава, так и в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: материалы Второй Междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: Н. И. Карпенко, В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. – 288 с.

2. Ерофеев В. Т., Родин А. И., Богатов А. Д. и др. Физико-механические свойства и биостойкость цементов, модифицированных серноокислым натрием, фтористым натрием и полигексаметиленгуанидин стеаратом // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып. 7. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – Ч. 2. – С. 292–309.
3. Ерофеев В. Т., Казначеев С. В., Богатов А. Д. и др. Биоцидные цементные композиты с добавками, содержащими гуанидин // Приволжский научный журнал. – № 4 (16), 2010. – С. 87–94.
4. Ерофеев В. Т., Родин А. И., Богатов А. Д. и др. Биоцидный портландцемент с улучшенными физико-механическими свойствами // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – Vol. 8, Issue 3, 2012. – С. 81–92.

ПЬЯНЗИНА М. Д., СТРОКИНА Н. А., КАЗНАЧЕЕВ С. В.

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ,
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БИОЦИДНЫМ ПРЕПАРАТОМ «ТЕФЛЕКС
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ»**

Аннотация. Подтверждены высокие биоцидные свойства и широкий спектр препарата «Тефлекс индустриальный». Установлено, что введение данной добавки позволяет придать цементным и гипсовым композитам фунгицидные свойства. Кроме того, происходит снижение водопотребности составов, увеличение плотности и уменьшение водопоглощения отвержденных материалов. Увеличение прочности цементных композитов говорит о возможности и целесообразности применения биоцидной добавки «Тефлекс индустриальный» для биозащиты строительных композитов.

Ключевые слова: биоцидный препарат; строительный композит; биостойкость; фунгицидные свойства; прочность.

RYANZINA M. D., STROKINA N. A., KAZNACHEEV S. V.

**INORGANIC CEMENT-BASED BUILDING COMPOSITES
MODIFIED BY BIOCIDAL ADMIXTURE “TEFLEX INDUSTRIAL”**

Abstract. The study has proved high biocidal properties and wide efficiency range of the admixture “Teflex industrial”. The tests demonstrated the admixture power to make cement and plaster composites fungi resistant. Moreover, the solidified composites showed a decrease of water requirement and an increase in density and water absorption reduction. The increase in toughness of cement composites enables us to recommend the admixture for bioprotection of building composites.

Keywords: biocidal admixture; building composite; bioproofness; fungi resistant; toughness.

Как известно из практики строительства практически на все материалы, изделия и конструкции на протяжении всего периода существования (от формирования структуры до последней стадии эксплуатации) взаимодействуют с окружающей средой. Их взаимодействие с биологическими средами природного или техногенного происхождения сопровождается различными физико-химическими процессами, которые при недостаточной стойкости к микробиологической коррозии могут привести к снижению эксплуатационной надежности, ухудшению внешнего вида и даже разрушению [1, 2]. Кроме того, грибковые болезни, обусловленные влиянием биоповреждений зданий, занимают все большую роль в перечне заболеваний людей. Для предотвращения возникновения (и)или снижения

негативного воздействия биоповреждений существует ряд мер, наиболее эффективными из которых является введение в состав материала на стадии его изготовления фунгицидных добавок [2, 3].

«Тефлекс индустриальный» представляет собой полимерную водную композицию, содержащую полигексаметиленгуанидин и полифункциональные добавки. Концентрация полигексаметиленгуанидина в препарате составляет 39,5–40,5 % (ТУ 23-86-003-23170704–99, изм. № 1, 2 к ТУ от 25 ноября 2006 г.). Данная добавка обладает широким спектром и предназначена в том числе и для промышленного применения.

Испытания биологического сопротивления проводились в соответствии с ГОСТ 9.049-91 (метод 1 и метод 3).

Таблица 1

Влияние добавки «Тефлекс Индустриальный» на биостойкость материалов на основе портландцемента М 500 Д0

Содержание добавки, мас. ч.	Устойчивость к действию грибов, балл		Характеристика по ГОСТу 9.049–91
	Метод 1	Метод 3	
0	3	4	Негрибостоек
1,0	0	0(4)*	Фунгициден
3,0	0	0(10)	Фунгициден
5,0	0	0(13)	Фунгициден
7,5	0	0(15)	Фунгициден

* В скобках приведен радиус зоны ингибирования роста грибов R, мм.

Таблица 2

Влияние добавки «Тефлекс Индустриальный» на биостойкость материалов на основе строительного гипса

Содержание добавки, мас. ч.	Устойчивость к действию грибов, балл		Характеристика по ГОСТу 9.049–91
	Метод 1	Метод 3	
0	3	5	Негрибостоек
3,0	0	4	Грибостоек
5,0	0	3	Грибостоек
7,5	0	0	Фунгициден

Введение в состав композитов на основе портландцемента М500 Д0 препарата в количестве ≥ 1 мас. ч. придает цементному камню фунгицидные свойства. При этом если при введении добавки в количестве 1 мас. ч. возникает зона ингибирования роста грибов

радиусом 4 мм, то с ростом ее концентрации она увеличивается и при 7,5 мас. ч. составляет 15 мм. Введение препарата в состав гипсовых композитов в количестве ≥ 1 мас. ч. придает получаемым материалам грибостойкость, а при увеличении концентрации до 7,5 мас. ч. также сообщает фунгицидные свойства.

Препарат оказывает пластифицирующее действие. При введении данной добавки отмечается увеличение средней плотности отвержденных композитов как на основе гипсовых, так и цементных связующих.

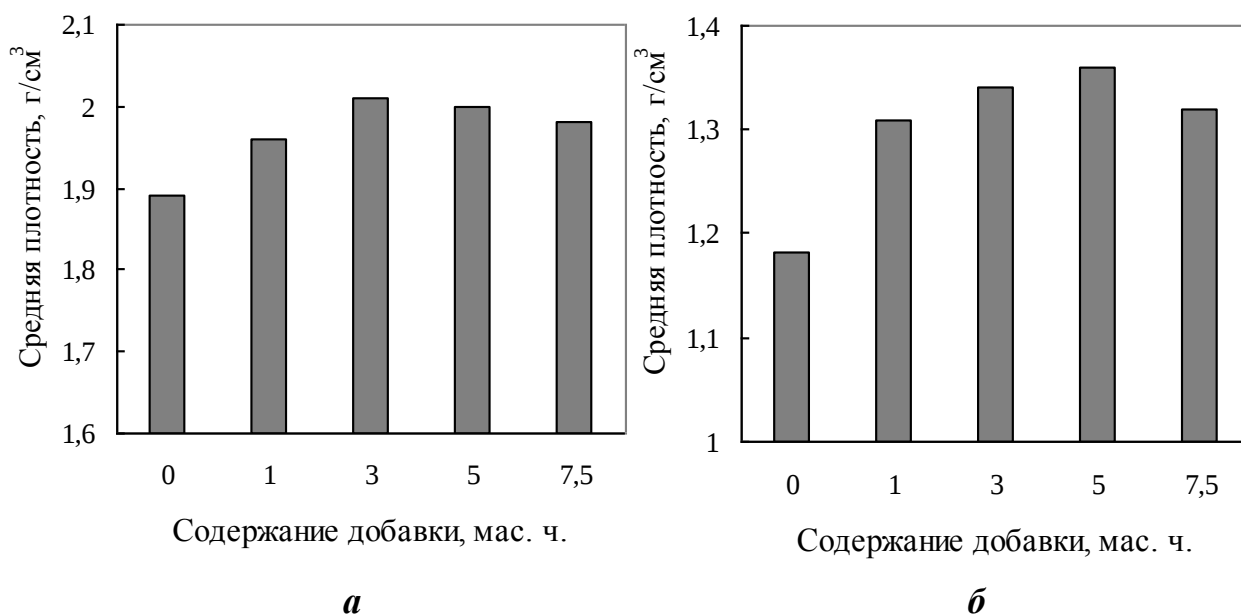


Рис. 1. Изменение средней плотности композитов на основе портландцемента М500 Д0 (а) и строительного гипса (б) от содержания добавки «Тефлекс Индустриальный»

Благодаря применению добавки удалось повысить прочность цементных композитов, причем наиболее интенсивный рост показателя отмечен при увеличении содержания добавки до 1 мас. ч., а максимальные показатели достигнуты при введении 5 мас. ч. добавки. Это увеличение составило 28 и 35, 17 и 30, 13 и 24 % композитов в возрасте 7, 14 и 28 суток соответственно. Для гипсовых составов отмечено снижение прочностных показателей, что, однако не уменьшает возможности их применения.

Установлено, что при применении термовлажностной обработки наблюдается рост прочности цементных композитов по отношению к контрольным бездобавочным составам на величину от 2 до 8,5 %. По прочностным показателям пропаренные материалы превосходят аналогичные составы, отвержденные при нормальных условиях в течение 28 суток на 6–29 %. Кроме того, отмечено, что средняя плотность составов в случае их

отверждения в условиях термовлажностной обработки выше, чем при твердении в нормальных условиях.

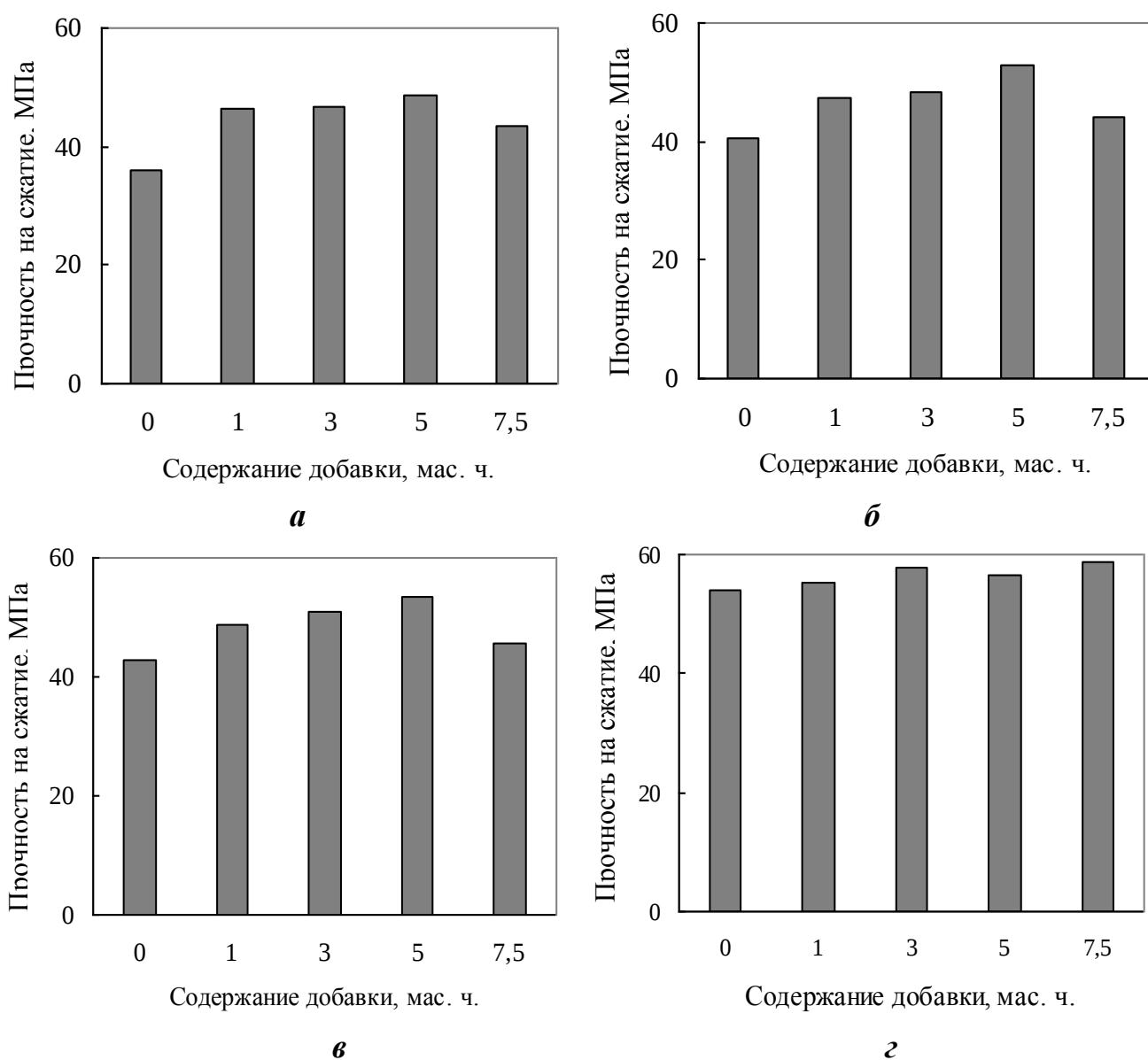


Рис. 2. Зависимость изменения прочности на сжатие композитов на основе портландцемента М500 Д0 от условий твердения и содержания добавки «Тефлекс Индустриальный»:

а – композиты, твердевшие в нормальных условиях в течение 7 суток;

б – то же 14 суток, *в* – то же 14 суток, *г* – композиты, отвержденные в условиях термовлажностной обработки.

Таким образом, в ходе проведенных исследований подтверждены высокие биоцидные свойства и широкий спектр препарата «Тефлекс индустриальный». Установлено, что введение данной добавки в количестве ≥ 1 мас. ч. позволяет придать цементному камню

фунгицидность, гипсовым композитам грибостойкость, а при увеличении концентрации до 7,5 мас. ч. у гипсовых составов также проявились фунгицидные свойства.

