

**Для цитирования:** Алхасова Ю.А., Гаджиев А.М., Хаджишалапов Г.Н., Хежев Т.А. Влияние предварительного электроразогрева на физико-термические характеристики жаростойкого керамзитобетона на основе композиционного вяжущего из местного минерального сырья. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018;45 (3):145-154. DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-3-145-154

**For citation:** Alhasova Y.A., Gadzhiev A.M., Khadzhashalapov G.N., Hezhev T.A. The effect of preliminary electric radio heating on the physical and thermal characteristics of the heat-resistant ceramzitobeton-concrete based on compositive binder of local mineral raw materials. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2018; 45(3):145-154. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-3-145-154

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.34

DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-3-145-154

### ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА НА ФИЗИКО-ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖАРСТОЙКОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ МЕСТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Алхасова Ю.А.<sup>3</sup>, Гаджиев А.М.<sup>4</sup>, Хаджишалапов Г.Н.<sup>1</sup>, Хежев Т.А.<sup>2</sup>

<sup>1,3,4</sup> Дагестанский государственный технический университет,

<sup>1,3,4</sup> 367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия,

<sup>2</sup> Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,

<sup>2</sup> 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, Россия,

<sup>1</sup> e-mail: yarus-x@mail.ru, <sup>2</sup> e-mail: hejev\_tolya@mail.ru,

<sup>3</sup> e-mail: Yulduz1312@yandex.ru, <sup>4</sup> e-mail: abdulla\_gadzhiev\_1986@mail.ru

**Резюме. Цель.** Целью исследования является повышение физико-термических и эксплуатационных характеристик жаростойкого керамзитового бетона на активированном вяжущем путем предварительного электроразогрева смеси. **Метод.** Применена методика, разработанная научно-исследовательским институтом бетона и железобетона им. Гвоздева В.В. **Результат.** По сравнению с сушкой при температуре 105°C эксплуатационные свойства жаростойкого керамзитового бетона повышаются за счет равномерного нагрева образцов по телу бетона, которое позволяет снизить поровое давление в структуре бетона, за счет удаления физически несвязанной воды. В качестве крупного заполнителя применяется керамзит, а мелкого заполнителя - керамзитовый песок; в качестве вяжущего активированная композиционная связка из местного минерального сырья портландцемент + обожженная аргеллитовая глина. В теле бетона, за счет удаления физически несвязанной воды вследствие снижения порового давления уменьшается образование трещин в межпоровых перегородках, что предотвращает взрывообразное разрушение жаростойкого керамзитового бетона и улучшает его физико-механические, теплофизические и эксплуатационные характеристики. Активированное композиционное вяжущее на основе связки портландцемент-тонкомолотая обожженная аргеллитовая глина уменьшает усадочные деформации, повышает предел прочности бетона, а также огнестойкость. **Вывод.** Разработанный состав жаростойкого керамзитового бетона можно применить при монолитной футеровки стен туннельной печи для обжига керамического кирпича, а также при бетонировании различных конструкций печей промышленности строительной индустрии. Проведенные исследования показали возможность и целесообразность применения электроразогрева при твердении жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем. Применение электроразогрева повышает прочность жаростойкого керамзитобетона до и после нагревания до высоких температур. Установлены оптимальные режимы электроразогрева жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем.

**Ключевые слова:** жаростойкий, бетон, электроразогрев, керамзит, вяжущее, композиционное, активированное, аргеллитовая глина

TECHNICAL SCIENCE  
BUILDING AND ARCHITECTURE

THE EFFECT OF PRELIMINARY ELECTRIC RADIO HEATING ON THE PHYSICAL  
AND THERMAL CHARACTERISTICS OF THE HEAT-RESISTANT  
CERAMZITONE-CONCRETE BASED ON COMPOSITE BINDER OF LOCAL  
MINERAL RAW MATERIALS

Yulduz A. Alkhasova<sup>3</sup>, Abdulla M. Gadzhiev<sup>4</sup>, Khaji N Khadzhisalopov<sup>1</sup>, Tolya A. Hezhev<sup>2</sup>

<sup>1,3,4</sup>Daghestan State Technical University,

<sup>1,3,4</sup>70 I. Shamilya Ave., Mahachkala 367026, Russia,

<sup>2</sup>H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University,

<sup>2</sup>173 Chernyshevskogo Str., Nalchik 360004, Russia,

<sup>1</sup>e-mail: yarus-x@mail.ru, <sup>2</sup>e-mail: hejev\_tolya@mail.ru,

<sup>3</sup>e-mail: Yulduz1312@yandex.ru, <sup>4</sup>e-mail: abdulla\_gadzhiev\_1986@mail.ru

