

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №4, Том 6 / 2019, No 4, Vol 6 <https://t-s.today/issue-4-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/18SATS419.pdf>

DOI: 10.15862/18SATS419 (<http://dx.doi.org/10.15862/18SATS419>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Ерофеева А.А. Модифицированные эпоксидные композиты с применением местных заполнителей для транспортных сооружений // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №4, <https://t-s.today/PDF/18SATS419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/18SATS419

For citation:

Erofeeva A.A. (2019). Modified epoxy composites with the use of local aggregate for transportation structures. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/18SATS419.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/18SATS419

УДК 620.1:691.32

Ерофеева Алла Александровна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»
Саранск, Россия
Кафедра «Строительных материалов и технологий»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: allaerofeeva@yandex.ru

Модифицированные эпоксидные композиты с применением местных заполнителей для транспортных сооружений

Аннотация. Проблеме повышения долговечности строительных материалов и изделий, применяемых для изготовления транспортных сооружений уделяется, все большее внимание. В этой связи создание строительных материалов и изделий, обеспечивающих улучшение их эксплуатационных показателей, повышение эффективности, снижение материалоемкости, стоимости и трудоемкости изготовления является важнейшей задачей в области строительного материаловедения. Одним из способов повышения долговечности зданий и сооружений является применение композиционных материалов на полимерном вяжущем.

В статье приводятся результаты исследований в области разработки эффективных составов каркасных полимерных композитов на основе эпоксидных связующих, модифицированных карбамидными смолами и амидополиаминами с применением местных заполнителей для антикоррозионной защиты строительных конструкций.

Представлены исследования физико-химических процессов, происходящих в эпоксидных композитах, модифицированных карбамидной смолой и амидополиаминами методом ИК-спектроскопии. Выявлена зависимость изменения свойств эпоксидных композитов при введении модифицирующих добавок. Установлено, что в эпоксидных полимербетонах карбамидная смола выполняет роль пластификатора, а амидополиамины являются флексибилизаторами.

Исследуются физико-механические свойства каркасов и каркасных композитов на местных органических и неорганических заполнителях.

Изучено поведение материалов в условиях воздействия химических и биологических агрессивных сред, на основании чего предложены составы, способные обеспечить длительную и надежную работу конструкций и сооружений в агрессивных химико-биологических средах.

Осуществлено практическое внедрение разработанных составов при изготовлении защитных покрытий по строительным конструкциям.

Ключевые слова: строительные конструкции; полимеры; эпоксидные композиты; полимербетоны; исследования; свойства; способы защиты; покрытия

Введение

Повышение долговечности зданий и сооружений является важнейшей задачей в области строительства [2]. В последнее время для повышения долговечности конструкций и изделий зданий и сооружений, в том числе транспортного назначения рекомендуются различные полимерные строительные материалы [3–9]. Среди них в большей степени используются материалы на эпоксидных связующих [10–16].

Состояние проблемы

При высоких эксплуатационных характеристиках эпоксидным полимербетонам присущи и некоторые недостатки, а именно повышенная хрупкость и высокая стоимость [3; 7; 17].

Цель исследований

В данной работе исследуется возможность улучшения указанных показателей за счет применения модифицирующих добавок, местных заполнителей и использования каркасной технологии.

В качестве пластификаторов использовались карбамидная смола марки КФЖ и аминокпроизводные соединения типа Телаз, а в качестве заполнителей – природные материалы и отходы строительных предприятий Мордовии: известняк, кирпичный бой, стеклобой, полиамид, поликарбонат, полиэтилен. Каркасная технология изготовления полимербетонов заключается на первом этапе в склеивании зерен крупного заполнителя друг с другом и на втором в заполнении пустот затвердевшего каркаса высокоподвижной матрицей [18–22].

Методы исследований

При проведении исследований использовались физико-химические, химико-биологические и физико-механические методы.

Результаты исследований

В результате проведенной работы методом ИК-спектromетрии выявлены характеристические полосы поглощения для функциональных групп компонентов композиций и затвердевших композитов на основе эпоксидных связующих, модифицированных карбамидными смолами и амидополиаминами. Установлено, что карбамидоформальдегидная смола выполняет в эпоксидных композициях при низкотемпературном аминном отверждении только роль пластификатора, распределяясь между элементами структуры эпоксидной

композиции и тем самым, облегчая взаимные перемещения агрегатов макромолекул. При совместном введении в эпоксидную композицию добавок амидополиаминов типа Телаз и карбаминоформальдегидной смолы марки КФЖ количество свободных эпоксидных групп уменьшается, что свидетельствует о возрастании количества пространственных сшивок и получению более прочных и эластичных композиций (рис. 1–4).