Кроме того, происходит снижение водопотребности составов, увеличение плотности и уменьшение водопоглощения отвержденных материалов. Отмечено увеличение прочности цементных композитов с максимальными показателями при введении 5 мас. ч. добавки. Композиты, отвержденные в условиях термовлажностной обработки, превосходят аналогичные составы, отвержденные при нормальных условиях, в течение 28 суток. Следует отметить, что при содержании препарата в количестве 1 мас. ч. происходит наиболее интенсивный рост прочности при достижении фунгицидных свойств. Это говорит о возможности и целесообразности применения биоцидной добавки «Гефлекс индустриальный» для биозащиты строительных композитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: Н. И. Карпенко, В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – 256 с.
2. Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: материалы Второй Междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: Н. И. Карпенко, В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. – 288 с.
3. Ерофеев В. Т., Казначеев С. А., Богатов А. Д. и др. Биоцидные гипсовые композиты с добавками, содержащими гуанидин // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – №26, 2012. – С. 108–113.

ГУБАНОВА О. Н., САЛТАНОВА Л. В., КАЗНАЧЕЕВ С. В.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОЦИДНЫМ ПРЕПАРАТОМ «ТЕФЛЕКС
РЕСТАВРАТОР»**

Аннотация. Доказаны биоцидные свойства добавки «Тефлекс Реставратор», проявившиеся в придании цементному камню грибостойкости. Применение препарата оказывает пластифицирующее действие и снижает водопоглощение гипсовых композитов. Введение препарата повышает плотность цементных композитов и приводит к увеличению их прочности в разные сроки твердения на 26–40 % по сравнению с контрольными.

Ключевые слова: композит; биоцидный препарат; биостойкость; грибостойкие свойства; прочность.

GUBANOVA O. N., SALTANOVA L. V., KAZNACHEEV S. V.

**A STUDY OF INORGANIC CEMENT-BASED COMPOSITES
MODIFIED BY BIOCIDAL ADMIXTURE “TEFLEX RESTORER”**

Abstract. The tests have proved biocidal properties of the admixture “Teflex Restorer”. Particularly, the properties showed in making cement stone fungi resistant. The admixture has a plasticizing effect on plaster composites as well as reduces their water absorption. The density of cement composites increases. As a result, their toughness in the process of hardening improves up to 26–40 % in comparison with the control composites.

Keywords: composite; biocidal admixture; bioproofness; fungi resistant; toughness.

Долговечность и надежную эксплуатацию строительных изделий, конструкций, зданий и сооружений в условиях воздействия биологически активных сред можно обеспечить только при соблюдении мер по защите конструкций и материалов от биологической коррозии путем снижения или полного исключения агрессивного биологического воздействия [1, 2]. Одним из наиболее эффективных и длительно действующих способов защиты строительных материалов как на органических, так и неорганических связующих является применение биоцидных соединений, относящиеся к химическим методам борьбы с биоповреждениями [3, 4, 5]. Одним из таких препаратов является «Тефлекс Реставратор», разработанный для уничтожения плесени, грибка.

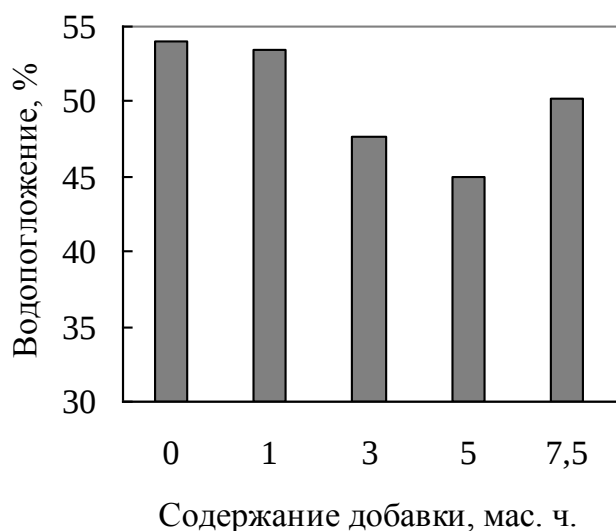
Исследование биологического сопротивления составов, модифицированных биоцидной добавкой «Тефлекс Реставратор», проводилось в соответствии с ГОСТ 9.049–91 (метод 1 и метод 3).

Анализ данных подтверждает биоцидные свойства препарата «и показывает, что введение в состав материалов на основе портландцемента М500 Д0 в добавки концентрации ≥ 1 мас. ч. придает получаемому цементному камню грибостойкие свойства. Стоит также отметить, что при выдерживании полученных материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях без дополнительных источников углеродного и минерального питания (метод 1) в результате осмотра под микроскопом образцов, содержащих ≥ 3 мас. ч. добавки, рост плесневых грибов не был зафиксирован.

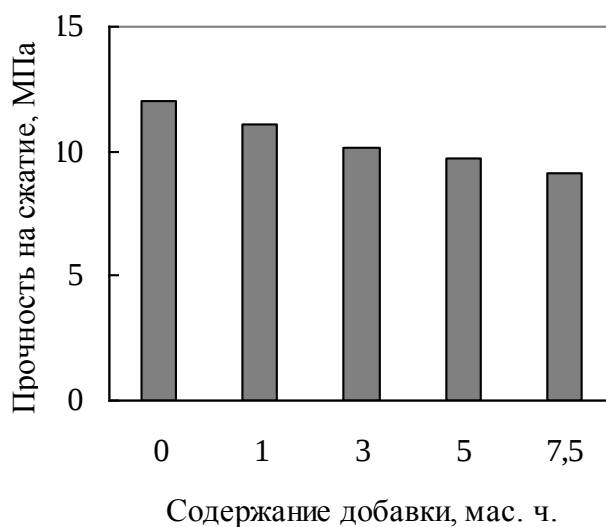
Таблица 1

Влияние добавки «Тефлекс Реставратор» на биостойкость
материалов на основе портландцемента М 500 Д0

Содержание добавки, мас. ч.	Устойчивость к действию грибов, балл		Характеристика по ГОСТу 9.049–91
	Метод 1	Метод 3	
0	3	4	Негрибостоек
1,0	1	4	Грибостоек
3,0	0	3	Грибостоек
5,0	0	3	Грибостоек
7,5	0	3	Грибостоек



а



б

Рис. 1. Зависимость изменения водопоглощения (а) и прочности на сжатие (б) композитов на основе строительного гипса от содержания добавки «Тефлекс Реставратор».

Установлено, что введение в состав как цементных, так и гипсовых материалов модифицирующей добавки «Тефлекс Реставратор» оказывает пластифицирующее действие, и уменьшает соотношение жидкости и сухих компонентов необходимое для создания равноподвижной смеси.

Введение препарата приводит к небольшому, до 2,5 % по сравнению с бездобовочными составами, повышению плотности для цементных образцов и снижению для гипсовых материалов (см. рис. 1).

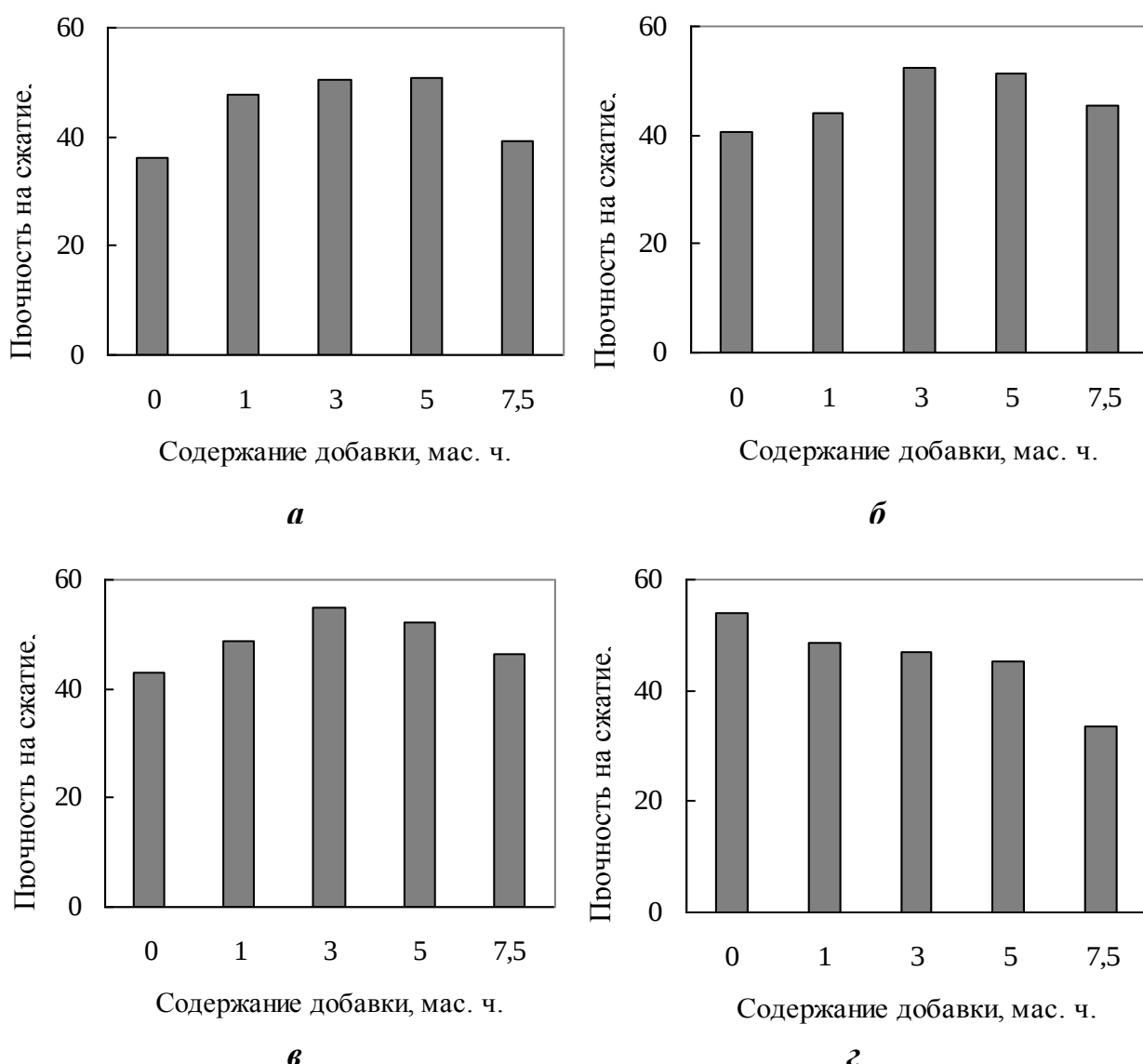


Рис. 2. Зависимость изменения прочности на сжатие композитов на основе портландцемента М500 Д0 от условий твердения и содержания добавки «Тефлекс Реставратор»:

- а* – композиты, твердевшие в нормальных условиях в течение 7 суток;
б – то же 14 суток, *в* – то же 14 суток, *г* – композиты, отвержденные в условиях термовлажностной обработки.

При введении добавки «Тефлекс Реставратор» в состав материалов на основе гипса наблюдается снижение их водопоглощения до 16,5 % по сравнению с контрольными составами при введении 5 мас. ч. препарата. Для композитов на основе портландцемента М500, наоборот, происходит его рост на величину от 4 до 8 %.

Благодаря применению добавки «Тефлекс Реставратор» удалось повысить прочность цементных композитов на 40, 26 и 27 % в возрасте 7, 14 и 28 суток соответственно, причем максимальные показатели достигнуты при введении 3 мас. ч. добавки на 100 мас. ч связующего (см. рис. 2).

Для материалов на основе гипса зафиксировано снижение прочности при введении исследуемой добавки

Установлено, что твердение в нормальных условиях является оптимальным режимом обработки модифицированных цементных композитов (см. рис. 2 з). . Это проявляется в том, что композиты, содержащие биоцидную добавку «Тефлекс Реставратор» и прошедшие термовлажностную обработку, уступают по прочности как контрольным бездобавочным материалам, так и образцам аналогичного состава, но твердевшим 28 суток в нормальных условиях составам.

Таким образом, доказаны биоцидные свойства добавки «Тефлекс Реставратор», проявившиеся в придании цементному камню грибостойкости. Выявлено, что применение препарата оказывает пластифицирующее действие при введении как в цементные, так и в гипсовые материалы, снижает водопоглощение гипсовых композитов. Введение препарата повышает плотность цементных композитов и приводит к увеличению их прочности в разные сроки твердения на 26–40 % по сравнению с бездобавочными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: Н. И. Карпенко, В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов и др. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – 256 с.
2. Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: материалы Второй Междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: Н. И. Карпенко, В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. – 288 с.
3. Ерофеев В. Т., Родин А. И., Богатов А. Д. и др. Биоцидный портландцемент с улучшенными физико-механическими свойствами // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – Volume 8, Issue 3, 2012. – С. 81–92.

4. Касимкина М. М., Светлов Д. А., Казначеев С. В. и др. Исследование физико-механических свойств эпоксидных композитов с фунгицидной добавкой «Тефлекс» // Транспортное строительство. – № 2, 2009. – С. 29–30.
5. Касимкина М. М., Светлов Д. А., Казначеев С. В., Богатов А. Д., Ерофеев В. Т. Эпоксидные лакокрасочные материалы с биоцидной добавкой «Тефлекс» // Лакокрасочные материалы и их применение. – №1-2, 2008. – С.77–79.

КВАРАЦХЕЛИЯ М. Е., РОДИНА Н. Г., РОДИН А. И.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ
КОМПОЗИТОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ
АГРЕССИВНЫХ СРЕД**

Аннотация. Определено влияние натрия сернокислого безводного на прочность цементных композитов в условиях воздействия биологических агрессивных сред. Установлено, что введение данной добавки в количестве 5 мас. ч. в состав цементов позитивно сказывается на прочностных показателях получаемых композитов. Учитывая фунгицидные свойства данных составов, подтверждены целесообразность их применения в условиях реальной эксплуатации и целесообразность их применения на практике.

Ключевые слова: модифицированный цемент; композит; биологические агрессивные среды; прочность,

KVARATSKHELIYA M. Y., RODINA N. G., RODIN A. I.