**Abstract Objectives** The aim of the study is to increase the physico-thermal and operational characteristics of heat-resistant ceramsite concrete with an activated binder by pre-heating the mixture. **Method** To conduct the study, a technique was developed by the Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev. **Results** An analysis of the study results of the effect of preliminary electric heating on the physico-thermal characteristics of heat-resistant ceramsite concrete on the basis of a composite binder showed that, in comparison with drying at a temperature of 105°, the operational properties of heat-resistant ceramsite concrete are enhanced by uniform heating of the samples along the concrete body. This is due to the pore pressure in the concrete structure being reduced by removing physically bound water. Ceramsite is used as large filler while ceramsite sand is used as small filler; activated composite combination of local mineral raw materials consisting of Portland cement and calcined argillitic clay is used as a binder. In the concrete body, due to the removal of physically bound water caused by the decrease in pore pressure, the formation of cracks in the interporal partitions decreases, preventing the explosive destruction of heat-resistant ceramsite concrete and improves its physico-mechanical, thermal and operational characteristics. Activated composite binder based on the combination of Portland cement and fine ground argillitic clay reduces shrinkage deformations and increases the concrete strength as well as its heat resistance. Concretes with activated composite binder are less susceptible to volume change during the heating process, contributing to greater preservation of concrete strength and structure due to lower stress levels caused by the temperature deformations. **Conclusion** The composition of the developed heat-resistant ceramsite concrete allows its use for monolithic lining of the walls of a tunnel kiln for burning ceramic bricks, as well as various concreting furnaces for the construction industry. The conducted research demonstrates the possibility and expediency of using electric heating for the hardening of heat-resistant ceramsite concrete with a composite binder. The use of electric heating increases the strength of heat-resistant ceramsite concrete both before and after heating to high temperatures. Optimised modes of electric heating of heat-resistant ceramsite concrete with a composite binder are established.

**Keywords:** heat-resistant, concrete, electric heating, ceramsite, binder, composite, activated, argillitic clay

**Введение.** Технический прогресс при изготовлении и ремонте футеровок тепловых агрегатов неразрывно связан с внедрением новых видов эффективных огнеупорных материалов – легких жаростойких бетонов.

Применение легких жаростойких бетонов взамен штучных огнеупоров в футеровках различных тепловых агрегатов позволит снизить материалоемкость футеровки на 30-40%, сократить теплотери через футеровку на 12-15% и, следовательно, расход топлива, получить экономию трудозатрат в процессе изготовления и эксплуатации футеровки на 25-35%.

Однако, для изготовления жаростойких бетонов применяются дорогостоящие и дефицитные привозные материалы, такие как корунд, хромит, шамот и др.

Повысить эффективность применения жаростойких бетонов возможно за счет использования местных материалов, особенно отходов промышленности, а также применением методов интенсификации реакции твердения [2-6,11,13,16-18,20].

В связи с этим разработаны составы легких жаростойких бетонов с применением местных материалов и отходов предприятий промышленности строительной индустрии Республики Дагестан с предварительным кондуктивным электроразогревом смеси и сушки изделий при температуре 105°C.

В качестве заполнителей использованы керамзитовый гравий и керамзитовый дробленый песок производства Кизилюртовского керамзитового завода, а в качестве вяжущего композиционная связка на основе портландцемента и тонкомолотой добавки «бой керамического кирпича + обожженная аргеллитовая глина» Каспийского и Буйнакского месторождений, составы которых приведены в табл.1.

**Таблица 1. Составы жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем**

**Table 1. The compositions of heat-resistant claydite on activated composite binder**

№№ состава бетона	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона							добавка СП-1, кг
	портландце- мент, кг	тонкомолотая добавка			заполнитель, л			
		в % от портландце- мента	бой керамического кирпича, кг	обоженная ар- геллитовая глина, кг	фракции 5-10 мм	фракции 2-5 мм	фракции до 2 мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	405	10	25,5	25,5	360	360	580	0,68
2	315	30	67,5	67,5	360	360	580	0,68
3	270	40	90,0	90,0	360	360	580	0,68
4	225	50	112,6	112,5	360	360	580	0,68

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы является исследование влияния предварительного электроразогрева на свойства жаростойкого бетона с керамзитовым заполнителем на композиционном вяжущем из местного минерального сырья на основе портландцемента с тонкомолотой добавкой «бой керамического кирпича + обожженная аргеллитовая глина» обеспечивающими процесс твердения; установление целесообразности применения предварительного электроразогрева до сушки при температуре 105°C при твердении жаростойких бетонов на керамзитовом заполнителе на основе композиционного вяжущего; разработка оптимальных режимов предварительного электроразогрева и изучение влияния режимов предварительного электроразогрева, на основные свойства жаростойких бетонов с керамзитовым заполнителем на основе композиционного вяжущего.

