

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ДЕМПФИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

*Ерофеева И.В., младший научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН),
Федорцов В.А., аспирант,
Афонин В.В., кандидат технических наук, доцент,
Емельянов Д.В., кандидат технических наук, доцент,
Национальный исследовательский университет
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва,
Подживотов Н.Ю., кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский
научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП "ВИАМ"),
Моисеев В.В., аспирант,
Кремчеев А.Н., магистрант,
Национальный исследовательский университет
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва*

Аннотация: в статье приводятся результаты исследования демпфирующих свойств цементных композитов с различным водоцементным отношением, с добавкой супер- и гиперпластификаторов, наполнителей – молотого кварца и микрокремнезема, кварцевых песков различной крупности при циклическом воздействии отрицательных и положительных температур. Демпфирующие свойства цементных композитов определяли резонансным методом. Выявлено, что исследуемые составы композитов показывают изменения демпфирующих свойств при циклическом воздействии отрицательных и положительных температур. Для всех составов в начале исследований характерно понижение демпфирующих свойств, а затем при увеличении циклического воздействия отрицательных и положительных температур происходит дальнейшее уменьшение или увеличение показателя. Установлено, что увеличение декрементов колебаний с ростом продолжительности эксперимента обусловлено деструктивными процессами в структуре материала.

Ключевые слова: цементные композиты, наполнитель, бетоны нового поколения, термоциклические испытания, демпфирующие свойства, логарифмический декремент колебаний

RESEARCHES OF INFLUENCE OF CYCLICALLY OPERATING NEGATIVE AND POSITIVE TEMPERATURES ON THE DAMPING PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITES

*Erofeeva I.V., Research Assistant,
Research Institute of Building Physics
of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RIBPH RAACS),
Fedortsov V.A., Postgraduate,
Afonin V.V., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Emelyanov D.V., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Ogarev Mordovia State University,
Podzhivotov N.Yu., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Senior Research Officer,
All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials (RSRIAM),
Moiseev V.V., Postgraduate,
Kremcheev A.N., Master Student,
Ogarev Mordovia State University*

Abstract: *results of a research of the damping properties of cement composites with various water cement relation, with additive super – and hyper softeners, fillers – ground quartz and microsilicon dioxide, quartz sands of various fineness at cyclic influence of negative and positive temperatures are given in the article. The damping properties of cement composites are determined by a resonant method. It is revealed that the studied structures of composites show changes of the damping properties at cyclic influence of negative and positive temperatures. Decrease in the damping properties is characteristic of all structures at the beginning of the researches, and then at increase in cyclic influence of negative and positive temperatures there is a further reduction or increase in an indicator. It is established that increase in decrement of fluctuations with growth of duration of an experiment is caused by destructive processes in structure of material.*

Keywords: *cement composites, filler, concretes of a new generation, thermo-cyclic testing, the damping capacity, logarithmic decrement of oscillations*

Строительные материалы и изделия многих зданий и сооружений во время эксплуатации подвергаются воздействию динамических нагрузок, приводящих, например, к преждевременному разрушению станин металлообрабатывающих станков, дорожных и аэродромных покрытий, полов промышленных зданий с тяжёлым режимом работы и т.д.

Одним из показателей, характеризующих способность материала сопротивляться динамическим нагрузкам, является демпфирующая способность – поглощение энергии циклического деформирования. Материалы с высокими демпфирующими свойствами способствуют уменьшению амплитуды колебания, смягчают удары и тем самым приводят к снижению напряжений в конструкциях. В этой связи использование данных свойств для ма-

териалов различного типа, в том числе с учетом их эксплуатационных условий представляет значительный интерес.

Для исследований были выбраны порошково-активированные бетоны на основе цементных связующих, различных пластификаторов и наполнителей. Данные бетоны обладают улучшенными физико-механическими и технологическими свойствами, экономической эффективностью [1-12]. Демпфирующая способность оценивалась логарифмическим декрементом колебаний (ЛДК), который определяли по ширине резонансного пика образцов размером $2 \times 2 \times 7$ см по известной методике [13].