**A STUDY OF TOUGHNESS OF MODIFIED CEMENT COMPOSITES IN
BIOLOGICAL EXCITED ENVIRONMENTS**

Abstract. The article presents a study of anhydrous Na_2SO_4 effects on cement composites' toughness under the conditions of biological excited environments. The test showed that the additive introduction in quantity of 5 % into the structure of cements improves toughness of the resulting composites. Considering fungicidal properties of the composites, the study proves the expediency of their practical use.

Keywords: modified cements; composite; biological excited environments; toughness.

В настоящее время все более актуальными являются исследования по биодegradации и биосопротивлению строительных материалов, которые в процессе эксплуатации подвергаются разрушающему действию биологически активных сред [1]. Микроорганизмы постоянно и повсеместно обитают в среде пребывания человека, используя органические и неорганические соединения, входящие в состав всего созданного человеком, как питательный субстрат.

Они обнаружены как в зданиях старой постройки, к которым относятся уникальные памятники архитектуры, так и в новостройках. Число исторических зданий катастрофически тает, и причина этого в том числе в разрушении строительных конструкций в результате биокоррозионных процессов.

Повреждения строительных материалов, вызванные заселением и развитием микроорганизмов, могут представлять серьезную опасность как непосредственно для конструкций зданий и сооружений, так и для здоровья и даже жизни людей.

Процессы биоразрушений прогрессируют с каждым годом. В последнее время отмечается рост разнообразия и численности микроорганизмов, вызывающих биозаражение материалов и сооружений. Одним из эффективных методов борьбы против биопоражения зданий и сооружений, повышения биологического сопротивления строительных материалов и конструкций являются биозащитные препараты, применяемые для обработки компонентов и введения в состав композиционных материалов с целью повышения их биологического сопротивления [2, 3].

Отечественными и зарубежными производителями осуществляется выпуск широкой номенклатуры различных химических препаратов, обладающих биоцидными свойствами. Поэтому при выборе биоцидной добавки необходимо учитывать несколько факторов: доступность, не высокая стоимость, эффективность, безопасность для человека и т.д. Одним из отечественных препаратов удовлетворяющим этим условиям является натрий сернокислый безводный

Нами были проведены исследования, направленные на определение влияния натрия сернокислого безводного на прочность цементных композитов в условиях воздействия биологических агрессивных сред (см. рис. 1, 2).

Для этого образцы цементно-песчаного раствора после исследования на биологическое сопротивление в соответствии с ГОСТ 9.049-91 (метод 1 и метод 3) подверглись испытанию на прочность.

В условиях воздействия биологических агрессивных сред ухудшаются прочностные характеристики композитов, при этом наиболее существенно при выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях – на твердой питательной среде Чапека-Докса (испытания по методу 3).

Из полученных графических зависимостей наглядно видно, что введение модифицирующей добавки – натрия сернокислого в количестве 2,5 и 5 мас. ч. на 100 мас. ч связующего позитивно сказывается на динамике изменения прочности композитов на основе портландцемента М500 Д0 – сами материалы превосходят по прочностным показателям бездобавочные образцы и величина относительного падения прочности до 20 % меньше, чем для контрольных составов.

Для композитов на основе портландцемента М400 Д0 сходная динамика наблюдается только для составов, содержащих 5 мас. ч. исследуемой модифицирующей добавки на 100 мас. ч связующего.

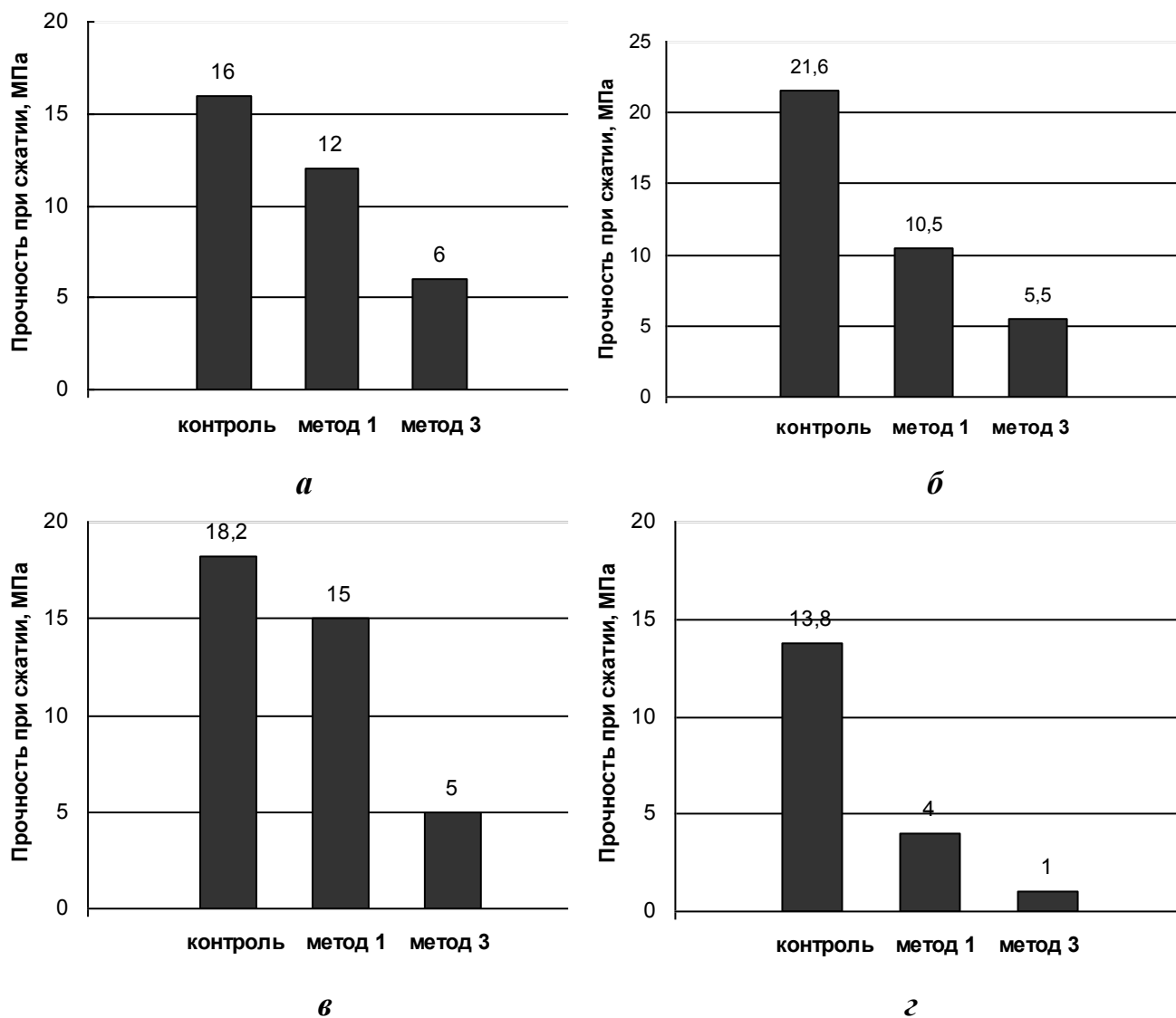


Рис. 1. Зависимость изменения прочности при сжатии композитов на основе портландцемента М400 Д0 после исследования на биостойкость по ГОСТ 9.049-91 от содержания натрия сернокислого
а – контрольный бездобавочный состав; *б* – состав, содержащий 2,5 мас. ч. натрия сернокислого, *в* – то же, 5 мас. ч., *г* – то же, 7,5 мас. ч.

Однако следует учесть следующий аспект. При введении в состав 7,5 мас. ч. натрия сернокислого на 100 мас. ч. цемента после испытания на биологическое сопротивление резко снижаются прочностные показатели обеих партий образцов, при этом наблюдается интенсивная кристаллизация.

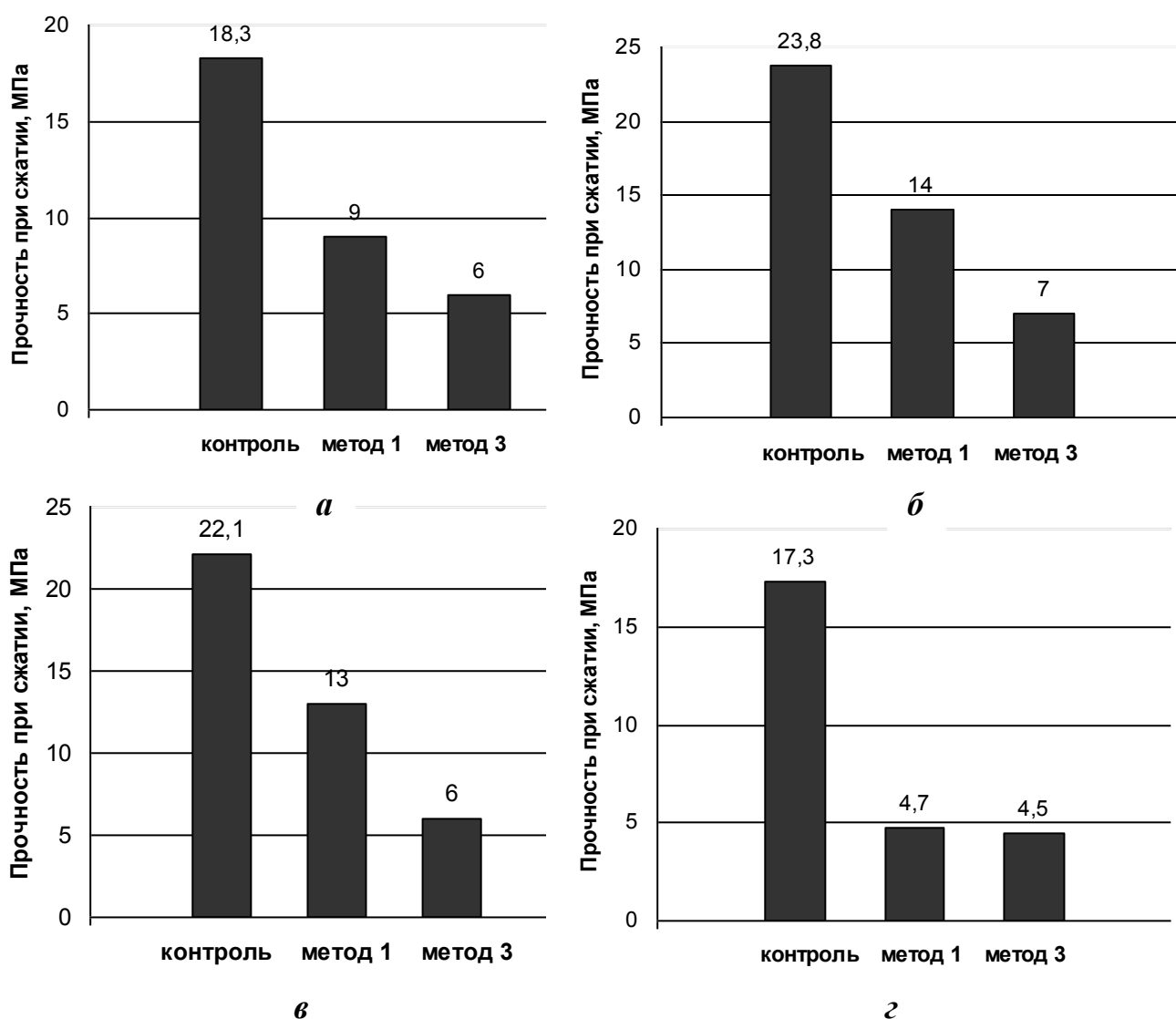


Рис. 2. Зависимость изменения прочности при сжатии композитов на основе портландцемента М500 Д0 после исследования на биостойкость по ГОСТ 9.049-91 от содержания натрия сернокислого

а – контрольный бездобавочный состав; *б* – состав, содержащий 2,5 мас. ч. натрия сернокислого, *в* – то же, 5 мас. ч., *г* – то же, 7,5 мас. ч.

Таким образом, нами определено влияние натрия сернокислого безводного на прочность цементных композитов в условиях воздействия биологических агрессивных сред. Установлено, что введение данной добавки в количестве 5 мас. ч. в состав цементов позитивно сказывается на прочностных показателях получаемых композиционных материалов. Учитывая фунгицидные свойства данных составов, подтверждены биоцидные свойства и эффективность применения натрия сернокислого, возможность придания

строительным материалам на основе портландцемента устойчивости к воздействию мицелиальных грибов в условиях реальной эксплуатации и целесообразность их применения на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф., Морозов Е. А. и др. Микробиологическое разрушение материалов: учеб. пособие. – М.: АСВ, 2008. – 128 с.
2. Ерофеев В. Т., Казначеев С. В., Богатов А. Д. и др. Биоцидные цементные композиты с добавками, содержащими гуанидин // Приволжский научный журнал. – № 4 (16), 2010. – С. 87–94.
2. Ерофеев В. Т., Родин А. И., Богатов А. Д. и др. Физико-механические свойства и биостойкость цементов, модифицированных сернокислым натрием, фтористым натрием и полигексаметиленгуанидин стеаратом // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып. 7. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – Ч. 2. – С. 292–309.

ЗЕМСКОВ С. М., МОРОЗОВА А. Н., КАЗНАЧЕЕВ С. В.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Введение в состав полимерных строительных материалов веществ, угнетающих или уничтожающих вредоносную микрофлору является перспективным. Для этого необходимо проведение комплексных исследований процессов биокоррозии данных материалов, и проверка полученной информации экспериментальным путем. Это позволит выявить наиболее эффективные модифицирующие добавки.

Ключевые слова: биокоррозия; микроорганизмы; полимерные композиты.

ZEMSKOV S. M., MOROZOVA A. N., KAZNACHEEV S. V.

BIOLOGICAL CORROSION OF POLYMERIC BUILDING MATERIALS

Abstract. The article considers the prospects of substances oppressing or destroying bad microflora introduction into the structure of polymeric building materials. In this connection, it is necessary to carry out a series of complex research studies of the materials' biocorrosion. The study results should be proved in a number of experiments that will show the most effective modifying additives.