**Методы исследования.** Исследования влияния предварительного электроразогрева проводились на лабораторной установке, приведенной на рис. 1, по методике, предложенной в работе [1].

С целью изучения влияния предварительного электроразогрева на физико-термические характеристики бетона в зависимости от температуры термообработки образцы высушивались при температуре 105 °С.

Прочность жаростойкого бетона на керамзитовом заполнителе после высушивания до постоянной массы при температуре 105°C принимали за 100%.

Конструкция тепловых агрегатов из жаростойкого бетона изготавливают либо в монолите, непосредственно на месте строительства, либо сборными в полигонных условиях [6-10,12,14,15].

Для ускорения процесса твердения, повышения физико-термических и эксплуатационных показателей и качества жаростойкого бетона весьма эффективным является применение тепловой обработки при изготовлении бетонной смеси.

В лаборатории строительных материалов кафедры «Строительные материалы и инженерные сети», в научно-исследовательской лаборатории центра экспертизы и аудита в строительстве ФГБОУ ВО «Дагестанского государственного технического университета» проведены исследования влияния кондуктивного электронагрева жаростойкой бетонной смеси на основе керамзитового заполнителя с активированным композиционным вяжущим.

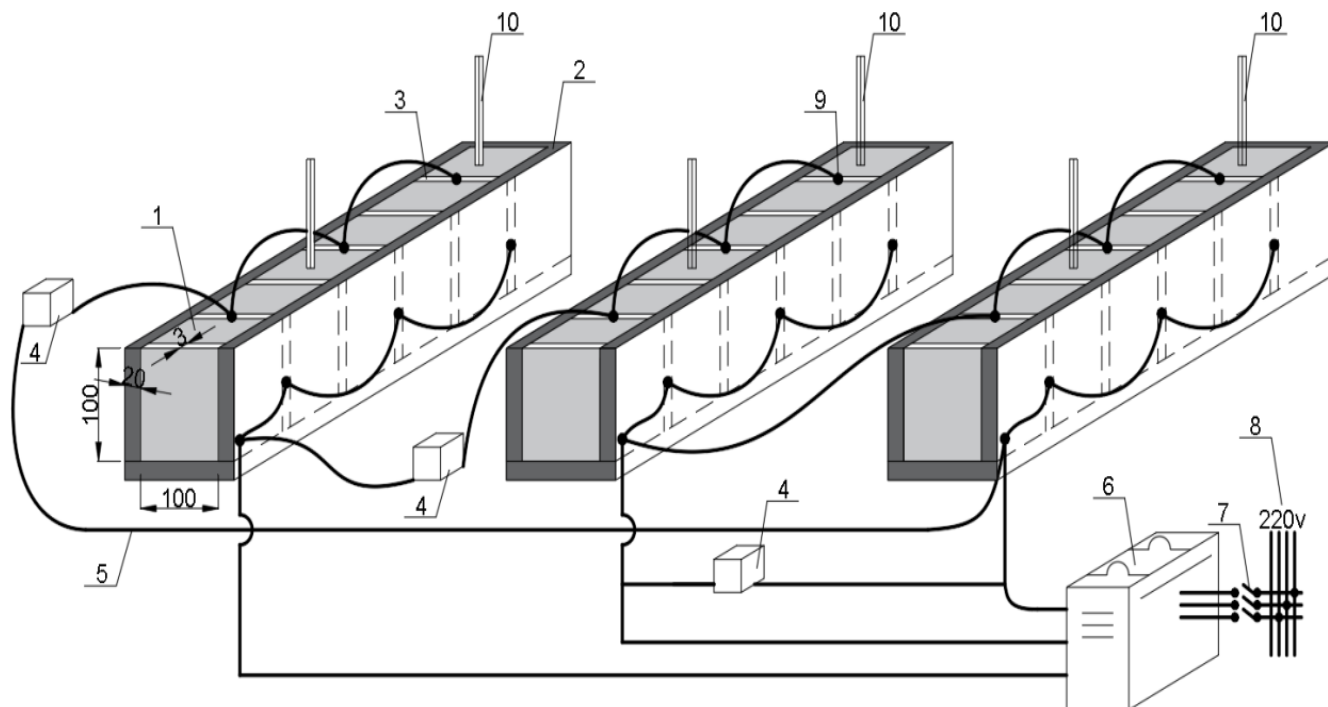


Рис. 1. Схема лабораторной установки для электронагрева

1 – образец из керамзитобетона; 2 – корпус из композитного материала; 3 – электрод-перегородка; 4 – сопротивление; 5 – электропровода; 6 – трансформатор; 7 – выключатель; 8 – источник энергии; 9 – клейма; 10 – термометр