Термоциклические испытания образцов («арктика») в климатической камере ФГУП «ВИАМ»

проведены в 2 этапа. На первом этапе партия образцов испытана пятнадцатью термоциклами, на следующем этапе вторая партия образцов испытана тридцатью термоциклами. Один термоцикл, представленный на рис. 1 (24 часа) включает четыре термосостояния:

1. Охлаждение образцов от комнатной температуры ($+23^\circ\text{C}$) до минус 50°C – около часа (50–55 мин).

2. Выдержка образцов при температуре минус 50°C – 9 часов.

3. При выключенной камере естественное нагревание образцов до комнатной температуры ($+23^\circ\text{C}$) – не менее 5 часов.

4. Выдержка образцов при комнатной температуре ($+23^\circ\text{C}$) – 9 часов.

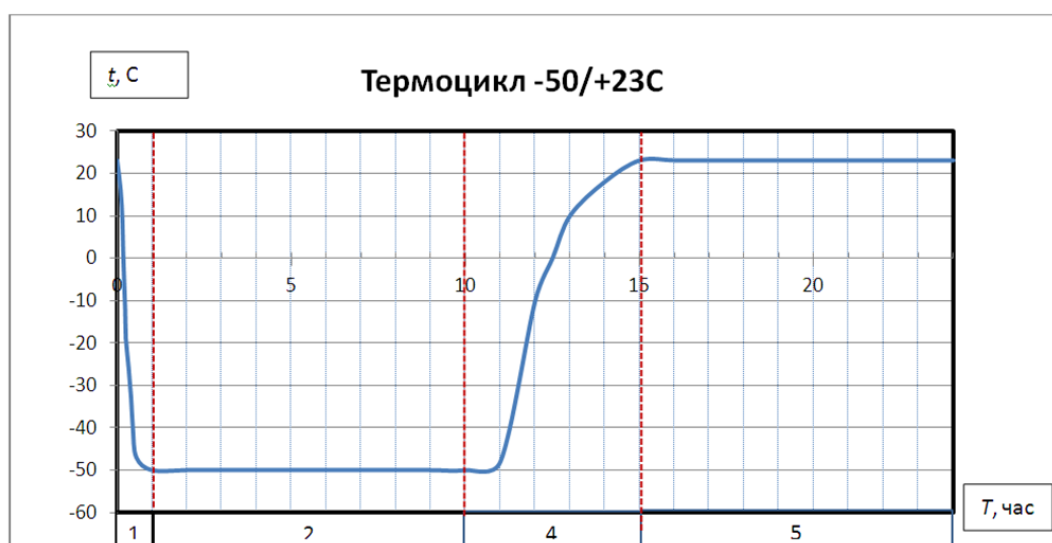


Рис. 1. Термоцикл при пониженных температурах ($-50^\circ\text{C} / +23^\circ\text{C}$)

Составы бетонов и результаты их испытания приведены в табл. 1 и 2. Изменение логарифмического декремента колебаний образцов после испытаний определяли по отношению к измеряемому показателю образцов до испытаний.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что исследуемые составы композитов показывают изменения демпфирующих свойств при циклическом воздействии отрицательных и поло-

жительных температур. Причем для всех составов в начале исследований характерно понижение демпфирующих свойств, а затем при увеличении циклического воздействия отрицательных и положительных температур происходит дальнейшее уменьшение или увеличение показателя. Увеличение декремента колебаний с ростом продолжительности эксперимента обусловлено деструктивными процессами в структуре материала.

Таблица 1

Составы исследуемых композитов

№ п/п	Компоненты	Содержание компонентов в массовых частях состава									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Цемент ульяновский ПЦ500Д0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Вода	0,267	0,35	0,171	0,6	0,475	0,525	0,56	0,56	0,261	0,289
4	ГП «Melflux 1641 F»	–	–	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	–	–	–
5	СП «Фортрайс-Стронг»	–	–	–	–	–	–	–	–	0,015	–
6	ГП «Хидетал 9γ»	–	–	–	–	–	–	–	0,012	–	–
7	СП «Хидетал-П-5»	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,015
8	Микрокремнезем липецкий	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–
9	Микрокварц	–	–	–	1,1	0,75	–	–	0,825	–	–
10	Кварцевый песок фракции 0-0,63 мм	–	–	–	2,753	1,775	2,065	2,51	2,065	–	–
11	Кварцевый песок фракции 0,63-2,5 мм	–	–	–	2,347	1,975	1,76	2,14	1,76	–	–