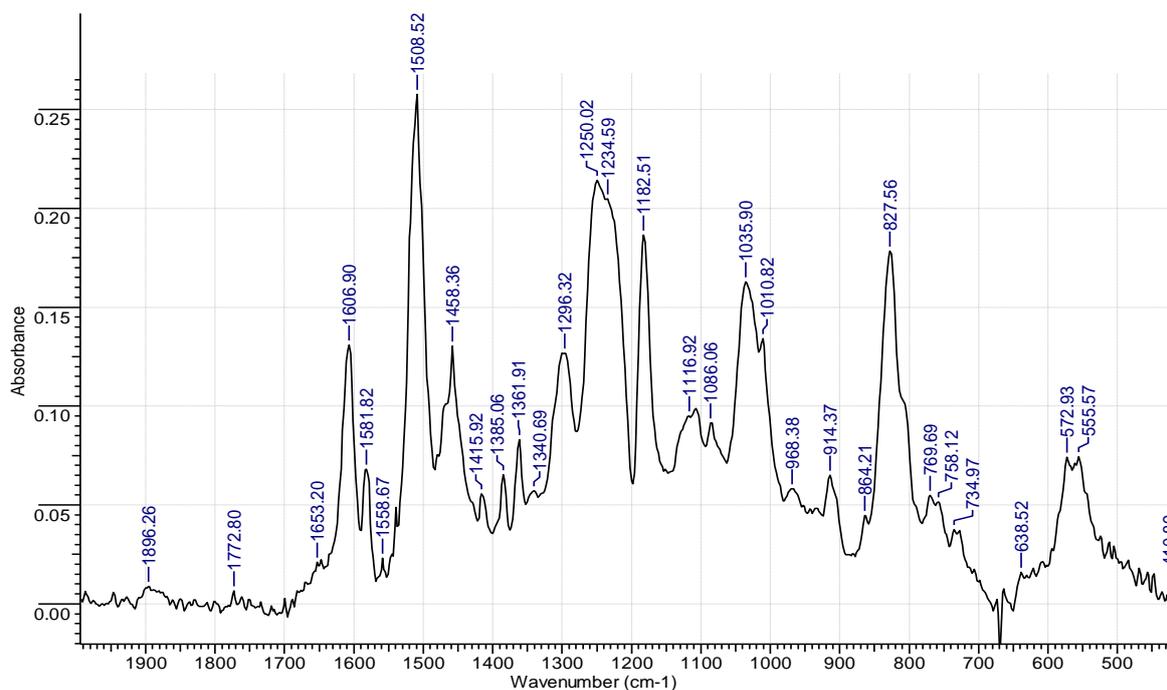


Рисунок 1. ИК спектр эпоксидной смолы ЭД-20, отвержденной ПЭПА (10 мас. ч.) (Область 400–2000 см⁻¹) (составлено автором)

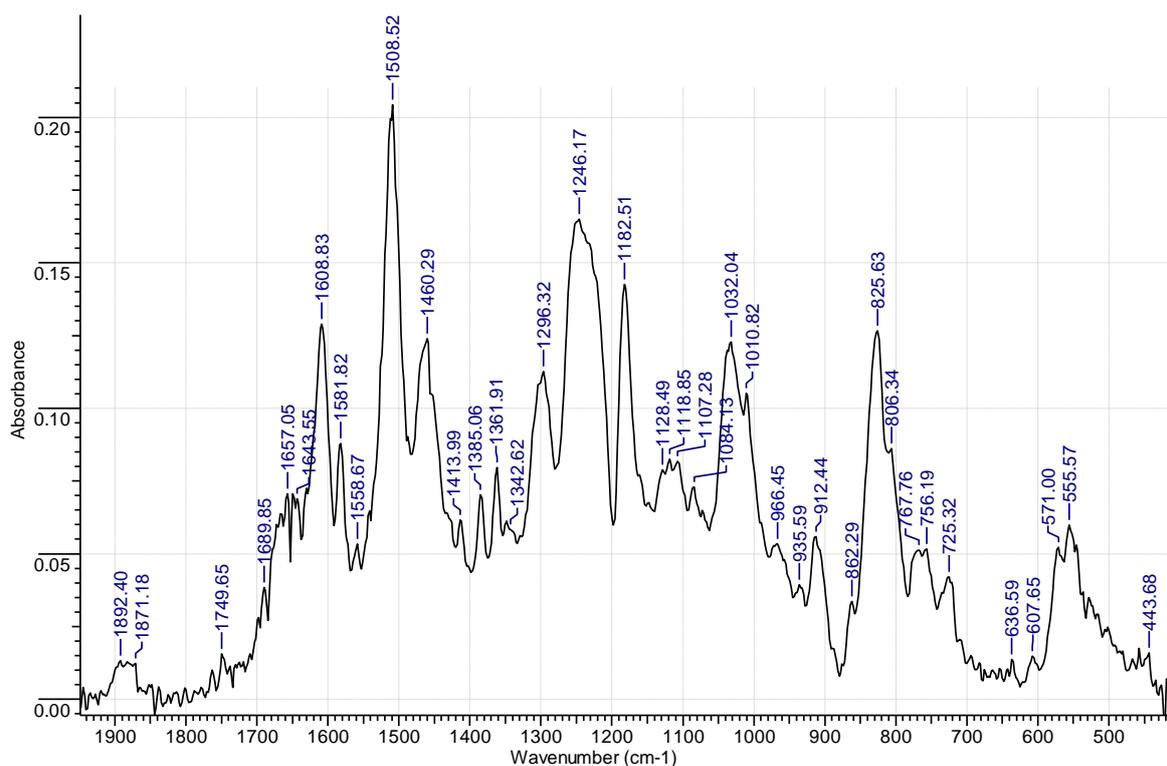


Рисунок 2. ИК спектр эпоксидной смолы ЭД-20, модифицированной КФЖ (10 мас. ч.) и отвержденной ПЭПА (10 мас. ч.) (Область 400–2000 см⁻¹) (составлено автором)