Keywords: biocorrosion; microorganisms; polymeric composites.

Под биологической коррозией понимают разрушение композиционных строительных и других материалов, изделий и конструкций на их основе, а также зданий и сооружений под действием присутствующих в среде микроорганизмов (бактерий, мицелиальных грибов и т.д.) [1, 2].

Первые сведения об участии микроорганизмов в коррозии материалов появились в конце XIX в. Освоение воздушного и водного пространств, недр Земли сопровождается неизбежным развитием промышленности, а, следовательно, все нарастающим распространением микроорганизмов и увеличением масштабов биокоррозии.

В строительной индустрии биокоррозия наносит заметный ущерб путем разрушительного воздействия на компоненты строительных материалов, что в свою очередь приводит к деструкции и разрушению самого строительного материала (в том числе на основе полимерных связующих), а затем и всей конструкции в целом.

Наиболее распространенной является биокоррозия при участии микроорганизмов: мицелиальных грибов, бактерий, актиномицетов и т.д. В процессе жизнедеятельности микроорганизмов образуются различные продукты обмена веществ, повышающие

коррозионную активность среды (минеральные и органические кислоты, щелочи, пероксиды и др.). В частности, биокоррозия полимерных композитов связана с вырабатываемыми микроорганизмами ферментами, резко ускоряющими деструкцию макромолекул.

Микроорганизмы могут вызвать деструкцию полимерных материалов и конструктивных или защитных элементов на их основе. Начало разрушения полимерного материала как правило проявляется в потере блеска или в травлении поверхности. Некоторые виды бактерий и плесневых грибов используют для своей жизнедеятельности пластификаторы или наполнители, применяемые при изготовлении полимерных композитов, что ускоряет его старение. Поливинилхлоридные полы, например, при постоянном увлажнении могут поражаться плесневыми грибами, после воздействия которых материал полов становится хрупким значительно быстрее, чем в условиях эксплуатации в благоприятных условиях. Большинство природных высокомолекулярных соединений или их производных, которые входят в состав компонентов полимерсодержащих материалов, является продуктами питания для микроорганизмов.

Мировая практика исследования и защиты от биокоррозии доказала, что ведение в состав полимерных строительных материалов химических веществ, угнетающих или уничтожающих вредоносную микрофлору является перспективным. Главным на сегодняшний день средством борьбы с биокоррозией является обработка естественных и технологических сред биоцидными химическими препаратами [1, 3].

Поэтому целесообразно и эффективно введение в состав строительных материалов (в частности полимерных строительных композитов) веществ, угнетающих или уничтожающих вредоносную микрофлору (микроорганизмы способны вызвать их деструкцию). Для этого необходимо проведение комплексных исследований процессов биокоррозии данных материалов, и проверка полученной информации экспериментальным путем. Это позволит выявить наиболее эффективные модифицирующие добавки именно для полимерных клеев и клеящих мастик, т.к. данный вид строительных материалов в настоящее время активно используется в строительной индустрии.

Достаточно эффективными и доступными являются препараты на основе гуанидина. В проведенных ранее исследованиях было установлено положительное влияние биоцидного препарата «Тефлекс» на биосопротивление эпоксидных композитов, проявившееся в придании им фунгицидных свойств [4].

Однако важно добиться того, чтобы введение биоцидного препарата не способствовало ухудшению других свойств. С точки зрения рассмотрения полимербетонов, используемых для изготовления защитных покрытий или других химически стойких

изделий, эти материалы должны обладать высокой химической стойкостью в различных агрессивных средах [4].

Для исследований были взяты 10 составов с различным содержанием биоцидной добавки. При этом рассматривались наполненные и ненаполненные составы.

Таблица 1

Составы для исследований

Компонент	Содержание, мас. ч., в составах									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эпоксидная смола	100	100	99	99	97	97	94	94	90	90
Полиэтиленполиамин	10	10	9,9	9,9	9,7	9,7	9,4	9,4	9	9
Кварцевый порошок	–	300	–	300	–	300	–	300	–	300
Добавка «Тефлекс»	–	–	1	1	3	3	6	6	10	10

При исследовании коррозионной стойкости композитов в качестве агрессивной среды рассматривалась вода, нагретая температуры до 80 °С. Это обуславливается тем, что вода является универсальной агрессивной средой для полимербетонов, а также тем, что очень часто на различные покрытия воздействуют агрессивные среды с повышенными температурами (например, моющие средства при уборке покрытий полов и т. д.).

На рис. 1–3 приведены зависимости изменения водопоглощения и коэффициента водостойкости эпоксидных композитов наполненных и ненаполненных составов.

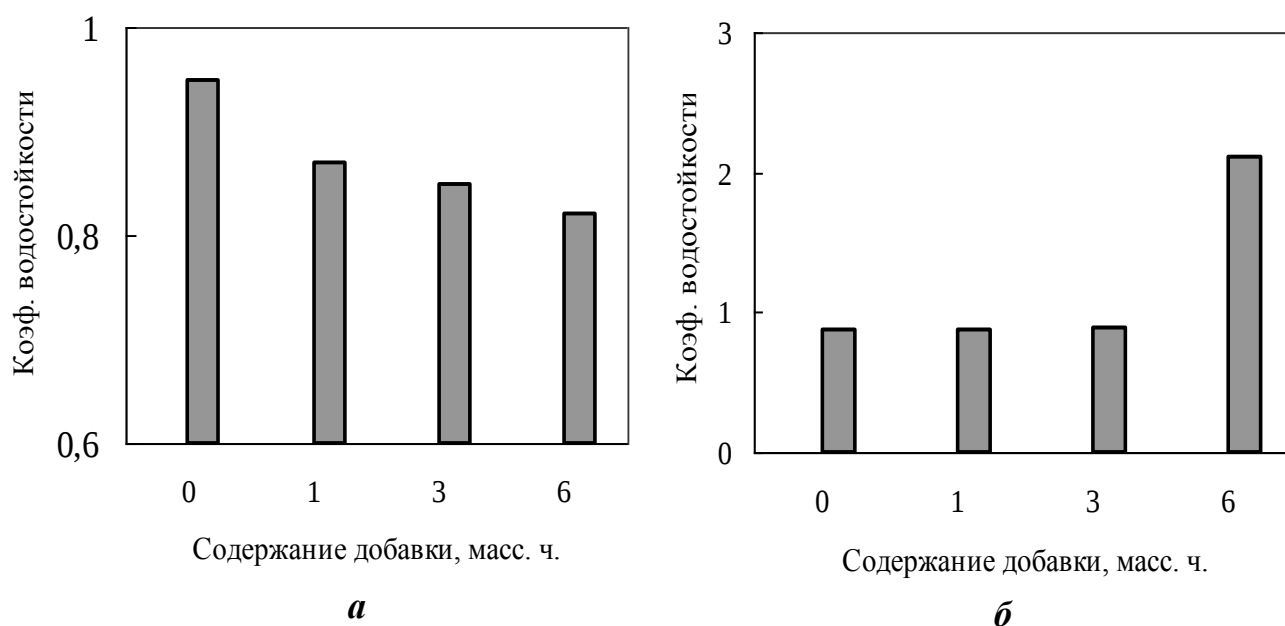


Рис. 1. Зависимость изменения коэффициента водостойкости ненаполненных (а) и наполненных (б) эпоксидных композитов после 9 часов выдерживания образцов в воде при $t = 80^{\circ}\text{C}$ от содержания биоцидной добавки.

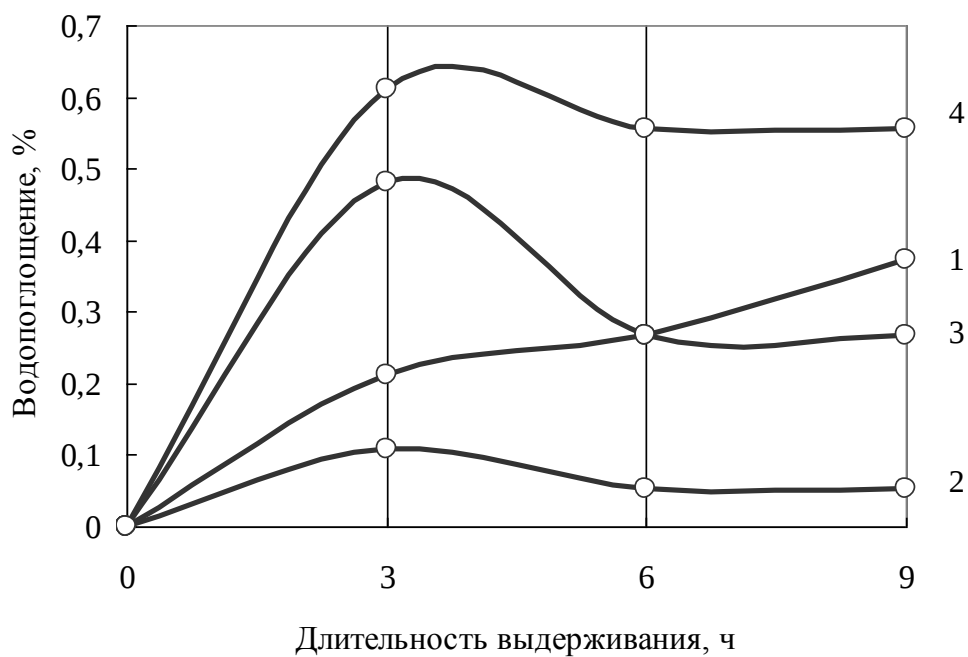


Рис. 2. Зависимость изменения водопоглощения ненаполненных эпоксидных композитов после выдерживания образцов в воде при $t=80\text{ }^{\circ}\text{C}$ от содержания биоцидной добавки (обозначения те же, что и на рис. 1)



Рис. 3. Зависимость изменения водопоглощения наполненных эпоксидных композитов после выдерживания образцов в воде при $t=80\text{ }^{\circ}\text{C}$ от содержания биоцидной добавки «Тефлекс» (обозначения те же, что и на рис. 1)

Таким образом доказана положительная роль добавки «Тефлекс» не только на повышение биостойкости эпоксидных композитов, но и на улучшение их эксплуатационных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф., Морозов Е. А. и др. Микробиологическое разрушение материалов: учеб. пособие. – М.: АСВ, 2008. – 128 с.
2. Соломатов В. И., Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
3. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / под ред. П. Г. Комохова, В. Т. Ерофеева, Г. Е. Афиногенова. – СПб.: Наука, 2009. – 192 с.

ЗАДУМИН А. В., ДОБРЫНКИН С. В., ЕРОФЕЕВ В. Т.

ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ВИНИЛЭФИРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ СЖИМАЕМОСТИ

Аннотация. Произведена оптимизация компонентов отверждающей системы винилэфирных композитов. Составлен комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка. Выявлены составы композитов на основе винилэфирной смолы с достаточными показателями относительной сжимаемости и предельной относительной сжимаемости.

Ключевые слова: винилэфирные композиты; отверждающая система; сжимаемость; уравнение регрессии; план эксперимента; оптимизация.

ZADUMIN A. V., DOBRYNKIN S. V., YEROFEEV V. T.

THE EFFECTS OF VINYLESTER COMPOSITES' COMPONENTS ON COMPRESSIBILITY INDEXES

Abstract. The article considers the results of optimizing of the curing system components in vinylester composites. In this connection, the authors present a complex symmetric three-tiered plan of the second order. Consequently, the study shows the composite structures based on vinylester resin that demonstrate the required indexes of relative compressibility and ultimate relative compressibility.

Keywords: vinylester composites; curing system; compressibility; regression equation; experiment plan; optimization.

Современное строительное материаловедение сопровождается непрерывными поисками более совершенных композиционных материалов. Примером таких поисков могут служить работы по улучшению свойств бетонов с помощью полимеров. В частности, получающие все большее распространение полимербетоны относятся к конструкционным материалам подобного типа. К числу наиболее часто и широко применяемых полимерных связующих, применяемых для изготовления данных композитов относятся эпоксидные, полиэфирные и другие смолы [1, 2]. В последнее время отечественная промышленность стала выпускать винилэфирные смолы [3]. Однако, не смотря на это свойства полимерных композитов на их основе мало изучено, что сдерживает их широкое применение.

Нами были проведены исследования влияния количественного соотношения компонентов композитов на основе винилэфирной смолы марки РП-14С на их свойства. Отверждающая система состояла из пероксид циклогексанона, октоата кобальта и 10%

раствора диметиланилина в стироле, которые варьировались в пределах эксперимента в соотношении 0,5–2,5, 1–5 и 1–3 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы соответственно.

Наши исследования для большей достоверности были проведены с применением методов математического планирования эксперимента. В качестве матрицы планирования нами был использован комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка с количеством опытов, равным 13. Варьируемыми факторами служили: X_1 – содержание пероксида циклогексанона (ПЦОН-2); X_2 – содержание октоата кобальта (ОК-1); X_3 – содержание раствора диметиланилина в стироле (ДМА).

Используемая в эксперименте матрица планирования приведена ниже.

Таблица 1

**Комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка
на кубе с количеством опытов, равным 13**

X_1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0
X_2	+1	0	0	-1	+1	+1	0	-1	-1	+1	0	0	-1
X_3	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1

Нами были изготовлены по указанной матрице составы. В результате испытания образцов получены показатели относительной сжимаемости и предельной относительной сжимаемости (в %) составов винилэфирных композитов.