Таблица 2

Результаты испытаний

Свойства	Показатели свойств состава									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Логарифмический декремент колебаний δ образцов 20×20×70 мм	0,133	0,103	0,064	0,073	0,095	0,049	0,070	0,063	0,103	0,090
Изменение ЛДК образцов после 15 сут. испытаний δ , %	–52,1	–29,1	21,9	–19,1	–27,3	28,6	12,9	–8,0	–30,1	–25,6
Изменение ЛДК образцов после 45 сут. испытаний δ , %	5,3	–29,0	35,9	28,7	28,4	89,8	25,7	135,0	–3,9	132,2

По полученным результатам построены графические зависимости рис. 2-5 со сплайн интерполяцией.

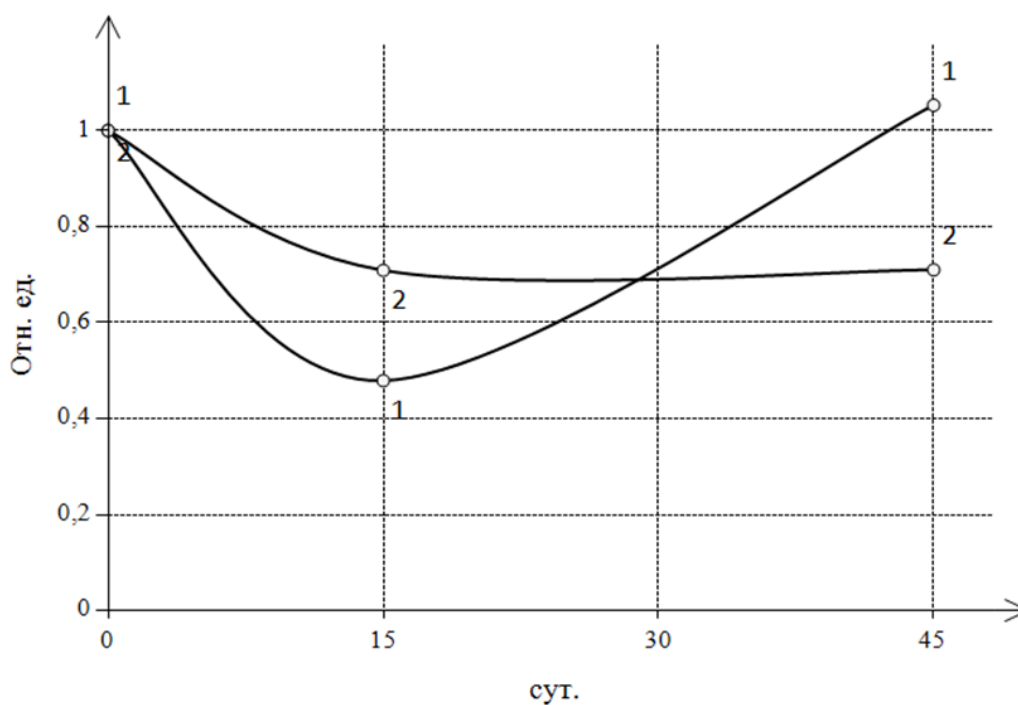


Рис. 2. Зависимость изменения логарифмического декремента колебаний цементного камня в зависимости от водосодержания при воздействии отрицательных и повышенных температур: 1 – цементный камень на основе теста нормальной густоты ($V/C = 0,267$); 2 – то же с $V/C = 0,35$