Fig. 1. Diagram of the laboratory installation for electric heating

1 - sample of expanded clay; 2 - composite body; 3 - partition electrode; 4 - resistance; 5 - electric wires; 6 - transformer; 7 - the switch; 8 - energy source; 9 - stamps; 10 - thermometer

Исследования проводили на образцах-кубах размерами 10×10×10 см, образцы изготавливали в специальных формах из композитного материала толщиной 20 мм с поперечными металлическими перегородками, которые выполняли роль электродов.

Поперечные перегородки изготавливали из листовой стали толщиной 3 мм. Каждая форма состояла из шести образцов. Ток подавали к каждому электроду для создания одинаковых условий в процессе прогрева.

Каждая серия состояла из 18 образцов, одновременно прогреваемых в трех формах. После электронагрева по три образца испытывали на прочность при сжатии, а остальные образцы помещали в лабораторный сушильный шкаф и выдерживали при температуре 105°C до достижения постоянной массы.

После сушки по три образца испытывали на прочность при сжатии.

**Обсуждение результатов.** Результаты испытания на прочность образцов оптимального состава в зависимости от процентного содержания тонкомолотой добавки в составе вяжущего приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Влияние предварительного электроразогрева жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем на прочность при сжатии**  
**Table 2. The effect of preliminary electrical heating of heat-resistant claydite-concrete on activated composite binder for compressive strength**

№ №	Температура разогрева, °С	Режимы твердения, ч			Средняя плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии в МПа после нагревания до температуры, °С					
		выдержка перед электропрогревом	подъем температуры	изотермический прогрев		20	100	400	600	800	1000
<b>Состав 1</b>											
1	90	0,5	2	2	1470	13,26	15,86	13,11	12,71	11,54	9,16
2	90	3	2	2	1470	15,23	18,71	13,87	13,47	12,36	10,61
3	90	4	2	2	1470	20,41	21,06	14,77	14,17	13,51	11,34
4	80	0,5	1,5	2	1470	11,31	14,73	13,64	13,12	9,43	8,24
5	80	3	1,5	2	1470	13,26	17,23	14,12	13,77	10,33	10,73
6	80	6	1,5	2	1470	14,87	19,51	14,87	14,12	12,58	10,61
7	60	0,5	1	2	1470	10,01	13,06	13,82	13,75	9,82	7,88
8	60	3	1	2	1470	11,15	14,27	14,62	14,37	10,17	9,16
9	60	6	1	2	1470	12,48	16,47	15,12	14,18	21,98	10,52
<b>Состав 2</b>											
1	90	0,5	2	2	1470	15,91	18,61	16,72	14,37	12,17	10,82
2	90	3	2	2	1470	16,53	21,34	17,8	15,42	13,27	11,31
3	90	4	2	2	1470	18,61	23,57	19,72	16,83	14,97	12,22
4	80	0,5	1,5	2	1470	13,15	15,52	13,67	12,37	10,81	9,31
5	80	3	1,5	2	1470	14,12	18,34	16,24	13,64	11,82	10,61
6	80	6	1,5	2	1470	15,68	27,85	18,1	15,72	13,63	11,37
7	60	0,5	1	2	1470	12,57	14,78	13,17	11,24	10,27	8,54
8	60	3	1	2	1470	13,82	17,37	14,11	13,15	11,17	9,72
9	60	6	1	2	1470	14,67	17,82	15,87	14,27	12,63	11,63
<b>Состав 3</b>											
1	90	0,5	2	2	1470	16,10	18,91	17,12	14,82	12,67	11,12
2	90	3	2	2	1470	16,72	21,72	18,32	15,87	13,92	11,87
3	90	4	2	2	1470	19,11	23,92	20,12	17,22	15,27	12,74
4	80	0,5	1,5	2	1470	13,47	15,93	13,64	12,85	11,17	9,68
5	80	3	1,5	2	1470	14,53	18,82	16,19	14,11	12,21	10,93
6	80	6	1,5	2	1470	16,11	24,15	18,87	16,13	14,15	11,85
7	60	0,5	1	2	1470	13,11	15,13	13,12	12,32	10,91	9,13
8	60	3	1	2	1470	14,11	18,32	12,87	13,22	11,82	10,12
9	60	6	1	2	1470	15,91	23,86	18,12	15,93	13,97	10,83
<b>Состав 4</b>											
1	90	0,5	2	2	1470	17,12	19,15	18,17	17,63	10,11	8,85
2	90	3	2	2	1470	18,21	22,14	21,77	20,65	11,72	10,12
3	90	4	2	2	1470	20,53	25,77	24,64	23,12	12,55	11,31
4	80	0,5	1,5	2	1470	16,22	18,21	17,12	16,51	9,37	7,31
5	80	3	1,5	2	1470	17,47	21,47	20,31	19,48	10,11	8,57
6	80	6	1,5	2	1470	19,34	24,17	23,32	22,31	11,47	9,87
7	60	0,5	1	2	1470	15,12	19,61	16,15	15,11	8,12	6,87
8	60	3	1	2	1470	15,92	20,52	19,11	17,22	9,37	7,62
9	60	6	1	2	1470	17,67	23,42	21,82	20,37	10,53	8,22