Таблица 2

Сжимаемость составов

№ состава	Относительная сжимаемость, %	Предельная относительная сжимаемость, %
1	2,22	4,81
2	0,81	4,47
3	1,44	3,59
4	1,21	4,93
5	2,48	4,13
6	2,26	3,73
7	1,46	3,47
8	0,85	2,83
9	3,15	4,38
10	1,90	3,19
11	1,48	4,69
12	0,99	3,49
13	2,06	4,45

После статистической обработки экспериментальных данных были получены уравнения регрессии для следующих показателей полимербетонов: относительной сжимаемости (ϵ) и предельной относительной сжимаемости (ϵ'):

$$\varepsilon = 1,46 - 0,277 \cdot X_1 + 0,199 \cdot X_2 - 0,094 \cdot X_3 + 0,029 \cdot X_1^2 + 0,63 \cdot X_1 X_2 - 0,28 \cdot X_1 X_3 + 0,696 \cdot X_2^2 + 0,293 \cdot X_2 X_3 - 0,309 \cdot X_3^2; \quad (1)$$

$$\varepsilon' = 3,47 + 0,116 \cdot X_1 - 0,091 \cdot X_2 + 0,247 \cdot X_3 + 0,006 \cdot X_1^2 + 0,487 \cdot X_1 X_2 - 0,08 \cdot X_1 X_3 + 0,291 \cdot X_2^2 + 0,285 \cdot X_2 X_3 + 0,584 \cdot X_3^2. \quad (2)$$

По приведенным уравнениям регрессии нами были установлены зависимости влияния количественного содержания компонентов на показатели сжимаемости композитов на основе винилэфирного связующего.

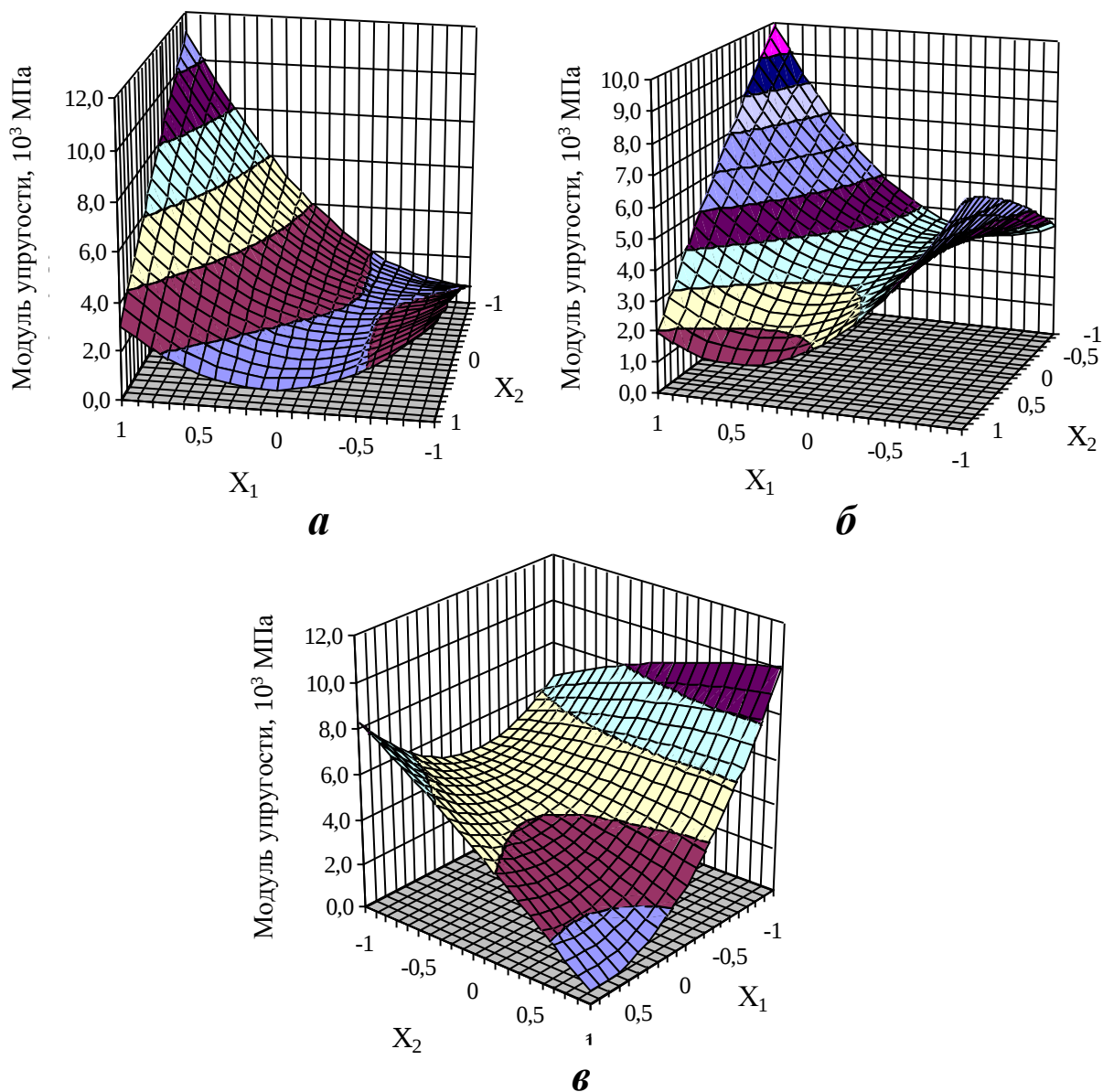


Рис. 1. Влияние содержания компонентов отверждающей системы на относительную сжимаемость при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*а*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100. мас. ч. смолы
 X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

Из анализа приведенного выше уравнения (1) следует, что значения относительной сжимаемости исследованных составов на основе винилэфирной смолы лежит в интервале значений от 0,06 до 2,89 %, т.е. минимальные и максимальные показатели отличаются почти в 50 раза. Нами было установлено, что практически при всех концентрациях диметиланилина наибольшие значения данного показателя зафиксированы при следующем содержании остальных компонентов: пероксида циклогексанона – 1 мас. ч., а октоата кобальта– 0,5 мас. ч. ($X_1 = -1$, $X_2 = -1$), а так же 5 и 2,5 мас. ч. ($X_1 = +1$, $X_2 = +1$) на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно.

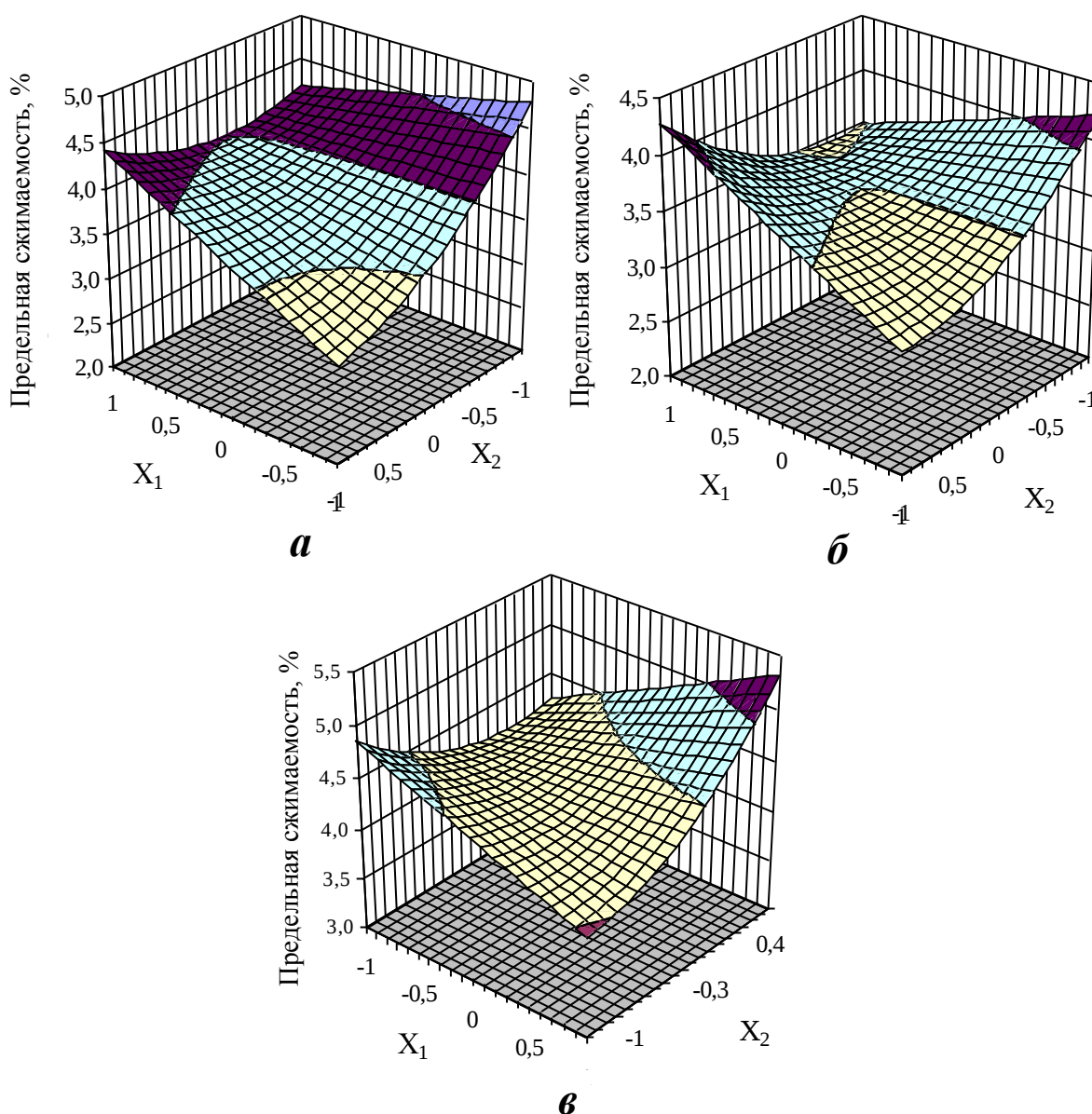


Рис. 2. Влияние содержания компонентов отверждающей системы

на предельную относительную сжимаемость при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*a*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100. мас. ч. смолы

X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

Кроме этого, минимальные параметры исследуемого параметра отмечены при концентрации ДМА, ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 2,5–3, 2,2–2,5 и 1–3 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы соответственно. В целом из полученных нами результатов видно, что для композитов, изготовленных на основе исследуемых компонентов, увеличение их относительной сжимаемости обусловлено увеличением содержанием ОК-1, или же сочетанием минимальных концентраций отвердителя и ускорителя. Снижение исследованного показателя обусловлено наоборот минимальной концентраций октоата кобальта и повышенным содержанием остальных компонентов.

Как видно из приведенного выше уравнения (2), предельная относительная сжимаемость композиционных материалов на основе исследуемой смолы, составляет от 3,04 до 5,31 %, т.е. минимальные и максимальные показатели отличаются менее чем в 2 раза. Так минимальные значения данного показателя отмечены при концентрации ДМА, ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 2–3, 2 и 5 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно. Наибольшая предельная относительная сжимаемость исследованных образцов зафиксирована при содержании диметиланилина – 3, октоата кобальта – 5, а пероксида циклогексанона – 2,5 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы винилэфирной смолы.

Таким образом, с помощью применения методов математического планирования эксперимента проведена оптимизация содержания компонентов винилэфирных композитов по следующим показателям деформативности: их относительной сжимаемости и предельной относительной сжимаемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев В. Т., Соколова Ю. А., Богатов А. Д. и др. Эпоксидные полимербетоны, модифицированные нефтяными битумами, каменноугольной и карбамидной смолами и аминокпроизводными соединениями. – М.: Изд-во ПАЛЕОТИП, 2007. – 240 с.
2. Касимкина М. М., Светлов Д. А., Казначеев С. В. и др. Эпоксидные лакокрасочные материалы с биоцидной добавкой «Тефлекс» // Лакокрасочные материалы и их применение. – №1-2, 2008. – С.77–79.
3. Волгина Е. В., Казначеев С. В., Ерофеев В. Т., Кретьева В. М. Деформативность винилэфирных композитов // Известия Юго-Западного государственного университета, 2012. – № 6 (45). – Т.1. – С. 82–90.

ТРЕМАСОВ В. В., ВИЛЬДЯЕВ Д. В., ЕРОФЕЕВ В. Т.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВИНИЛЭФИРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Аннотация. Произведена оптимизации составов винилэфирных композитов. Составлен комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка. Выявлены составы композитов с высокими показателями прочности при изгибе и прочности при сжатии.

Ключевые слова: уравнение регрессии; винилэфирные композиты; прочность, отверждающая система.

TREMASOV V. V., VILDYAEV D. V., YEROFEEV V. T.

THE EFFECTS OF STRUCTURAL COMPONENTS ON TOUGHNESS INDEXES OF VINYLESTER COMPOSITES

Abstract. The article considers the results of optimization of vinylester composites' structures. In this connection, the authors present a complex symmetric three-tiered plan of the second order. The study showed the composite components that demonstrate high flexural and compressive toughness.

Keywords: regression equation; vinylester composites; toughness; curing system.

Непрерывное развитие строительства в условиях современного индустриального общества сопровождается постоянными поисками более совершенных композиционных материалов, превосходящих по своим прочностным, упруго-деформационным и другим свойствам традиционные широко применяемые материалы (бетоны, природные каменные и др.). К таким материалам относятся материалы на полимерных связующих, которые находят широкое применение в строительстве, в частности при отделке жилых, административных помещений, в которых люди проводят до 90 % своего времени. Примером таких поисков могут служить работы по улучшению свойств бетонов с помощью введения в их состав полимеров. К конструкционным материалам подобного типа относятся защитные антикоррозионные покрытия и полимербетоны. К числу наиболее применяемых полимерных связующих, применяемых для изготовления полимерных композитов относятся эпоксидные, полиэфирные и другие смолы [1, 2]. В последнее время отечественная промышленность стала выпускать винилэфирные смолы [3]. Однако эффективность практических разработок в этой области сдерживается рядом факторов, одним из которых является отсутствие знаний о влиянии состава на основные свойства композитов.