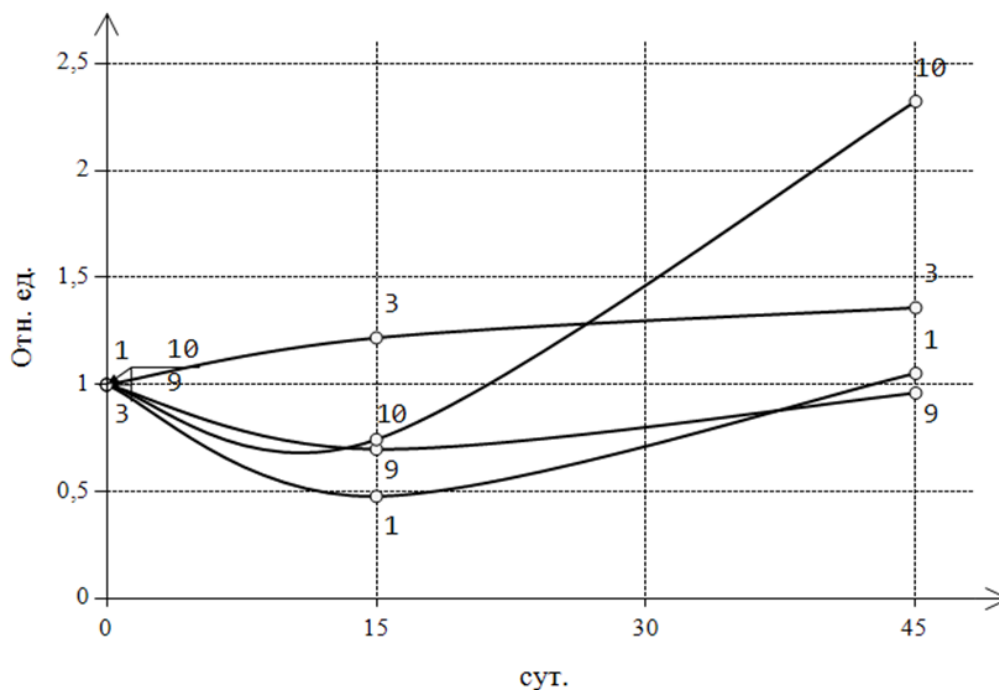


Рис. 3. Зависимость изменения логарифмического декремента колебаний цементного камня с пластифицирующими добавками и биоцидным препаратом при воздействии отрицательных и повышенных температур: 1 – цементный камень без пластификатора ($V/C = 0,267$); 3 – то же с ГП «Melflux 1641 F» ($V/C = 0,171$); 9 – то же с СП «Фортрайс-Стронг» ($V/C = 0,261$); 10 – то же с СП «Хидетал-П-5» ($V/C = 0,289$)

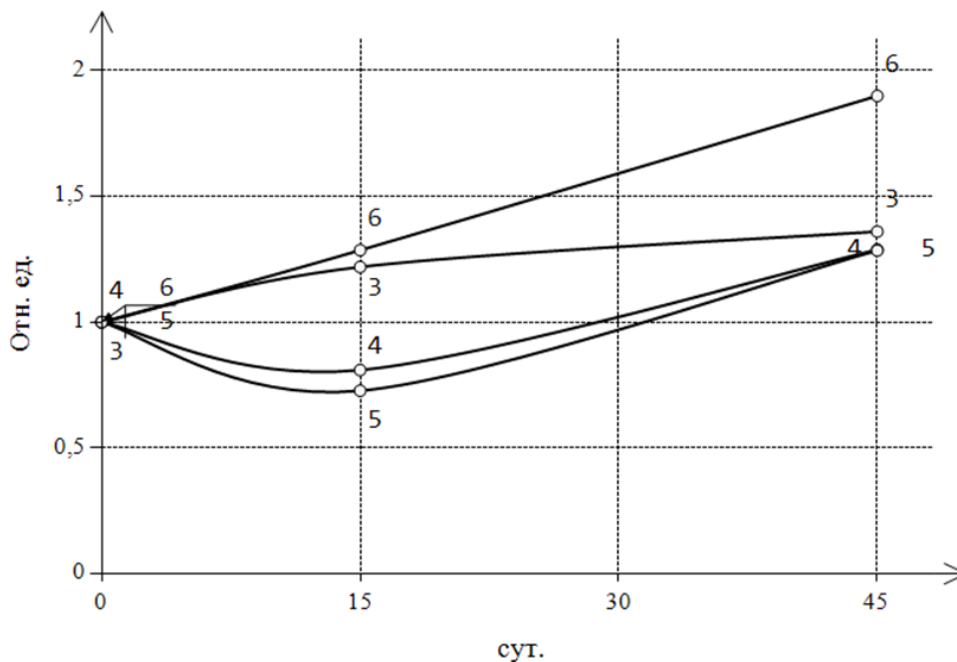


Рис. 4. Зависимость изменения логарифмического декремента колебаний цементного камня в зависимости от содержания наполнителя при воздействии отрицательных и повышенных температур: 3 – пластифицированный цементный камень; 6 – то же, наполненный 2-мя фракциями песка; 4 – то же, наполненный 2-мя фракциями песка и микрокварцем; 5 – то же, наполненный 2-мя фракциями песка, микрокварцем и микрокремнеземом