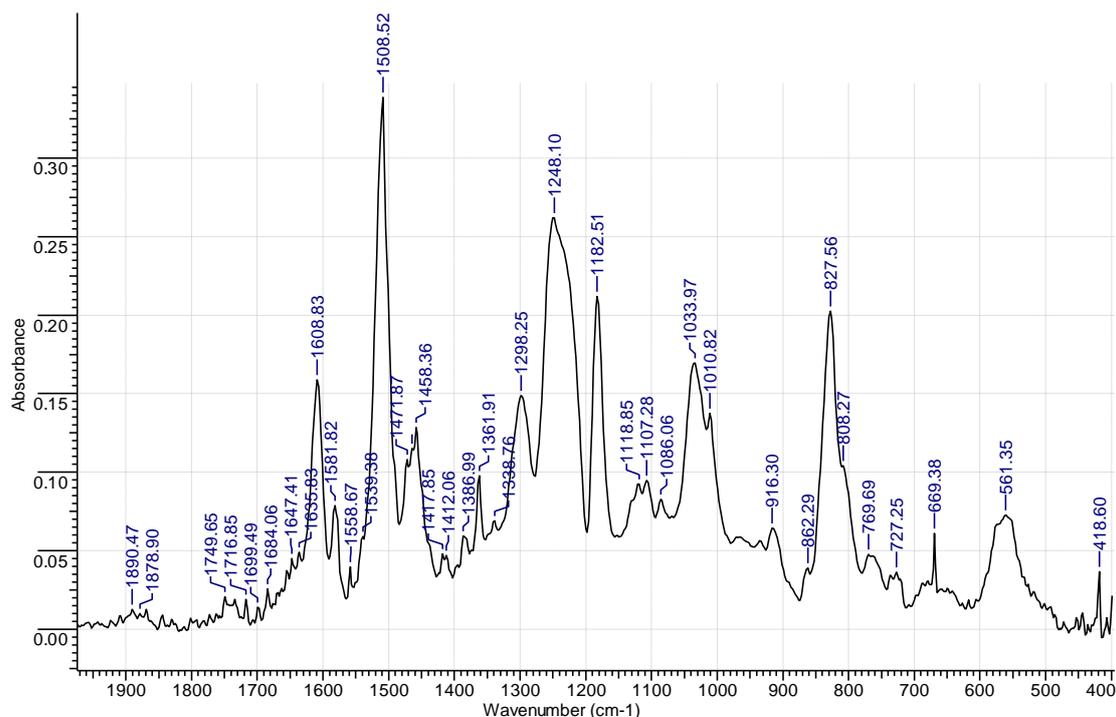


Рисунок 3. ИК спектр эпоксидной смолы ЭД-20, модифицированной Телаз (3 мас. ч.) и отвержденной ПЭПА (10 мас. ч.) (Область 400–2000 см^{-1}) (составлено автором)

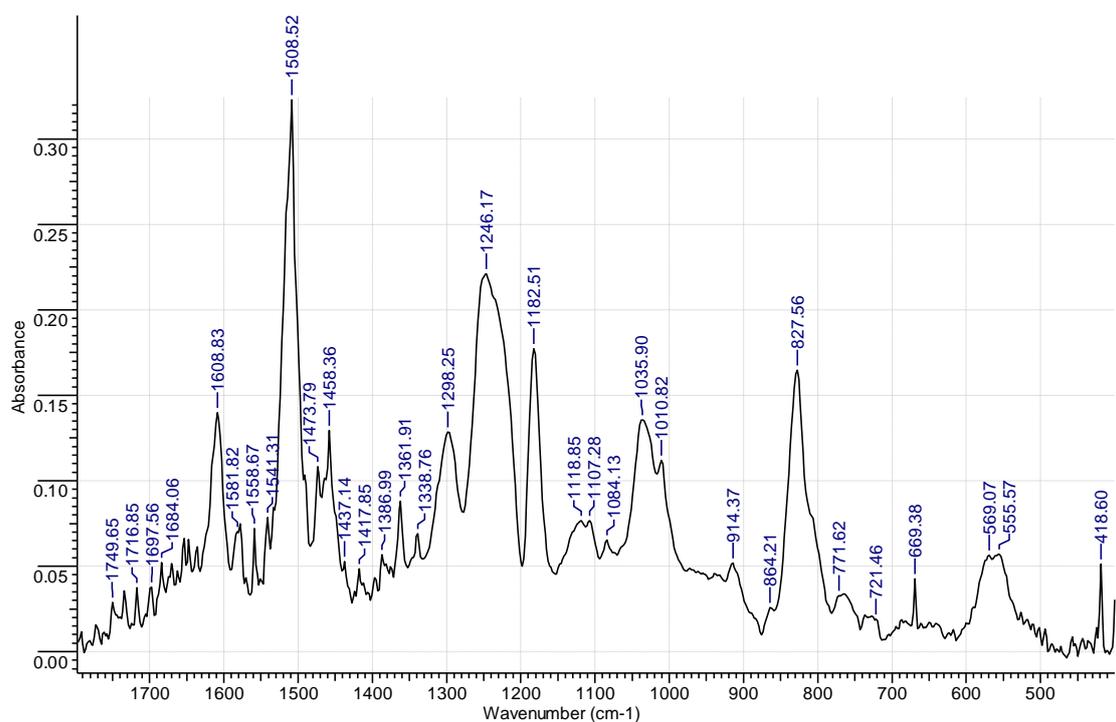


Рисунок 4. ИК спектр эпоксидной смолы ЭД-20, модифицированной КФЖ (8 масс. ч.), Телаз (3 масс. ч.) и отвержденной ПЭПА (10 масс. ч.) (Область 400–2000 см^{-1}) (составлено автором)

Методом математического планирования эксперимента оптимизированы составы эпоксидных композитов. Для этого использовалась матрица планирования, включающая 15 опытов. В качестве оптимизируемых параметров рассматривали прочность и деформативность. Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в таблице 1. Результаты исследования показывают, что при введении рассмотренных модифицирующих добавок

происходит улучшение этих показателей (прочность возрастает на 40–50 %, деформативность до 2 раз). Оптимальное содержание карбамидной смолы и амидополиамина составляет соответственно 8–10 и 3–5 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы.

Таблица 1

Матрица планирования результатов эксперимента

№ п/п	Натуральные значения факторов		Относительная прочность на растяжение при изгибе, R_u^0	Относительное удлинение, ϵ^0
	КФЖ, масс. ч.	Телаз, масс. ч.		
1	2	3	4	5
1	5	0	0,38	0,98
2	5	1	0,94	0,31
3	5	2	0,81	0,77
4	5	3	1,50	1,38
5	5	5	1,63	0,94
6	7,5	0	0,44	1,15
7	7,5	1	0,50	0,62
8	7,5	2	1,13	1,98
9	7,5	3	1,44	2,54
10	7,5	5	1,06	1,77
11	10	0	0,19	0,85
12	10	1	1,06	1,38
13	10	2	2,31	2,9
14	10	3	2,44	2,69
15	10	5	1,63	3,05

Составлено автором

Проведены исследования стойкости композитов в агрессивных средах. Химическую стойкость оценивали по изменению показателей массосодержания. Для проведения испытаний нами были изготовлены образцы различных составов (таблица 2). Образцы были выдержаны в течение 183 суток в воде, 10 % растворах серной кислоты и едкого натра. Результаты испытаний приведены в таблице 3. Исследованиями установлено увеличение массы образцов при выдерживании в рассматриваемых средах. Наиболее высокое массопоглощение характерно для эпоксидных композитов, в которых присутствует только добавка карбамидной смолы (\approx в 3–4 раза). Совместное же введение добавок КФЖ и Телаз приводит к уменьшению массопоглощения композитов в агрессивных жидкостях.