В табл. 3 приведены зависимость прочности жаростойкого керамзитобетона от количества тонкомолотой добавки и температуры нагрева.

**Таблица 3. Зависимость прочности жаростойкого керамзитобетона с композиционным вяжущим без предварительного электроразогрева оптимального гранулометрического состава от количества тонкомолотой добавки и температуры нагрева**

**Dependence of the strength of heat-resistant claydite-concrete with a composite binder without preliminary electrical heating of the optimal particle size distribution on the amount of fine-milled additive and the heating temperature**

№ п/п	Количество тонкомолотой добавки в % от массы портландцемента	Предел прочности при сжатии в МПа после нагревания до температуры в °С.					
		20	100	400	600	800	1000
1	90:10	10,72	15,80	11,21	10,62	6,67	6,82
2	70:30	11,32	16,87	12,63	11,78	11,32	7,87
3	60:40	11,67	17,11	13,88	12,47	11,82	8,44
4	50:50	12,32	18,27	14,42	13,62	11,91	8,48

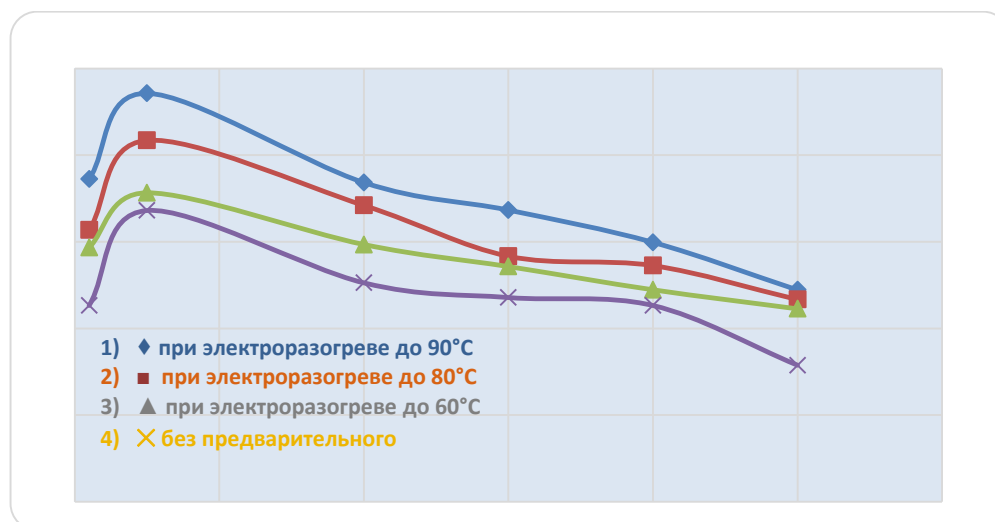
Сравнительный анализ изменения зависимости прочности от температуры нагрева показывает, что значение прочности образцов бетона с предварительным электроразогревом на 30÷35% выше по сравнению с результатами образцов без предварительного кондуктивного электроразогрева.

Увеличение прочности бетона с предварительным кондуктивным электроразогревом связано с равномерным распределением теплового потока по всему объему испытываемых образцов бетона.

Предварительный кондуктивный электроразогрев бетонной смеси способствует интенсификации реакции гидратации портландцемента и значительно ускоряет скорость набора прочности бетона в начальный период твердения, а также способствует снижению количества химически несвязанной воды и уменьшению порового пространства в структуре бетона, и при дальнейшей сушки при температуре 105°C и нагреве до температуры 1000°C.