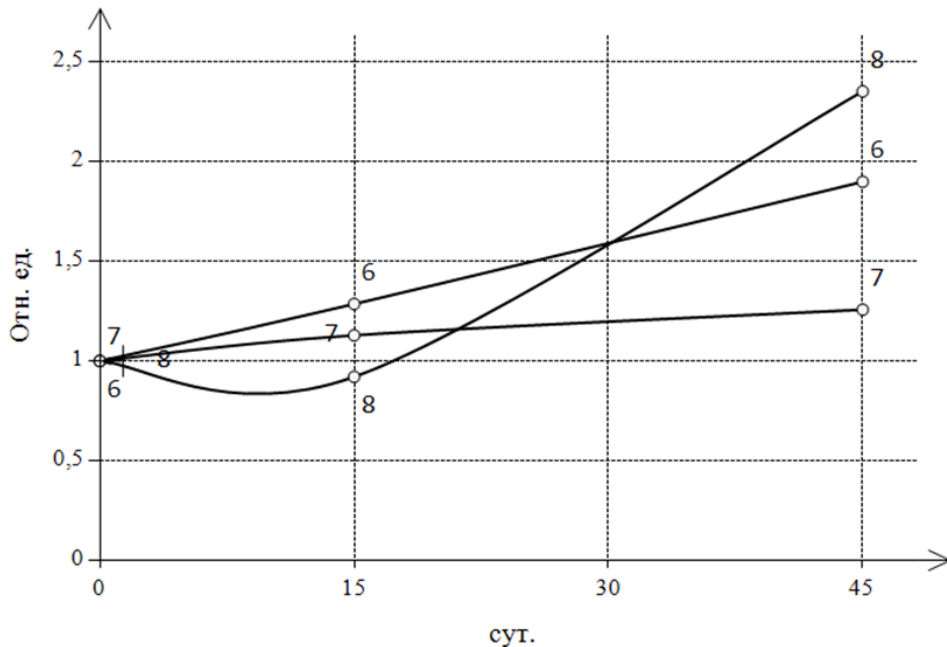


Рис. 5. Зависимость изменения логарифмического декремента колебаний цементного камня в зависимости от содержания пигментов, степени наполнения кварцевым наполнителем и вида пластификатора при воздействии отрицательных и повышенных температур: 6 – средненаполненный композит с ГП «Melflux 1641 F»; 7 – высоконаполненный композит с ГП «Melflux 1641 F»; 8 – средненаполненный композит с ГП «Хидетал 9γ»

Сравнение составов цементного камня, сформированных на основе теста с различным водосодержанием, показывает постепенное уменьшение логарифмического декремента колебаний на всем периоде испытаний. При этом в начале испытаний наибольшее понижение показателя характерно для состава с повышенным водосодержанием, но затем происходит стабилизация свойства.

Похожая кинетика, характерная для состава с повышенным водосодержанием, наблюдается для состава с пониженным В/Ц, достигаемом за счет введения гиперпластификатора «Melflux 1641 F». Отличие в этом случае состоит в том, что после 45 суток испытаний наблюдается увеличение логарифмического декремента колебаний по сравнению с показателем, установленным после 15 суток испытаний.

Сравнение показателей цементного камня, сформированных с применением различных суперпластификаторов, показывает идентичность характера кривых на начальном этапе испытаний и разное их отличие при увеличении сроков испытаний. Наибольшее увеличение декремента колебаний наблюдается в образцах, содержащих гиперпластификатор «Хидетал 9γ» или суперпластификатор «Хидетал-П-5». В этих материалах (составы 8 и 10) декремент колебаний увеличился на 132 и 135% соответственно. В меньшей степени воздействует на демпфирующие свойства образцов гиперпластификатор «Melflux 1641 F». В составах 3, 4, 5, 6, 7 декремент колебаний увеличился соответственно на 35,9; 28,7; 28,4; 89,8 и 25,7%. На

деструктивные процессы в материале при выдерживании в условиях изменяющихся отрицательных и положительных температур не оказывает отрицательного влияния суперпластификатор «Фортрайс-Стронг» (состав 9). Как показывают проведенные исследования, декремент колебаний у состава 9 практически не меняется после 45 суток испытаний при этом режиме обработки образцов.