Таблица 2

Составы образцов

Используемые компоненты	СОДЕРЖАНИЕ МАССОВЫХ ЧАСТЕЙ В СОСТАВАХ																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ЭД-20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ПЭПа	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
КФЖ	—	5	8	10	—	—	—	—	5	5	5	5	8	8	8	8	10	10	10	10
ТЕЛАЗ 1	—	—	—	—	3	5	—	—	3	5	—	—	3	5	—	—	3	5	—	—
ТЕЛАЗА	—	—	—	—	—	—	3	5	—	—	3	5	—	—	3	5	—	—	3	5

Составлено автором

Таблица 3

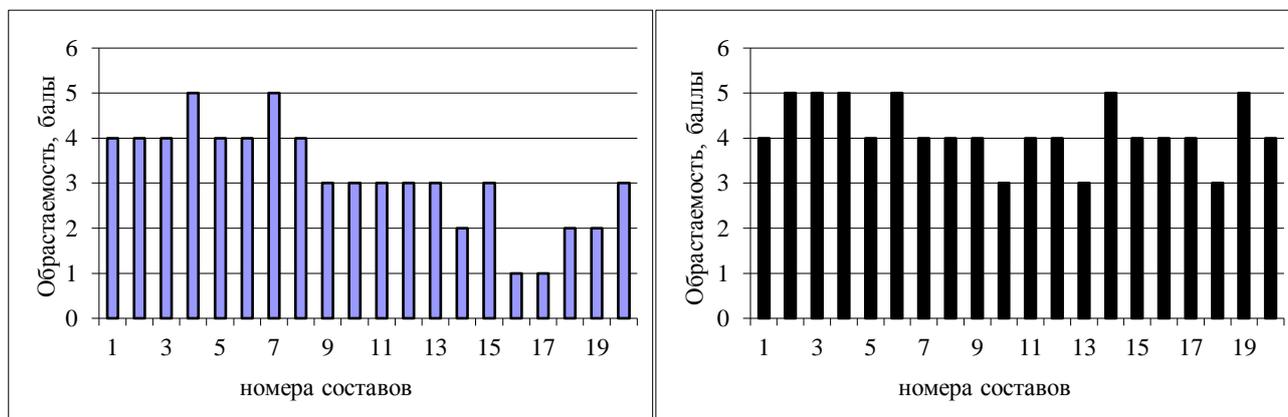
Зависимость изменения относительного массодержания эпоксидных композитов от содержания КФЖ, добавки Телаз и продолжительности выдерживания в агрессивных средах

№ состава	Изменение массосодержания образцов от длительности выдержки в средах, сут.											
	9			30			92			183		
	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O
1	0.97	1.06	0.61	1.83	1.64	1.88	2.18	2.73	3.15	3.52	1.99	2.13

№ состава	Изменение массосодержания образцов от длительности выдержки в средах, сут.											
	9			30			92			183		
	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O
2	1.07	1.15	0.25	2.17	2.08	0.95	3.19	3.17	1.81	3.69	2.33	0.35
3	1.25	1.36	0.68	2.44	2.09	1.36	3.69	3.27	2.01	4.45	2.62	3.46
4	0.77	0.96	0.68	1.49	1.58	1.37	2.33	2.5	2.11	3.1	2.42	2.3
5	1.14	1.15	0.73	2.01	1.75	2.09	2.95	2.98	3.19	6.03	2.78	2.61
6	1.15	1.06	0.91	1.63	1.49	2.34	2.61	2.43	3.42	3.15	2.51	2.79
7	1.4	1.26	0.64	2.1	1.76	1.7	2.96	2.98	3.33	3.5	2.7	2.86
8	2.13	1.44	0.86	2.66	2.09	1.88	3.99	3.37	2.79	4.41	2.67	2.83
9	1.79	1.19	1.34	2.83	1.66	2.72	4.09	3.35	3.88	4.32	2.57	3.6
10	1.47	1.5	1.22	2.23	1.85	2.36	3.36	3.31	3.39	3.62	6.27	3.37
11	1.64	1.56	0.39	2.14	1.86	1.12	3.15	2.97	2.19	1.86	2.52	2.21
12	1.09	1.3	1.21	1.51	1.56	2.1	2.27	2.93	3.08	2.52	0.24	3.3
13	1.74	1.41	0.93	2.27	1.73	1.84	3.13	2.98	2.6	3.47	2.3	2.57
14	1.68	1.28	1.21	2.88	1.7	2.16	4.2	3.07	3.12	4.19	2.1	3.08
15	2.13	1.42	1.22	2.49	2.07	2.26	3.69	3	3.18	3.71	2.2	3.42
16	1.5	1.07	1.07	1.9	1.22	2.1	2.75	2.13	2.96	2.6	1.86	2.94
17	1.68	1.6	0.71	2.03	1.51	1.45	2.7	2.48	2.25	2.44	4.24	2.44
18	1.22	4.52	1.2	1.48	2.27	1.86	2.28	3.19	3.66	2.58	2.82	1.99
19	1.11	0.89	1.22	1.4	6.05	3.24	2.23	2.04	4.64	6.19	4.33	3.62
20	1.09	0.98	1.19	1.43	1.17	2.29	2.42	2.08	3.23	6.77	1.83	3.26

Составлено автором

Транспортные сооружения во время эксплуатации подвержены негативному воздействию биологически активных сред [23–28]. В этой связи проведены испытания биостойкости эпоксидных композитов, модифицированных карбамидными смолами и амидополиаминами, которые отражены на рис. 5. В качестве исследуемого показателя рассматривали обрастаемость материалов мицелиальными грибами по методам 1 и 3. Отличие метода 3 от метода 1 состоит в наличие питательной среды при проведении испытаний [29–31]. Наиболее грибостойкими являются композиты, в состав которых входит смола марки КФЖ в количестве 5–8 мас. ч., добавка «Телаз» в количестве 3–5 мас. ч. на 100 мас. ч. связующего. Обрастаемость композитов при испытании методом 3 понижается на 2 балла по сравнению с контрольными составами.