В ходе проведения эксперимента нами были проведены исследования влияния количественного соотношения компонентов отверждающей системы, состоящей из пероксид циклогексанона, октоата кобальта и 10% раствора димитиланилина в стироле, на свойства композитов на основе винилэфирной смолы марки РП-14С.

Исследования проведены с применением методов математического планирования эксперимента. В качестве матрицы планирования использовали комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка с количеством опытов, равным 13, приведенная ниже.

**Комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка
на кубе с количеством опытов, равным 13**

X ₁	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0
X ₂	+1	0	0	-1	+1	+1	0	-1	-1	+1	0	0	-1
X ₃	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1

Варьируемыми факторами служили: X₁ – содержание пероксида циклогексанона (ПЦОН-2); X₂ – содержание октоата кобальта (ОК-1); X₃ – содержание раствора димитиланилина в стироле (ДМА). Содержание компонентов композитов варьировались в пределах эксперимента в соотношении ПЦОН-2 – 0,5–2,5 мас. ч., ОК-1 – 1–5 мас. ч. и ДМА – 1–3 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно.

Нами были изготовлены приведенные выше составы. В результате испытания образцов получены показатели прочности на сжатие и на изгиб в составов винилэфирных композитов.

Таблица 1

Прочность составов

№ состава	Прочность, МПа	
	На изгиб	На сжатие
1	55,65	91,11
2	66,53	88,15
3	71,68	94,08
4	36,94	99,26
5	38,59	102,22
6	58,32	104,45
7	37,25	90,37
8	61,54	88,15
9	56,26	87,41
10	51,02	98,52
11	43,87	97,04
12	54,85	82,22
13	59,86	101,48

В результате статистической обработки экспериментальных данных приведенные выше были получены уравнения регрессии описывающее изменение прочности при изгибе ($R_{изг}$) и прочности при сжатии ($R_{сж}$):

$$R_{изг} = 37,25 - 3,823 \cdot X_1 - 1,377 \cdot X_2 + 2,65 \cdot X_3 + 12,396 \cdot X_1^2 - 6,252 \cdot X_1 X_2 + 1,457 \cdot X_1 X_3 + 4,031 \cdot X_2^2 + 6,887 \cdot X_2 X_3 + 9,586 \cdot X_3^2; \quad (1)$$

$$R_{сж} = 90,37 + 0,925 \cdot X_1 + 2,5 \cdot X_2 - 0,833 \cdot X_3 - 1,016 \cdot X_1^2 - 0,743 \cdot X_1 X_2 + - 5,188 \cdot X_1 X_3 + 6,204 \cdot X_2^2 - 1,297 \cdot X_2 X_3 + 1,019 \cdot X_3^2; \quad (2)$$

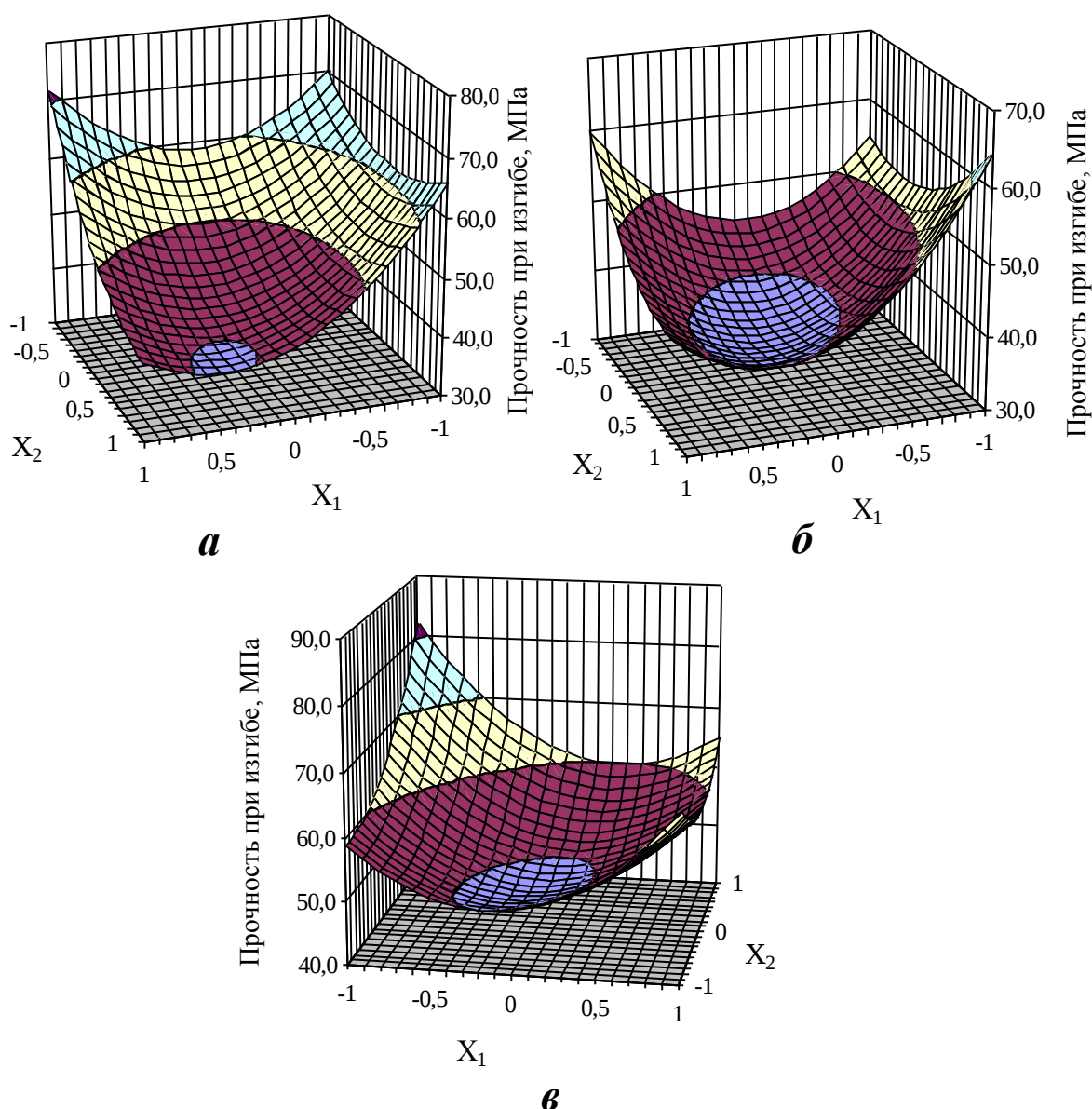


Рис. 1. Влияние содержания компонентов винилэфирных композитов на предел прочности при изгибе при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*a*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100. мас. ч. смолы X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

Из анализа приведенного выше уравнения (1) следует, что максимальное значение предела прочности при изгибе, равное 82 МПа, достигается при содержании диметиланилина, пероксида циклогексанона и октоата кобальта в количестве 3, 0,5 и 5 мас. ч. на 100 мас.ч. смолы соответственно. Следует отметить, что при начальной концентрации ДМА (1–2 мас. ч.) наибольшие значения прочности при изгибе зафиксированы при содержании в системе 0,5 мас. ч. пероксида циклогексанона, а также при концентрации ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 2,5 и 1 мас. ч. на 100 мас.ч. винилэфирной смолы соответственно.

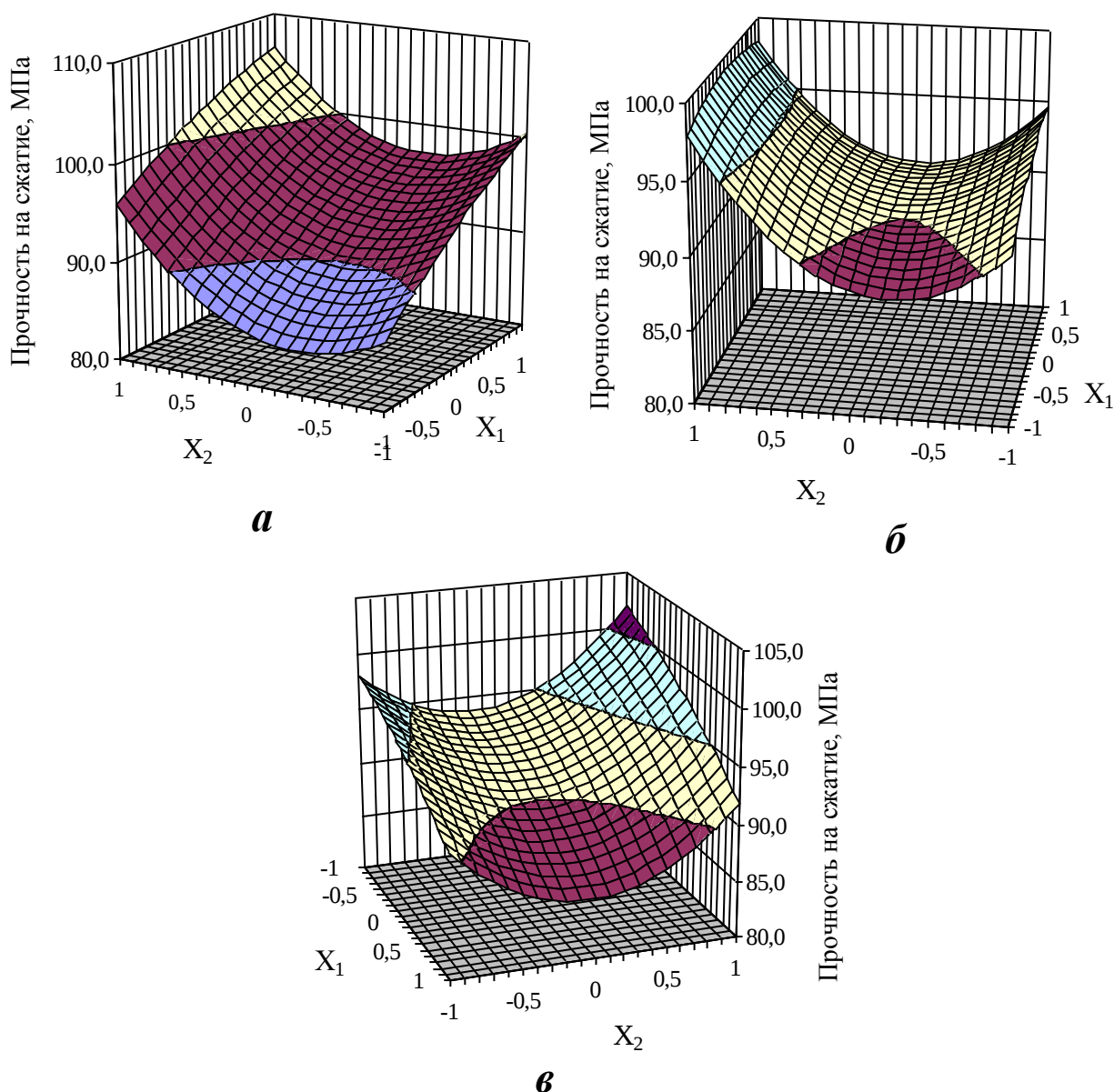


Рис. 2. Влияние содержания компонентов винилэфирных композитов на предел на сжатие при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*a*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100. мас. ч. смолы

X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

Для большинства соотношений компонентов образцов винилэфирной композитов минимальные значения исследуемого показателя зафиксированы при содержании диметиланилина, пероксида циклогексанона и октоата кобальта в количестве 1,5–2, 1,5–1,8 и 2–4 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно. Нами было зафиксировано минимальное значение предела прочности при изгибе в случае использования системы из раствора ДМА, ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 2, 1,6 и 2,7 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы соответственно. Следует отметить, что исходя из величины исследуемого параметра, в случае повышения содержания ДМА, концентрацию ОК-1, целесообразно, как правило, так же увеличивать.

Из анализа приведенного выше уравнения (2) так же видно, что значения предела прочности на сжатие исследованных винилэфирных композитов находятся в пределах от 84 до 106 МПа, т.е. изменения данного прочностного параметра менее существенны, чем у предела прочности при изгибе. Максимальное значение предела прочности на сжатие составляет 106 МПа и достигается при содержании ДМА, ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 1, 2,5 и 5 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно. На увеличение величины предела прочности на сжатие позитивное влияние оказывает повышение концентрации, как ускорителя, так и отвердителя, однако следует отметить некоторые особенности, так при введении 2–3 мас. ч. октоата кобальта происходит незначительное снижение прочности, а увеличение содержания ДМА, наоборот обуславливает некоторое его уменьшение.

Таким образом, с помощью математического планирования эксперимента проведена оптимизация компонентов винилэфирных композитов по показателям прочности как при изгибе, так и при сжатии, что обуславливает более полное представление о специфике материала. Получены составы композитов повышенной прочности, удовлетворяющие требованиям современного строительства как для изготовления, строительных композитов (полимербетонов) так и антикоррозионных защитных покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев В. Т., Соколова Ю. А., Богатов А. Д. и др. Эпоксидные полимербетоны, модифицированные нефтяными битумами, каменноугольной и карбамидной смолами и аминопроизводными соединениями. – М.: Изд-во ПАЛЕОТИП, 2007. – 240 с.
2. Богатова С. Н., Богатов А. Д., Ерофеев В. Т. и др. Исследование биологической стойкости эпоксидных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. – № 3, 2011. – С. 42–45.

3. Ерофеев В. Т., Волгина Е. В., Казначеев С. В., Богатов А. Д. Исследование прочности и жесткости винилэфирных композитов, наполненных литопоном // Вестник отделения строительных наук. – Вып. 16: в 2 т. – Москва: Изд-во МГСУ, 2012. – Т.2. – С. 59–67.

ГРАНОВСКИЙ Д. Р., ВОРОНИН В. И., ЕРОФЕЕВ В. Т.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВИНИЛЭФИРНЫХ
КОМПОЗИТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДЕФОРМАТИВНОСТИ**

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос оптимизации компонентов отверждающей системы винилэфирных композитов. Составлен комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка. Выявлены составы композитов на основе винилэфирной смолы с достаточными показателями модуля упругости и модуля деформации.