Также получены зависимости для наполненных цементных композитов. Кинетика изменения логарифмического декремента колебаний в начале испытаний является практически одинаковой. Изменение показателей для составов высокой плотности сохраняется и при дальнейшем испытании. Введение в составы только микрокварца, а также микрокварца с микрокремнеземом (составы 4 и 5) обуславливает меньшее увеличение декремента колебаний, что косвенно подтверждает положительное влияние этих добавок на свойства цементных композитов. Более пористые наполненные составы при более длительных сроках испытаний показали повышение исследуемого показателя. Увеличение содержания такого же наполнителя в смеси состава 7 способствовало приближению характера кривой к наиболее плотным составам 4 и 5. Замена в наполненных составах ГП «Melflux 1641 F» на СП «Хидетал П-5» способствовало увеличению демпфирующих свойств при длительных циклических воздействиях отрицательных и положительных температур.

Литература

1. Калашников В.И., Ерофеева И.В. Высокопрочные бетоны нового поколения // Materials of the XII International scientific and practical conference, «Science without borders». 2016. С. 82 – 84.
2. Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Тараканов О.В. Техничко-экономическая эффективность внедрения архитектурно-декоративных порошково-активированных карбонатных песчаных бетонов // Известия вузов. Строительство. 2016. №6. С. 39 – 46.
3. Калашников В.И. Что такое порошково-активированный бетон нового поколения // Строительные материалы. 2012. №10. С. 70 – 72.
4. Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Тараканов О.В. Суспензионно-наполненные бетонные смеси для порошково-активированных бетонов нового поколения // Изв. высш. учеб. заведений «Строительство». 2016. №4. С. 38 – 37.
5. Erofeeva I., Kalashnikov V., Petukhov A. Explore the possibility of replacing for eign the hyperplasticizing additives combining them with cheaper domestic the hyperplasticizing additives // Building and architecture. 2014. P. 57 – 62.
6. Мороз М.Н., Калашников В.И., Ерофеева И.В. Эффективные бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности // Молодой ученый. 2015. №6. С. 189 – 191.
7. Высокоэффективные самоуплотняющиеся порошково-активированные песчаные бетоны и фибробетоны / В.И. Калашников, И.В. Ерофеева, В.М. Володин и др. // Современные проблемы науки и образования. 2015. №1-2.
8. Калашников В.И. Терминология науки о бетоне нового поколения // Строительные материалы. 2011. №3. С. 103 – 106.
9. Влияние реакционно-активных добавок на прочностные свойства пластифицированного цементного камня / Е.В. Гуляева, И.В. Ерофеева, В.И. Калашников и др. // Молодой ученый. 2014. С. 194 – 197.
10. Влияние содержания воды, вида суперпластификатора и гиперпластификатора на растекаемость суспензий и прочностные свойства цементного камня / Е.В. Гуляева, И.В. Ерофеева, В.И. Калашников и др. // Молодой ученый. 2014. №19. С. 191 – 194.
11. Супер- и гиперпластификаторы. Микрокремнеземы. Бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности / В.И. Калашников, В.М. Володин, М.Н. Мороз, И.В. Ерофеева и др. // Молодой ученый. 2014. №19. С. 207 – 210.
12. Erofeeva I., Afonin V., Fedortsov V., Emelyanov D., Podzhivotov N. и Zotkina M. Исследование поведения цементных композитов в условиях повышенной влажности и переменных положительных температур // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 13, 4 (дек. 2017), 66-81. DOI:<https://doi.org/10.22337/2587-9618-2017-13-4-66-81>.
13. Патент №2086943 РФ, МПК6 G01M 7/02, G01N 3/32. Способ определения логарифмического декремента колебаний / В.М. Чернышев, В.В. Чернышев. Опубл. 10.08.1997.