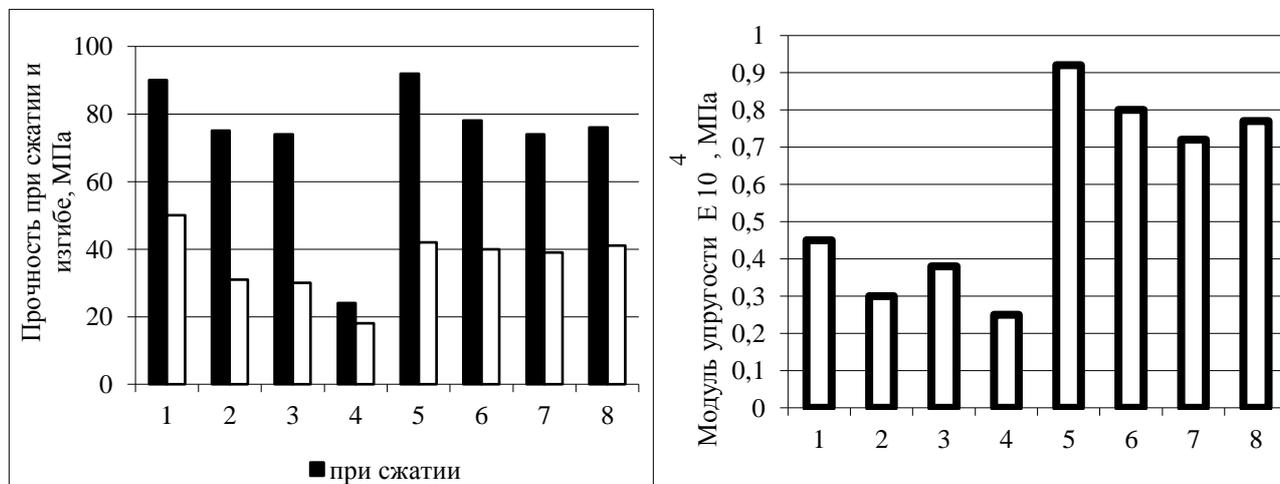
а) б)

Рисунок 5. Зависимость изменения обрастаемости по методу 1(а) и 3(б) эпоксидных и эпоксидно-карбамидных композитов от содержания КФЖ, добавок Телаз (составлено автором)

Эффективными для изготовления защитных покрытий считаются каркасные полимербетонные материалы. Их технология заключается в выполнении следующих операций:

грунтовка поверхности основания, нанесение каркасной смеси, пропитка каркаса с одновременным нанесением лицевого декоративного слоя [32; 33].

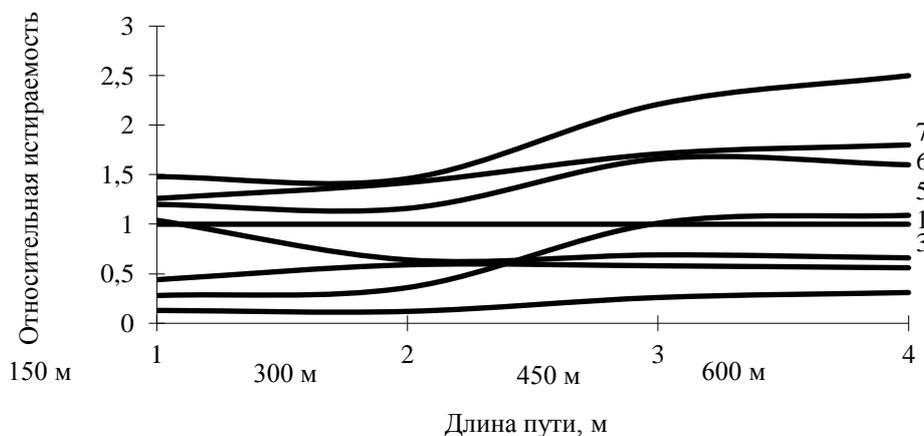
Проведенными испытаниями установлено, что наиболее высокую прочность при одноосном сжатии имеют каркасные полимербетоны на заполнителе из известнякового щебня, более низкую – на заполнителе из полиэтиленовых гранул. Такие же данные получены в испытаниях на растяжение при изгибе. Введение полимерных заполнителей приводит к снижению модуля деформации полимербетонов, а применение щебня на основе гранита и известняка, боя кирпича и стекла способствует повышению данного показателя (рис. 6).



1 – матричный состав, 2 – каркасный полимербетон на полиамидном заполнителе, 3 – то же на поликарбонатном, 4 – то же на полиэтиленовом, 5 – то же на известняковом щебне, 6 – то же на гранитном щебне, 7 – то же на кирпичном бое, 8 – то же на стеклобое

Рисунок 6. Зависимость изменения прочностных свойств каркасных композитов от вида заполнителя (составлено автором)

Проведены сравнительные испытания истираемости полимербетонов каркасной структуры с применением различных заполнителей. Установлено, что наименьшую истираемость имеют составы на полимерных заполнителях (рис. 7). Достаточно высокие результаты получены также при испытании полимербетонов на гранитном и известняковом щебне.



1 – эпоксидный композит; 2 – эпоксидный-карбамидный композит; 3 – эпоксидный композит, модифицированный Телаз; 4 – эпоксидный-карбамидный композит, модифицированный Телаз

Рисунок 7. Зависимость истираемости полимербетонов на эпоксидном связующем от вида заполнителя (составлено автором)

Результаты испытания полимерных матриц на истираемость в зависимости от вида модификаторов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Истираемость полимерных матриц на эпоксидном связующем

Вид композита	Относительный показатель истираемости
Эпоксидный композит	1
Эпоксидный композит, модифицированный карбамидной смолой	1,39
Эпоксидный композит, модифицированный амидополиамином	0,89
Эпоксидный композит, модифицированный карбамидной смолой и амидополиамином	0,72

Составлено автором

Из таблицы 4 видно, что лучшей стойкостью к истирающим нагрузкам обладает состав материала на основе эпоксидной смолы ЭД-20, модифицированный одновременно карбамидоформальдегидной смолой и амидополиаминами.