Необходимо отметить возрастание активности воды при повышенных температурах за счет увеличения степени диссоциации по сравнению с водой в бетонных смесях при нормальных температурных условиях.

Как видно из рис. 2 рост прочности бетона при предварительном электроразогреве, а так же после сушки до температуры 105°C до постоянной массы объясняется тем, что при предварительном электроразогреве происходит процесс самопропаривание, связанное с наличием достаточного количества влаги содержащих в зернах заполнителя.



**Рис. 2. Зависимость прочности жаростойкого бетона оптимального состава от температур нагрева**  
**Fig. 2. The dependence of the strength of heat-resistant concrete of the optimal composition of the heating temperature**

При нагревании образцов бетона до температуры 400, 600, 800 и 1000°C прочность бетона снижается с увеличением температуры нагревания в результате изменения структуры затвердевшего портландцемента вследствие обезвоживания и разрушения пространственной решетки кристаллогидратов при их дегидратаций, сопровождаемые потерей их прочности, а так же в результате разности в деформациях цементного камня и заполнителя при первом нагреве.

Установлено, что максимальное напряжение в бетоне возникает при резком подъеме температуры и вследствие чего появляются значительные температурные напряжения. Эти процессы происходят при температуре предварительного разогрева в интервале от 40 до 70°C.

Для снижения влияния напряженного состояния на структуру твердеющего жаростойкого бетона на керамзитовом заполнителе рекомендуется при температуре 40-70°C в течении часа устроить технологический перерыв в подъеме температуры [1].

Увеличение скорости подъема температуры от 10°C/час до 40°C/час не оказывает существенного влияния на изменения прочностных характеристик бетона как до, так и после нагревания образцов бетона до температуры 1000°C.

Нейтрализация деструктивных явлений при увеличении скорости нагрева до 40°C/час в процессе предварительного электроразогрева связано наличием в бетоне активированного композиционного вяжущего с развитой удельной поверхностью, который снижает температурные деформации в бетоне и способствует интенсификации реакции гидратации с повышением температуры.

Для жаростойких бетонов на основе керамзитового заполнителя очень важно снижение количества влаги до сушки, поэтому при подборе состава бетона важную роль играет водотвердое отношение. Водотвердое отношение для жаростойких бетонов колеблется в пределах от 0,2 до 0,35, чтобы подвижность смеси по осадке стандартного конуса не превышала 2см.

Как указано в работе [1] уменьшения водотвердого отношения до 0,25 приводит к повышению прочности после электроразогрева до 50%.

Причиной замедления твердения бетонов с большим содержанием воды является увеличение расстояния между частицами цемента из-за большого слоя воды и силы взаимодействия между частицами уменьшается. Изменение прочности бетона при сжатии одинаково, при водотвердом отношении 0,2÷0,25, что при нормальных влажных условиях твердения, так и с применением электроразогрева.

При формовании изделий из жаростойкого бетона для уплотнения смеси и плотной упаковки крупного и мелкого заполнителя необходимо применение дополнительного пригруза. Предварительный электроразогрев позволяет оптимизировать подвижность бетонной смеси за счет регулирования водотвердого отношения, количества пластифицирующей добавки и количества активированного композиционного вяжущего для повышения эксплуатационных характеристик жаростойких изделий.

Это достигается предварительным кондуктивным электроразогревом смеси за счет удаления химически несвязанной воды из растворной части бетона, а также влаги поровой структуры заполнителя.

Тепловые агрегаты, выполненные из жаростойких бетонов перед введением в эксплуатацию, необходимо сушить. Удаление химически несвязанной воды из бетона в процессе предварительного кондуктивного электроразогрева необходимо осуществлять по специально разработанному режиму, чтобы это не сказывалось на физико-термических характеристиках бетона.