14. Mukeshkumar S.K.Singh, N.P.Singh, N.B.Singh Hydration of multicomponent composite cement // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 36. November P. 681 – 686.
15. Dr. D.V., Prasada Rao, N.Lakshmi Narayana. Properties of multi component composite cement concrete // International Journal of Engineering Research and General Science. 2017. V. 5. Issue 1. P. 54 – 61.

References

1. Kalashnikov V.I., Erofeeva I.V. Vysokoprochnye betony novogo pokoleniya // Materials of the XII International scientific and practical conference, «Science without borders». 2016. S. 82 – 84.
2. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Tarakanov O.V. Tekhniko-ehkonomicheskaya ehffektivnost' vnedreniya arhitekturno-dekorativnyh poroshkovo-aktivirovannyh karbonatnyh peschanyh betonov // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2016. №6. S. 39 – 46.
3. Kalashnikov V.I. CHto takoe poroshkovo-aktivirovannyj beton novogo pokoleniya // Stroitel'nye materialy. 2012. №10. S. 70 – 72.
4. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Tarakanov O.V. Suspenzionno-napolnennye betonnye smesi dlya poroshkovo-aktivirovannyh betonov novogo pokoleniya // Izv. vyssh. ucheb. zavedenij «Stroitel'stvo». 2016. №4. S. 38 – 37.
5. Erofeeva I., Kalashnikov V., Petukhov A. Explore the possibility of replacing for eign the hyperplasticizing additives combining them with cheaper domestic the hyperplasticizing additives // Building and architecture. 2014. P. 57 – 62.
6. Moroz M.N., Kalashnikov V.I., Erofeeva I.V. EHffektivnye betony novogo pokoleniya s nizkim udel'nym raskodom cementa na edinicu prochnosti // Molodoj uchenyj. 2015. №6. S. 189 – 191.
7. Vysokoehffektivnye samouplotnyayushchiesya poroshkovo-aktivirovannye peschanye betony i fibrobetony / V.I. Kalashnikov, I.V. Erofeeva, V.M. Volodin i dr. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. №1-2.
8. Kalashnikov V.I. Terminologiya nauki o betone novogo pokoleniya // Stroitel'nye materialy. 2011. №3. S. 103 – 106.
9. Vliyanie reakcionno-aktivnyh dobavok na prochnostnye svojstva plastificirovannogo cementnogo kamnya / E.V. Gulyaeva, I.V. Erofeeva, V.I. Kalashnikov i dr. // Molodoj uchenyj. 2014. S. 194 – 197.
10. Vliyanie sodержaniya vody, vida superplastifikatora i giperplastifikatora na rastekaemost' suspenzij i prochnostnye svojstva cementnogo kamnya / E.V. Gulyaeva, I.V. Erofeeva, V.I. Kalashnikov i dr. // Molodoj uchenyj. 2014. №19. S. 191 – 194.
11. Super- i giperplastifikatory. Mikrokremnezemy. Betony novogo pokoleniya s nizkim udel'nym raskodom cementa na edinicu prochnosti / V.I. Kalashnikov, V.M. Volodin, M.N. Moroz, I.V. Erofeeva i dr. // Molodoj uchenyj. 2014. №19. S. 207 – 210.
12. Erofeeva I., Afonin V., Fedortsov V., Emelyanov D., Podzhivotov N. и Zotkina M. Issledovanie povedeniya cementnyh kompozitov v usloviyah povyshennoj vlazhnosti i peremennyh polozhitel'nyh temperatur // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 13, 4 (dek. 2017), 66-81. DOI:<https://doi.org/10.22337/2587-9618-2017-13-4-66-81>.

13. Patent №2086943 RF, MPK6 G01M 7/02, G01N 3/32. Sposob opredeleniya logarifmicheskogo dekrementa kolebaniy / V.M. CHernyshev, V.V. CHernyshev. Opubl. 10.08.1997.
14. Mukeshkumar S.K.Singh, N.P.Singh, N.B.Singh Hydration of multicomponent composite cement // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 36. November P. 681 – 686.
15. Dr. D.V., Prasada Rao, N.Lakshmi Narayana. Properties of multi component composite cement concrete // International Journal of Engineering Research and General Science. 2017. V. 5. Issue 1. P. 54 – 61.