Результаты исследований использованы при изготовлении покрытий полов по бетонным основаниям в филиалах ОАО «Мордовспирт». Наблюдение за покрытием пола показало, что разработанные составы могут эффективно использоваться для ремонта и защиты бетонных конструкций, испытывающих механические нагрузки и агрессивные воздействия. После 2 лет эксплуатации в покрытиях физико-химических разрушений не обнаружено.

Анализ исследований

1. С помощью ИК-спектроскопии изучена роль карбамидо-формальдегидной смолы КФЖ и амидополиаминов типа Телаз в эластификации эпоксидных композитов. Показано, что КФЖ в этих условиях выполняет исключительно функции пластификатора, в то время как амидополиамины являются флексибилизаторами.

2. Методом математического планирования эксперимента показано, что совместное введение в эпоксидные композиты карбамидной смолы и амидополиаминов приводит к получению более прочных и эластичных композиций.

3. Исследовано химическое сопротивление эпоксидных композитов, модифицированных карбамидными смолами и амидополиаминами в воде, 10%-ых растворах серной кислоты и едкого натра. Установлено, что модифицированные компоненты обладают более высоким химическим сопротивлением (20 %).

4. В результате исследований установлено, что добавление амидополиаминов способствует повышению биологического сопротивления. Грибостойкость разработанных составов выше на 2–3 балла.

5. Исследованы физико-механические свойства каркасных полимербетонов. Установлено, что улучшенными показателями прочности обладают композиты на заполнителе из известнякового щебня, гранитного щебня, боя кирпича и стекла. При испытаниях не обнаружено нарушения адгезионных связей поверхности наполнителя со связующим при действии механических напряжений.

6. Показано, что износостойкость каркасных композитов возрастает при применении полимерных заполнителей и модификации эпоксидных связующих карбамидной смолой и амидополиаминами.

Заключение

Таким образом, проведенные комплексные исследования подтверждают долговечность и эффективность материалов композиционного типа на модифицированном полимерном вяжущем, способных обеспечить длительную и надежную работу конструкций и сооружений в агрессивных средах.

Проблема снижения стоимости полимерных композитов на эпоксидном связующем решается за счет применения при изготовлении полимербетонов модифицирующих добавок, каркасной технологии и заполнителей на основе местных сырьевых материалов и отходов промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеева, А.А. Эпоксидные композиты с применением местных заполнителей, модифицированные карбамидными смолами и амидополиаминами. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Ерофеева Алла Александровна. – Пенза, 2006. – 148 с.
2. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. *Academia. Архитектура и строительство*. 2015. №1. С. 93–102.
3. Основы формирования структуры композиционных материалов Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Жарин Д.Е. Саранск, 2012.
4. Building Heat-insulating Materials Based on the Products of the Transesterification of Polyethylene Terephthalate and Dibutyltin Dilaurate Erofeev, V., Bobryshev, A., Shafigullin, L., (...), Darovskikh, I., Tretiakov, I. 2016 *Procedia Engineering*. 165. С. 1455–1459.
5. Determination of the heat resistance of polymer construction materials by the dynamic mechanical method Startsev, V.O., Molokov, M.V., Blaznov, A.N., (...), Erofeev, V.T., Smirnov, I.V. 2017 *Polymer Science – Series D*.
6. Development of the recommendations on selection of glass-fiber reinforced polyurethanes for vehicle parts Shafigullin, L.N., Bobryshev, A.A., Erofeev, V.T., (...), Shafigullina, A.N. 2015 *International Journal of Applied Engineering Research*.
7. Erofeev V. Frame construction composites for building and structures in aggressive environments // *Procedia Engineering*. 2016. Т. 165. С. 1444–1447.
8. Frame composites based on soluble glass Erofeev, V.T., Zavalishin, E.V., Rimshin, V.I., Kurbatov, V.L., Stepanovich, M.B. 2016 *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 7(3), с. 2506–2517.
9. Investigation of Noise – Vibration-Absorbing Polymer Composites Used in Construction Erofeev, V., Shafigullin, L., Bobryshev, A. 2018 *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 463(4), 042034.
10. Биологическое сопротивление лакокрасочных материалов на эпоксидных связующих Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Черушова Н.В., Митина Е.А., Смирнова О.Н. *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2003. №2. С. 36–41.
11. Биостойкость эпоксидных полимербетонов, модифицированных каменноугольной смолой. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Кондакова И.Э.,

- Казначеев С.В., Богатов А.Д. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 7–2. С. 310–325.
12. Влияние химического и минералогического состава наполнителей на свойства эпоксидных композитов Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Бикбаев Р.А., Бочкин В.С. Строительные материалы. 1997. №1. С. 24.
 13. Влияние эксплуатационной среды на биостойкость строительных композитов. Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Казначеев С.В., Смирнов В.Ф. Инженерно-строительный журнал. 2012. №7 (33). С. 23–31.
 14. Изучение влияния вида наполнителей на основе асбестосодержащих отходов и их содержания на технологические и механические свойства эпоксидных композитов. Гаврилов М.А., Губанов Д.А., Худяков В.А., Ерофеев В.Т. Региональная архитектура и строительство. 2016. № 2(27). С. 32–42.
 15. Ударная прочность эпоксидных полимербетонов. Ерофеев В.Т., Старцев О.В., Смирнов И.В., Максимова И.Н., Ерастов В.В., Махоньков А.Ю. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 11–12 (683–684). С. 5–11.
 16. Эпоксидно-битумные композиты. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Калгин Ю.И., Мищенко Н.И. Промышленное и гражданское строительство. 2000. №11. С. 22–25.
 17. Evaluation of corrosion of alkaliglass composites, predicting their physic-chemical resistance and ways to improve it Erofeev, V.T., Fedortsov, A.P., Bogatov, A.D., Fedortsov, V.A., Gusev, B.V. 2018 Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti 2018 – January (2), с. 238–246.
 18. Гидравлические аспекты получения каркасных композитов. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т. Известия высших учебных заведений. Строительство. 1997. №7. С. 45.
 19. Елшин И.М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве. – Москва: Стройиздат, 1980. – 191 с.
 20. Ерофеева А.А. Каркасные полимербетоны на основе модифицированных эпоксидных вяжущих / А.А. Ерофеева, Е.А. Морозов, В.Н. Шишкин, В.Т. Ерофеев // Строительные материалы, 2006, №6. – С. 30–33.
 21. Getting Fired Material with Vitreous Binder Using Frame Technology Erofeev, V., Korotaev, S., Bulgakov, A., Tretiakov, I., Rodin, A. 2016 Procedia Engineering 164, с. 166–171.
 22. Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer Zagorodnjuk, L.H., Lesovik, V.S., Volodchenko, A.A., Yerofeev, V.T. 2016 International Journal of Pharmacy and Technology 8(3), с. 15146–15155.
 23. Biocidal Binders for the Concretes of Unerground Constructions Erofeev, V., Rodin, A., Rodina, N., Kalashnikov, V., Irina, E. 2016 Procedia Engineering. 165. С. 1448–1459.
 24. Biological resistance of cement composites filled with dolomite powders Erofeev, V., Kalashnikov, V., Emelyanov, D., (...), Tretiakov, I., Matvievskiy, A. 2016 Solid State Phenomena 871, с. 33–39.