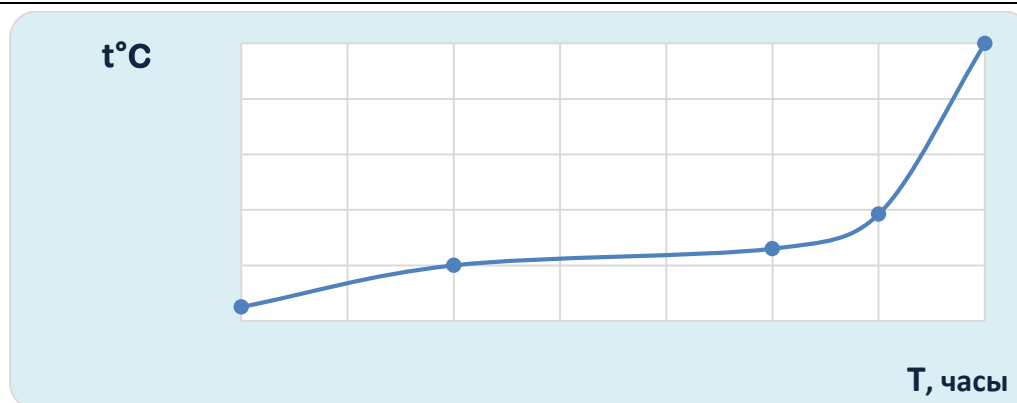
Снижение количества химически несвязанной воды является желательным для жаростойких бетонов, чтобы сократить технологический процесс сушки и вывода на рабочий режим теплового агрегата.

Сушка блоков из жаростойкого бетона должна производиться не ранее чем через 7 суток или после тепловой обработки. В процессе сушки жаростойкого бетона обеспечивается удаление паров из рабочего пространства путем естественной и принудительной вентиляции. Для сушки теплоизоляции в туннельной печи используются газовые горелки, предназначенные для обжига изделий, а так же электрокалориферы.

Для повышения долговечности конструкций теплоизоляции необходимо снижать температуру для охлаждения блоков из жаростойкого бетона до 600°C со скоростью 50°C/ч, а с температуры 600°C до 100°C со скоростью 20°C/ч с отключением источника тепла по мере необходимости.

Применение предварительного электроразогрева сокращает технологический процесс сушки изделий на 20-25% без снижения физико-термических и эксплуатационных характеристик изделий из жаростойкого керамзитового бетона на основе активированного композиционного вяжущего.

На рис. 3 приведен график первого нагрева блоков из жаростойкого керамзитового бетона на основе активированного композиционного вяжущего.



**Рис.3. График первого нагрева блоков из жаростойкого керамзитового бетона на активированном композиционном вяжущем**

**Fig.3. Schedule of the first heating of blocks of heat-resistant claydite concrete on the activated composite binder**

**Вывод.** На основании полученных результатов и анализа проведенных исследований в области предварительного электроразогрева бетонных смесей можно сделать вывод, что предварительный электроразогрев жаростойкого бетона с керамзитовым заполнителем на основе активированного композиционного вяжущего позволит получить бетон с более высокими физико-термическими и эксплуатационными характеристиками, а также сократить технологический процесс изготовления жаростойких изделий, период сушки и вывода теплового агрегата на рабочий режим.

Установлено, что наиболее благоприятным режимом первого нагрева является ступенчатый нагрев, так как способствует снижению деструктивных процессов в бетоне, вызванные структурными нарушениями в период подъема температуры первого нагрева. Предварительный электроразогрев позволяет получить бетон высокого качества при значительном сокращении времени термической обработки.

#### Библиографический список:

1. Федоров А.В. Разработка режимов электропрогрева жаростойких бетонов[Текст]/ А.В. Федоров., П.А. Михальчук // сб.тр НИИЖБ 1964. –С.214-227.
2. Хаджишалапов Г.Н. Влияние предварительного разогрева на термомеханические свойства жаростойкого шамотного бетона на силикат-натриевом композиционном вяжущем[Текст]: дис. канд.техн. наук: 05.23.05/ Хаджишалапов Гаджимагомед Нурмагомедович – М., 1995 – 22-25с.
3. Тотурбиев Б.Д. Местные строительные материалы, полученные по ресурсосберегающим экологически чистым и наукоемким технологиям[Текст]:Б.Д. Тотурбиев, Г.Н. Хаджишалапов, З.А. Мантуров и др// сб тр. Академия наук – 1994. – С12-15.
4. Некрасов К.Д. Развитие технологии жаростойких бетонов[Текст]/ сб.тр. – НИИЖБ –1981. – С.3-11.
5. Некрасов К.Д. Сушка и первый нагрев тепловых агрегатов из жаростойких бетонов[Текст]/ К.Д. Некрасов, В.В. Жуков, В.Ф. Гуляева. – М.: Стройиздат. 1976. –96с.
6. Ремнев В.В. Жаростойкие бетоны и возможности их применения для тепловых агрегатов[Текст]/ В.В. Ремнев// Строительные материалы. – 1996. – №3. – С.18-19.
7. Милонов В.М. Жаростойкий бетон и железобетон в тепловых агрегатах химической промышленности [Текст]/ В.М. Милонов//Бетон и железобетон – 1972 – №2. – С.11-15
8. Месеняшин Г.В. Использование керамзита в жаростойком бетоне на ВГЦ в ограждающих конструкциях тепловых агрегатов. [Текст]/Г.В. Месеняшин, Е.В. Зализовский// Жаростойкие материалы, изделия и конструкции – Челябинск, – 1987 – С.43-44
9. Ферворнер О. Огнеупорные материалы для стекловаренных печей/ О. Ферворнер, К. Берндт: Пер. с нем. О.Н пойскова/ Перевод изд.: FeurfisteBaustoffeierGkassschmetzanigenO. Verwomer, K. Bemdt/Под.Ред. А.С. Власова. – М.: Стройиздат, 1984 – 260с.
10. Rebstadt,G. Brennwagenen uffuten and Brennhifsmittel ful die Grobkeramih Ziegefind. Int. – 1999. – 52,№8, S. 20-30/
11. Busby, T.S.:Tahk – Blocks for G lass Technol. 1966 – С. 47-51.
12. Арбузова, Т.Б. Исследование местных материалов/ Т.Б. Арбузова, С.Ф. Коренкова, Г.Н. Брусенков//Строительные материалы. – 1988. – №4 – С.20-21.