Ключевые слова: винилэфирные композиты; отверждающая система; деформативность; уравнение регрессии; план эксперимента; оптимизация.

GRANOVSKY D. R., VORONIN V. I., YEROFEEV V. T.

**A STUDY OF THE EFFECTS OF VINYLESTER COMPOSITES'
COMPONENTS ON DEFORMABILITY INDEXES**

Abstract. The article considers optimizing of the curing system components of vinylester composites. The authors present a complex symmetric three-tiered plan of the second order. Consequently, the study showed the composite structures based on vinylester resin that demonstrate the required modulus of elasticity and deformation.

Keywords: vinylester composites; curing system; deformability; regression equation; experiment plan; optimization.

Современное строительство непрерывно развивается, причем с все увеличивающимися темпами, что обуславливает необходимость разработки более совершенных композиционных материалов, применяемых для антикоррозионной защиты, а также изготовления изделий и конструкций. Примером таких поисков могут служить работы по улучшению свойств бетонов с помощью полимеров, в частности применение полимербетонов для изготовления конструкционных материалов [1, 2]. Наряду с широко применяемыми полимерными связующими используемыми для изготовления полимерных композитов в отечественной практике начато внедрение композитов, связующим в которых являются винилэфирные смолы[3]. Во многом распространение подобных материалов сдерживает то, что их свойства изучены не достаточно полно. Так, например, важно добиться того, чтобы применение нового материала не способствовало ухудшению основных эксплуатационных свойств изделия. С точки зрения рассмотрения полимерных материалов, используемых для изготовления защитных антикоррозионных покрытий или других химически стойких

изделий, они должны обладать высокими прочностными свойствами и химической стойкостью в агрессивных средах и требуемой деформативностью.

В ходе проведения экспериментов нами были проведены исследования влияния количественного соотношения компонентов на деформативные свойства композитов на основе винилэфирной смолы марки РП-14С. Отверждающая система состояла из пероксид циклогексанона, октоата кобальта и 10% раствора димитиланилина в стироле.

Наши исследования для большей достоверности были проведены с применением методов математического планирования эксперимента. В качестве матрицы планирования использовали комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка с количеством опытов, равным 13. Варьируемыми факторами служили: X_1 – содержание пероксида циклогексанона (ПЦОН-2); X_2 – содержание октоата кобальта (ОК-1); X_3 – содержание раствора димитиланилина в стироле (ДМА).

Содержание компонентов композитов варьировались в пределах эксперимента в соотношении ПЦОН-2 – 0,5–2,5 мас. ч., ОК-1 – 1–5 мас. ч. и ДМА – 1–3 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно. Матрица планирования приведена ниже.

По данной матрице были изготовлены составы. В результате испытания образцов винилэфирных композитов получены показатели деформативности составов (см. табл. 1).

**Комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка
на кубе с количеством опытов, равным 13**

X_1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0
X_2	+1	0	0	-1	+1	+1	0	-1	-1	+1	0	0	-1
X_3	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1

Таблица 1

Деформативность винилэфирных композитов

№ состава	Модуль упругости, МПа	Модуль деформации, МПа
1	2558,01	1642,86
2	3471,67	1676,24
3	12633,56	3478,40
4	2242,87	1667,60
5	3318,81	2537,60
6	3267,53	2733,62
7	3382,72	2487,23
8	13798,98	7015,65
9	2306,36	1911,36
10	3406,02	2644,11
11	3498,77	2040,17
12	4087,20	2174,95
13	3434,20	2287,20

После статистической обработки экспериментальных данных были получены уравнения регрессии для следующих показателей: модуля упругости (E) и модуля деформации (E'):

$$E = 3382,72 + 224,19 \cdot X_1 - 1154 \cdot X_2 + 809,99 \cdot X_3 + 2651,36 \cdot X_1^2 - 2860,34 \cdot X_1 X_2 - 2143,36 \cdot X_1 X_3 - 361,16 \cdot X_2^2 + 85,83 \cdot X_2 X_3 - 111,28 \cdot X_3^2; \quad (1)$$

$$E' = 2487,23 + 371,41 \cdot X_1 - 415,45 \cdot X_2 - 85,16 \cdot X_3 + 672,16 \cdot X_1^2 - 1325,08 \cdot X_1 X_2 - 416,84 \cdot X_1 X_3 + 390,16 \cdot X_2^2 - 95,41 \cdot X_2 X_3 - 816,95 \cdot X_3^2; \quad (2)$$

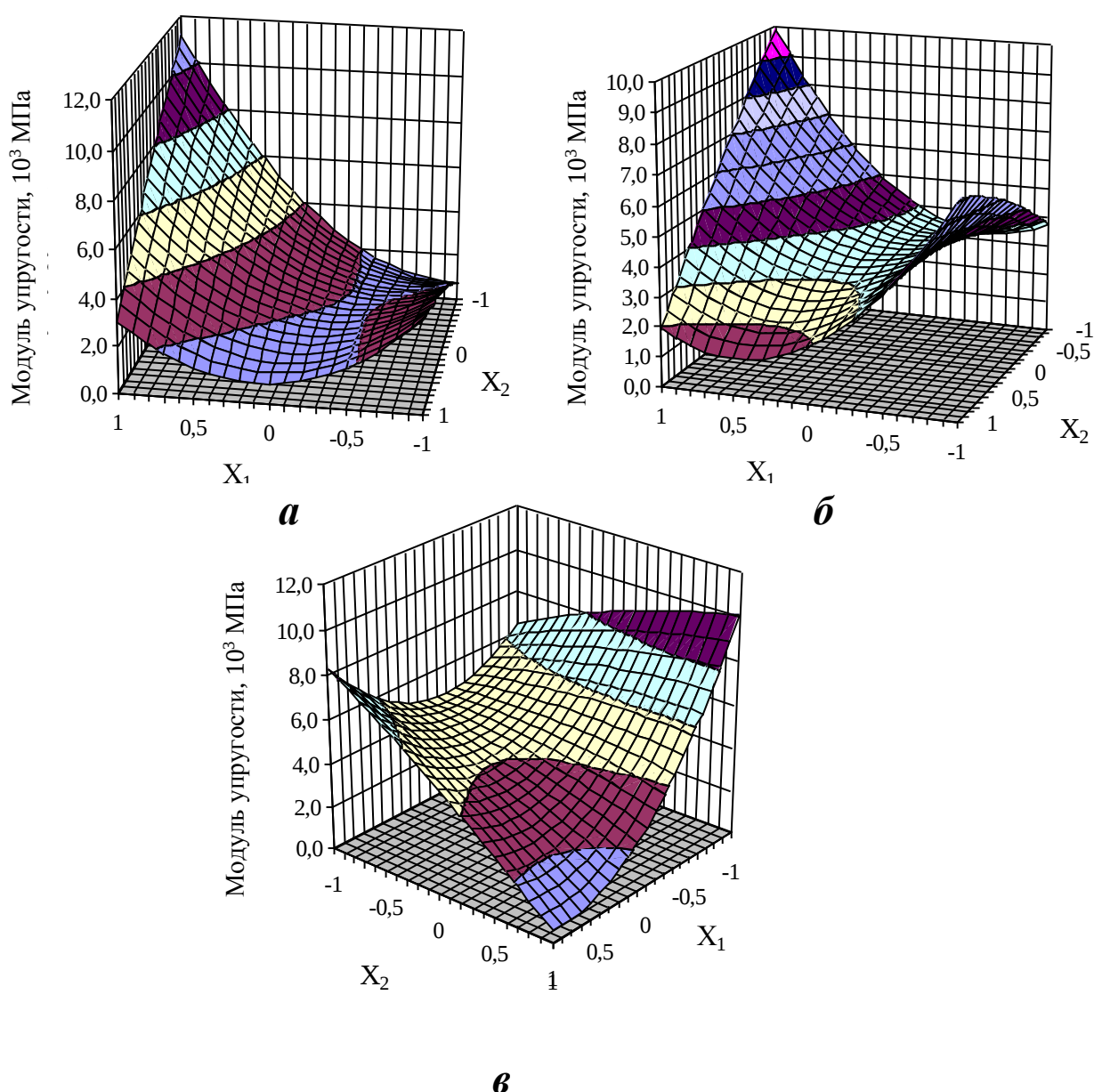


Рис. 1. Влияние содержания компонентов винилэфирных композитов на модуль упругости при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*a*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100. мас. ч. смолы X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

По полученным уравнениям регрессии были установлены зависимости влияния содержания компонентов отверждающей системы на деформативные характеристики композитов на основе винилэфирного связующего.

Из анализа приведенного выше уравнения (1) следует, что начальный модуль упругости отвержденных винилэфирных матриц как следует из анализа графиков достигает своего максимального значения, равного 11 220 МПа, при содержании ДМА а, ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 1, 2,5 и 1 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы соответственно.

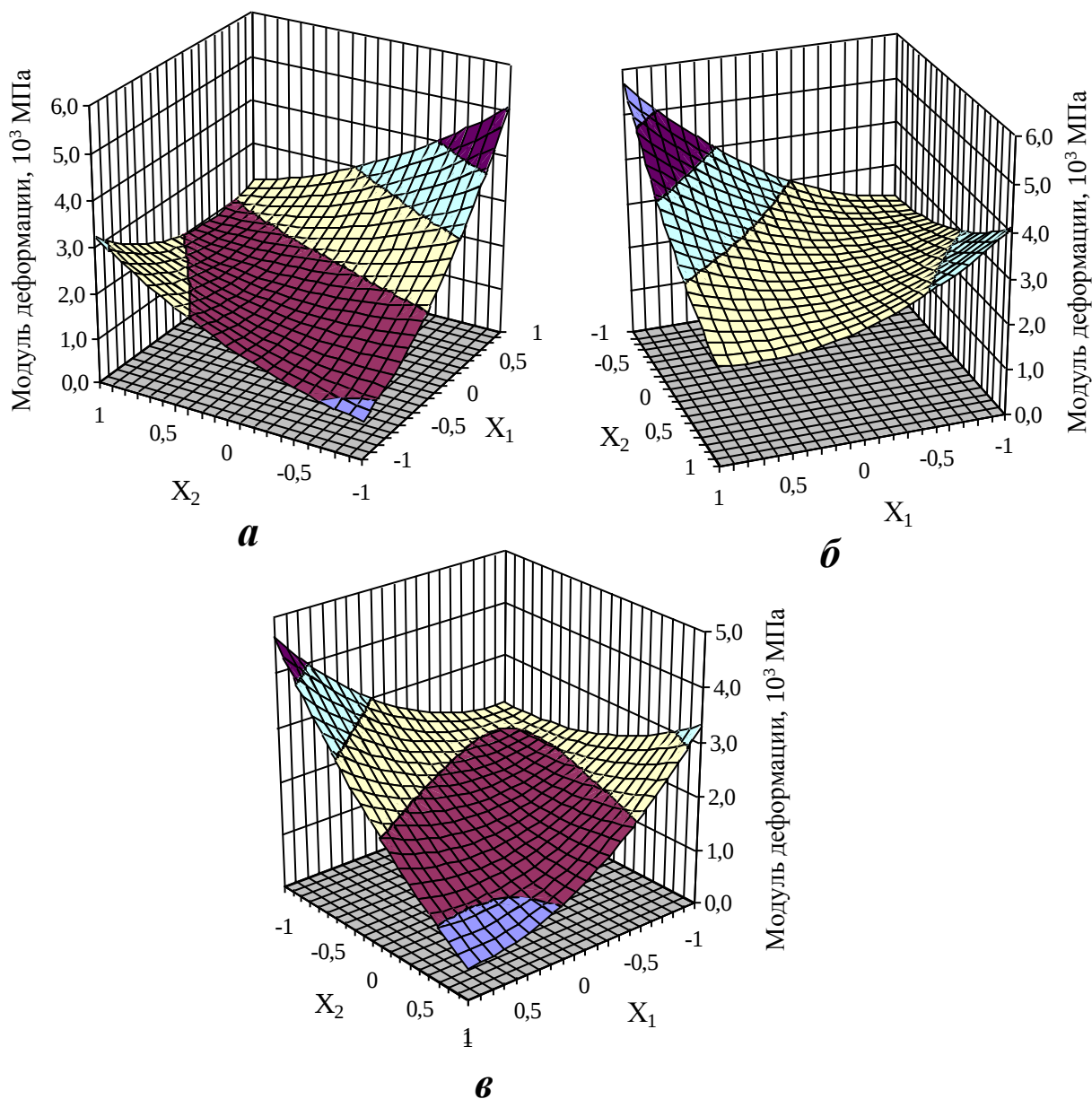


Рис. 2. Влияние содержания компонентов винилэфирных композитов на модуль деформативности при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*а*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100 мас. ч. смолы
 X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

Установлено, что изменение данного показателя в зависимости от содержания компонентов происходит в пределах от 490 до 11 200 МПа. Следует отметить, что при начальной концентрации диметиланилина (1–1,5 мас. ч.) наибольшие значения модуля упругости соответствуют максимальному содержанию пероксида циклогексанона и минимуму октоата кобальта ($X_1 = + 1$, $X_2 = - 1$). При увеличении содержания диметиланилина помимо этого отмечается и другое их соотношение отвердителя и ускорителя при котором происходит рост исследуемого показателя – 0,5 мас. ч. ПЦОН-2 и 5 мас. ч. ОК-1 на 100 мас. ч. смолы соответственно ($X_1 = - 1$, $X_2 = +1$).