25. Biological resistance of cement composites filled with limestone powders Erofeev, V., Kalashnikov, V., Emelyanov, D., (...), Tretiakov, I., Matvievskiy, A. 2016 Solid State Phenomena 871, с. 22–27.
26. Development of Biocidal Cements for Building and Structures with Biologically Active Environments Travush, V.I., Karpenko, N.I., Erofeev, V.T., (...), Smirnov, V.F., Rodina, N.G. 2017 Power Technology and Engineering 51(4), с. 377–384.
27. Simulation of a biological degradation (Book Chapter) Erofeev, V.T., Morozov, E.A. 2011 Biotechnology and the Ecology of Big Cities с. 29–36.
28. Study of effects of redispersable latex powders on hardening kinetics of cement-sand composites Bobrishev, A.A., Shafigullin, L.N., Erofeev, V.T., (...), Sotnikov, M.I., Vyacheslav, A. 2016 Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences 7(4), с. 795–802.
29. Основы математического моделирования биокоррозии полимербетонов Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Фундаментальные исследования. 2014. №12–4. С. 701–707.
30. Разработка способов повышения биостойкости строительных материалов. Гусев Б.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Дергунова А.В., Богатов А.Д. Промышленное и гражданское строительство. 2012. №4. С. 52–58.
31. Lesnov V.V., Yerofeev V.T., Salimov R.N., Smirnov V.F. Resistance in filamentous fungi filled by epoxy adhesive and matrix compositions used in carcass concrete // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2015. №3 (27). С. 65–72.
32. Мастики, полимербетоны и полимерсиликаты. Под ред. В.В. Патуроева и И.Е. Путляева. М.: Стройиздат, 1975. – 223 с.
33. Соколова Ю.А. Модифицированные эпоксидные клеи и покрытия в строительстве / Ю.А. Соколова, Е.М. Готлиб. – М.: Стройиздат, 1990. – 174 с.

Erofeeva Alla Aleksandrovna

National research Mordovian state University of N.P. Ogarev, Saransk, Russia
E-mail: allaerofeeva@yandex.ru

Modified epoxy composites with the use of local aggregate for transportation structures

Abstract. Increasing attention is paid to the problem of increasing the durability of building materials and products used for the manufacture of transport structures. In this regard, the creation of building materials and products that improve their performance, increase efficiency, reduce material consumption, cost and labor intensity of production is a major task in the field of construction materials science. One of the ways to increase the durability of buildings and structures is the use of composite materials on a polymer binder.

The article presents the results of research in the development of effective compositions of frame polymer composites based on epoxy binders modified with urea resins and amidopolyamines using local fillers for anti-corrosion protection of building structures.

Presents the study of physico-chemical processes occurring in epoxy composites modified urea resin and amidopolyamine by the method of IR-spectroscopy. The dependence of changes in the properties of epoxy composites with the introduction of modifying additives was revealed. It was found that in epoxy polymer concrete urea resin serves as a plasticizer, and amidopolyamines are flexibilizers.

Physical and mechanical properties of frames and frame composites on local organic and inorganic fillers are investigated.

The behavior of materials under the influence of chemical and biological aggressive media has been studied, on the basis of which compositions are proposed that can ensure long-term and reliable operation of structures and structures in aggressive chemical and biological environments.

The practical implementation of the developed compositions in the manufacture of protective coatings for building structures.

Keywords: building structures; polymers; epoxy composites; polymer concrete; research; properties; methods of protection; coatings

REFERENCES

1. Erofeeva A.A. (2006). Ehpoksidnye kompozity s primeneniem mestnykh zapolniteley, modifitsirovannyye karbamidnymi smolami i amidopoliaminami. [*Urea-modified epoxy composites modified with carbamide resins and amidopolyamines.*] Penza, p. 148.
2. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Erofeev V.T. (2015). On modern methods for ensuring the durability of reinforced concrete structures. *Academia. Architecture and construction*, p. 1, pp. 93–102 (in Russian).
3. Bobryshev A.N., Erofeev V.T., Zharin D.E. (2012). Osnovy formirovaniya struktury kompozitsionnykh materialov. [*Fundamentals of the formation of the structure of composite materials.*] Penza, p. 148.
4. Erofeev V., Bobryshev A., Shafigullin L., Darovskikh I., Tretiakov I. and etc. (2016). Building Heat-insulating Materials Based on the Products of the Transesterification of