Как видно из приведенного выше уравнения (2), Значения модуля деформации, находятся в интервале от 570 до 5 660 МПа, наибольшее значение достигается при содержании диметиланилина – 2, октоата кобальта – 1, а пероксида циклогексанона – 2,5 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы. Наибольшие значения модуля деформации соответствуют следующему содержанию компонентов: максимальной концентрации пероксида циклогексанона и минимуму октоата кобальта – 2,5 и 1 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы ($X_1 = + 1$, $X_2 = - 1$). Влияние содержание диметиланилина в отверждающей системе на исследуемый показатель не носит ярко выраженного влияния.

Таким образом, с помощью математического планирования проведена оптимизация содержания компонентов винилэфирных композитов системы по показателям модуля упругости и модуля деформации. Получены составы композитов требуемой деформативности для изготовления, как строительных композитов (полимербетонов), так и антикоррозионных защитных покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев В. Т., Соколова Ю. А., Богатов А. Д. и др. Эпоксидные полимербетоны, модифицированные нефтяными битумами, каменноугольной и карбамидной смолами и аминокпроизводными соединениями. – М.: Изд-во ПАЛЕОТИП, 2007. – 240 с.
2. Касимкина М. М., Светлов Д. А., Казначеев С. В. и др. Исследование физико-механических свойств эпоксидных композитов с фунгицидной добавкой «Гефлекс» // Транспортное строительство. – № 2, 2009. – С. 29–30.
3. Ерофеев В. Т., Волгина Е. В., Казначеев С. В., Богатов А. Д. Исследование прочности и жесткости винилэфирных композитов, наполненных каолином // Вестник волжского регионального отделения. – Вып. 15 – Н. Новгород: Изд-во ННГАСУ, 2012. – С. 127–134.

БАРАШКИНА А. В., МОКЕЙКИНА Е. В., КАЗНАЧЕЕВ С. В.

**ВЛИЯНИЕ БИОЦИДНОГО ПРЕПАРАТА «ТЕФЛЕКС» НА СВОЙСТВА
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ**

Аннотация. Были подтверждены биоцидные свойства добавки «Тефлекс», проявившиеся в придании композитам на основе эпоксидной смолы фунгицидных свойств. Выявлено, что препарат снижает водопоглощение образцов. Применение препарата приводит к повышению плотности композитов и увеличению их прочностных характеристик. Отмечено, что максимальная плотность, повышенная водостойкость и прочность получаемых материалов достигаются при содержании добавки в количестве 3 мас. ч. на 100 мас. ч. вяжущего.

Ключевые слова: строительный композит; эпоксидная смола; биоцидный препарат; гуанидин; биостойкость; прочность.

BARASHKINA A. V., MOKEYKINA E. V., KAZNACHEEV S. V.

**THE EFFECTS OF BIOCIDAL ADMIXTURE “TEFLEX” ON
EPOXIDE-BASED BUILDING COMPOSITES**

Abstract. The study has proved biocidal properties of the admixture "Teflex". Thus, the composites based on epoxide resin demonstrated fungicidal properties after the admixture introduction. The tests showed the admixture ability to reduce water absorption of the samples. The admixture application increases the composites' density and toughness. Particularly, the full density, higher water resistance and toughness of the composites is reached at the admixture maintenance of 3 %.

Keywords: building composite; epoxide resin; biocidal preparation; gouanidin; bioproofness; toughness.

Как известно микроорганизмы используют органические и неорганические соединения как питательный субстрат, вызывая деструкцию и даже разрушая строительные материалы, изделия и конструкции [1]. Одним из способов предотвращения или снижения их негативного воздействия является введение в состав композиционных материалов, в том числе на органических связующих, различных биоцидных добавок. Достаточно эффективными и доступными являются препараты на основе гуанидина [2].

В проведенных ранее исследованиях было установлено положительное влияние биоцидной добавки «Тефлекс» на биосопротивление эпоксидных композитов, проявившееся в придании им фунгицидных свойств [3].

Однако важно добиться того, чтобы введение добавки не способствовало ухудшению других свойств. С точки зрения рассмотрения полимербетонов, используемых для изготовления защитных покрытий или других химически стойких изделий, эти материалы должны обладать высокими прочностными свойствами, малой проницаемостью и высокой химической стойкостью в агрессивных средах [4].

В наших исследованиях в качестве контролируемых показателей полимерных композитов с биоцидной добавкой рассматривались прочность при сжатии и при изгибе, а также модуль упругости. Уделено также внимание установлению влияния добавки на вязкость полимерных композиций. Для исследований были взяты 10 составов с различным содержанием биоцидной добавки. При этом рассматривались наполненные и ненаполненные составы.

Таблица 1.

Составы для исследований

Компонент	Содержание, мас. ч., в составах									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эпоксидная смола	100	100	99	99	97	97	94	94	90	90
Полиэтиленполиамин	10	10	9,9	9,9	9,7	9,7	9,4	9,4	9	9
Кварцевый порошок	–	300	–	300	–	300	–	300	–	300
Добавка «Тефлекс»	–	–	1	1	3	3	6	6	10	10

На первом этапе исследований устанавливалось изменение вязкости эпоксидных композиций от содержания биоцидной добавки, поскольку это одно из главных их технологических свойств. Во время производства работ применяются различные способы их нанесения на защищаемую поверхность, при этом важным свойством является подвижность, что необходимо при использовании средств механизации: краскораспылительных установок, окрасочных агрегатов высокого давления и т. д. Полимерная композиция должна заполнить трещины, раковины и т. д.

На первом этапе определялось изменение вязкости наполненных и ненаполненных композиций. Данные показатели определяли с помощью вискозиметров типа ВП-3 и ВЗ-4 соответственно.

Из графиков следует, что введение биоцидной добавки «Тефлекс» способствует снижению вязкости эпоксидных композиций при сохранении количественного содержания жидкой фазы.

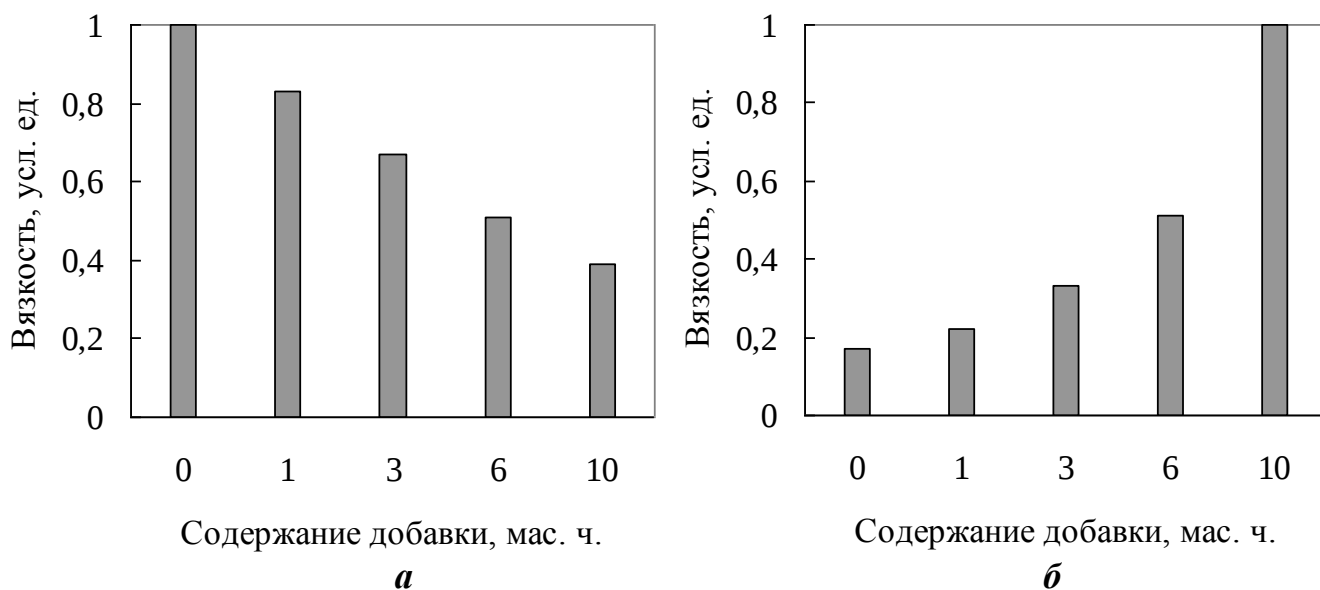
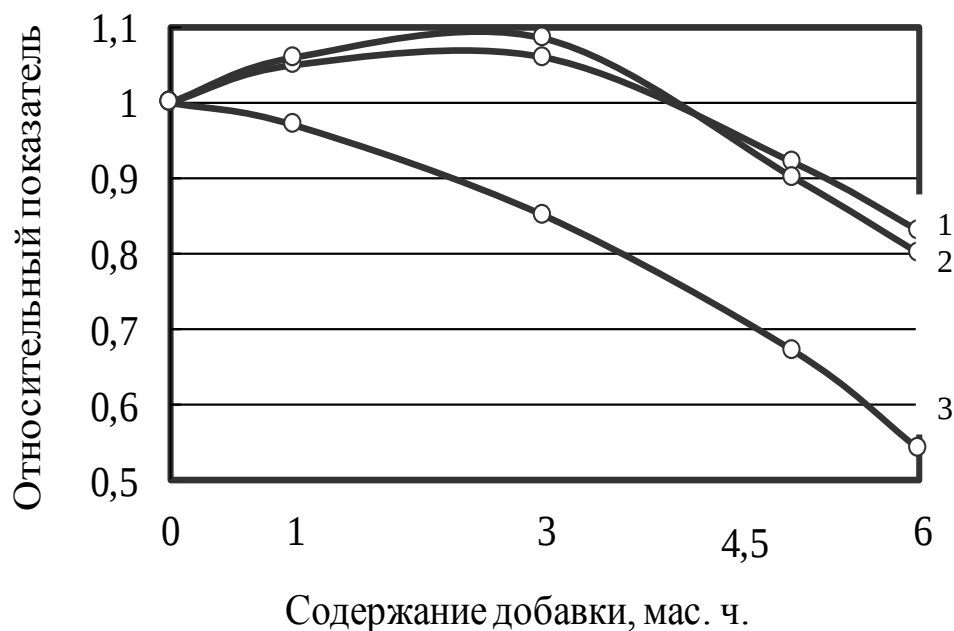


Рис. 1. Зависимость изменения вязкости ненаполненных (а) и наполненных (б) эпоксидных композитов от содержания биоцидной добавки

На втором этапе исследованы свойства затвердевших эпоксидных составов с добавкой. Было установлено изменение прочности при сжатии, при изгибе и модуля упругости, исследуемых составов.



1 – прочность при сжатии ($R_{сж}$); 2 – прочность при изгибе ($R_{из}$); 3 – модуль упругости (E)

Рис. 2. Зависимость изменения относительных показателей прочности и модуля упругости ненаполненных эпоксидных композитов от содержания биоцидной добавки

Из результатов исследования видна положительная роль биоцидной добавки на различные физико-технические свойства эпоксидных композитов. Наблюдается повышение прочности составов, содержащих добавку в количестве 3–5 мас. ч., при сжатии – на 5–8 %, на растяжение при изгибе – на 10–17 % при снижении модуля упругости до 40 %. Повышение прочности материалов с добавками, видимо, обусловлено снижением их хрупкости.

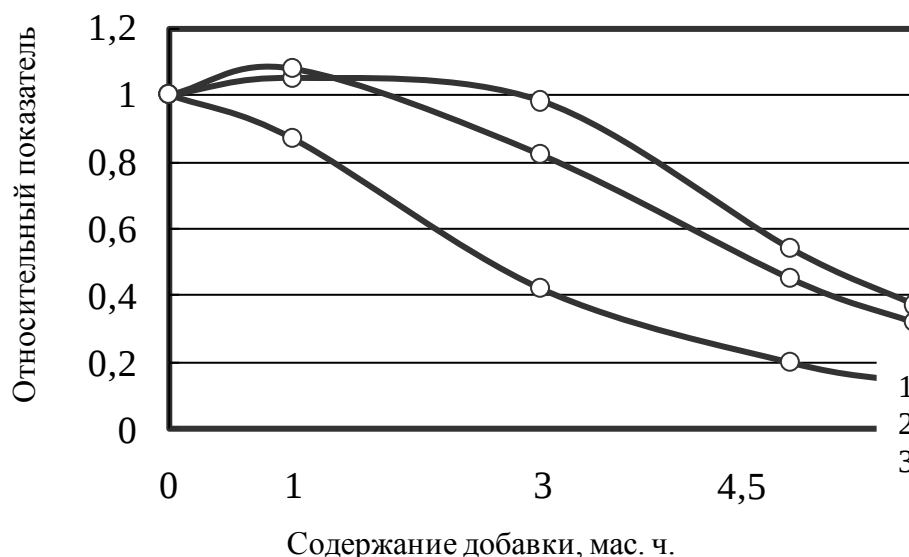


Рис. 3. Зависимость изменения относительных показателей прочности и модуля упругости наполненных эпоксидных композитов от содержания биоцидной добавки (обозначения те же, что и на рис 2)

Таким образом, доказана положительная роль добавки «Тефлекс» не только на повышение биостойкости эпоксидных композитов, но и на улучшение их упруго-прочностных и эксплуатационных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломатов В. И., Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
2. Светлов Д. А., Спирин В. А., Казначеев С. В. и др. Физико-технические свойства цементных композитов с биоцидной добавкой «Тефлекс» // Транспортное строительство. – № 2. – 2008. – С. 21–23.

3. Ерофеев В. Т., Твердохлебов Д. А., Тармосин К. В. и др. Фурфуролацетоновые композиты каркасной структуры: монография / под общ. ред. чл.-корр. РААСН В. Т. Ерофеева. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 220 с.
4. Ерофеев В. Т., Соколова Ю. А., Богатов А. Д. и др. Эпоксидные полимербетоны, модифицированные нефтяными битумами, каменноугольной и карбамидной смолами и аминопроизводными соединениями. – М.: Изд-во ПАЛЕОТИП, 2007. – 240 с.