- Polyethylene Terephthalate and Dibutyltin Dilaurate. *Procedia Engineering*, 165, pp. 1455–1459.
5. Startsev V.O., Molokov M.V., Blaznov A.N., Erofeev V.T., Smirnov I.V. and etc. (2017). Determination of the heat resistance of polymer construction materials by the dynamic mechanical method. *Polymer Science – Series D*.
 6. Shafigullin L.N., Bobryshev A.A., Erofeev V.T., Shafigullina A.N. and etc. (2015). Development of the recommendations on selection of glass-fiber reinforced polyurethanes for vehicle parts. *International Journal of Applied Engineering Research*.
 7. Erofeev V. (2016). Frame construction composites for building and structures in aggressive environments. *Procedia Engineering*, (165), pp. 1444–1447.
 8. Erofeev V.T., Zavalishin E.V., Rimshin V.I., Kurbatov V.L., Stepanovich M.B. (2016). Frame composites based on soluble glass. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(3), pp. 2506–2517.
 9. Erofeev V., Shafigullin L., Bobryshev A. (2018). Investigation of Noise – Vibration-Absorbing Polymer Composites Used in Construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 463(4), 042034.
 10. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Cherushova N.V., Mitina E.A., Smirnova O.N. (2003). Biological resistance of paint materials on epoxy binders. *News of higher educational institutions. Construction*, 2, pp. 36–41 (in Russian).
 11. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Kondakova I.Eh., Kaznacheev S.V., Bogatov A.D. (2013). Biostability of epoxy polymer concrete modified with coal tar. *Bulletin of Tula State University. Technical science*, 7–2, pp. 310–325 (in Russian).
 12. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Bikbaev R.A., Bochkin V.S. (1997). The influence of the chemical and mineralogical composition of fillers on the properties of epoxy composites. *Construction Materials*, 1, p. 24 (in Russian).
 13. Erofeev V.T., Bogatov A.D., Bogatova S.N., Kaznacheev S.V., Smirnov V.F. (2012). The influence of the operational environment on the biostability of building composites. *Civil Engineering Journal*, 7(33), pp. 23–31 (in Russian).
 14. Gavrilov M.A., Gubanov D.A., Khudyakov V.A., Erofeev V.T. (2016). Studying the influence of the type of fillers based on asbestos-containing waste and their content on the technological and mechanical properties of epoxy composites. *Regional architecture and construction*, 2(27), pp. 32–42 (in Russian).
 15. Erofeev V.T., Startsev O.V., Smirnov I.V., Maksimova I.N., Erastov V.V., Makhon'kov A.Yu. (2015). Impact strength of epoxy polymer concrete. *News of higher educational institutions. Construction*, 11–12(683–684), pp. 5–11 (in Russian).
 16. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Kalgin Yu.I., Mishchenko N.I. (2000). Epoxy-bitumen composites. *Industrial and civil engineering*, 11, pp. 22–25 (in Russian).
 17. Erofeev V.T., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A., Gusev B.V. (2018). Evaluation of corrosion of alkali-glass composites, predicting their physico-chemical resistance and ways to improve it. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti*, 2, pp. 238–246.
 18. Solomatov V.I., Erofeev V.T. (1997). Hydraulic aspects of obtaining frame composites. *News of higher educational institutions. Construction*, 7, p. 45 (in Russian).

19. Elshin I.M. (1980). Polimerbetony v gidrotekhnicheskom stroitel'stve. [*Polymer concrete in hydraulic engineering.*] Moscow: Stroyizdat, p. 191.
20. Erofeeva A.A., Morozov E.A., Shishkin V.N., Erofeev V.T. (2006). Frame polymer concrete based on modified epoxy binders. *Building materials*, 6, pp. 30–33 (in Russian).
21. Erofeev V., Korotaev S., Bulgakov A., Tretiakov I., Rodin A. (2016). Getting Fired Material with Vitreous Binder Using Frame Technology. *Procedia Engineering*, 164, pp. 166–171.
22. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Yerofeev V.T. (2016). Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 8(3), pp. 15146–15155.
23. Erofeev V., Rodin A., Rodina N., Kalashnikov V., Irina E. (2016). Biocidal Binders for the Concretes of Unerground Constructions. *Procedia Engineering*, 165, pp. 1448–1459.
24. Erofeev V., Kalashnikov V., Emelyanov D., Tretiakov I., Matvievskiy A. and etc. (2016). Biological resistance of cement composites filled with dolomite powders. *Solid State Phenomena*, 871, pp. 33–39.
25. Erofeev V., Kalashnikov V., Emelyanov D., Tretiakov I., Matvievskiy A. and etc. (2016). Biological resistance of cement composites filled with limestone powders. *Solid State Phenomena*, 871, pp. 22–27.
26. Travush V.I., Karpenko N.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F., Rodina N.G. and etc. (2017). Development of Biocidal Cements for Building and Structures with Biologically Active Environments. *Power Technology and Engineering*, 51(4), pp. 377–384.
27. Erofeev V.T., Morozov E.A. (2011). Simulation of a biological degradation (Book Chapter). *Biotechnology and the Ecology of Big Cities*, pp. 29–36.
28. Bobrishev A.A., Shafigullin L.N., Erofeev V.T., Sotnikov M.I., Vyacheslav A. and etc. (2016). Study of effects of redispersable latex powders on hardening kinetics of cement-sand composites. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(4), pp. 795–802.
29. Erofeev V.T., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. (2014). Fundamentals of mathematical modeling of biocorrosion of polymer concrete. *Basic research*, 12–4, pp. 701–707 (in Russian).
30. Gusev B.V., Erofeev V.T., Smirnov V.F., Dergunova A.V., Bogatov A.D. (2012). Development of ways to increase the biostability of building materials. *Industrial and civil engineering*, 4, pp. 52–58 (in Russian).
31. Lesnov V.V., Yerofeev V.T., Salimov R.N., Smirnov V.F. (2015). Resistance in filamentous fungi filled by epoxy adhesive and matrix compositions used in carcass concrete. *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*, 3(27), pp. 65–72.
32. Ed. by Paturuev V.V., Putlyaev I.E. (1975). Mastiki, polimerbetony i polimersilikaty. [*Mastics, polymer concrete and polymer silicates.*] Moscow: Stroyizdat, p. 223.
33. Sokolova Yu.A., Gotlib E.M. (1990). Modifitsirovannyye ehпоксидные клеи i pokrytiya v stroitel'stve. [*Modified epoxy adhesives and coatings in construction.*] Moscow: Stroyizdat, p. 174.