13. Технология изготовления жаростойких бетонов: (НИИЖБ Справ. Пособие к СнИПу). –М.: Стройиздат, 1991 –63 с.
14. Хаджишалапов Г.Н. Жаростойкий базальтовый бетон на активированном композиционном вяжущем из местного минерального сырья [Текст]/ Г.Н. Хаджишалапов, А.М. Р.М. Курбанов. – Махачкала.: Издательство «Формат», 2017 – 156с.
15. Прядко, В.М. Исследование технологии формирования и тепловой обработки блоков из жаростойкого бетона/ В.М. Прядко, А.А. Бородин. – В кн.: Опыт применения жаростойких бетонов в промышленности и строительстве: Тез.докл. реест. Конф. Днепропетровск, 1978, - С.18-19.
16. Бисултанов Р.Г. Цементы низкой водопотребности на основе активной минеральной добавки различного происхождения [Текст]/Р.Г. Бисултанов, А. Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова//Вестник Дагестанского государственного технического университета. – 2016. – №1. – С.98 – 107.
17. Бирюков, А.И. Интенсификация изготовления изделий из керамзитобетона методом горячего формования/ А.И. Бирюков. – Харьков.: Издательство Высшая школа при ХГУ, 1977. – 52с.
18. Крылов, Б.А., Ли А.И. Форсированный электроразогрев бетона/ Б.А. Крылов. – М.: Стройиздат, 1975. – 160с.
19. Некрасов К.Д. Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях [Текст]/ К.Д. Некрасов, М.Г. Масленникова. – М.: Стройиздат, 1982 –162 с.
20. Саталкин, А.В. Влияние режимов электроразогрева смеси на свойства бетона и керамзитобетона/ А.В. Саталкин, П.Г. Комохов.// Бетон и железобетон. – 1969 - №11 – С.17-21.

#### References:

1. Fedorov A.V., Mikhal'chuk P.A. Razrabotka rezhimov elektroprogrev zharostoikikh betonov. Sb. tr NIIZhB. 1964. S.214-227. [Fedorov A.V., Mikhal'chuk P.A. Development of electric heating modes of heat-resistant concrete. Sb. tr NIIZhB. 1964. P. 214-227. (in Russ.)]
2. Khadzhishalapov G.N. Vliyanie predvaritel'nogo razogreva na termomekhanicheskie svoystva zharostoikogo shamotnogo betona na silikat-natrievom kompozitsionnom vyazhushchem. Dis. kand.tekhn. nauk. M.; 1995. S. 22-25. [Khadzhishalapov G.N. Effect of preheating on the thermomechanical properties of refractory chamotte concrete with a silicate-sodium composite binder. PhD in technical sciences thesis. M.; 1995. P. 22-25. (in Russ.)]
3. Toturbiev B.D., Khadzhishalapov G.N., Manturov Z.A. i dr. Mestnye stroitel'nye materialy, poluchennye po resursoberegayushchim ekologicheski chistym i naukoemkim tekhnologiyam. Sb tr. Akademiya nauk. 1994. S. 12-15. [Toturbiev B.D., Khadzhishalapov G.N., Manturov Z.A. et al. Local building materials obtained by resource-saving environmentally friendly and science-intensive technologies. Collection of works of RAS. 1994. P. 12-15. (in Russ.)]
4. Nekrasov K.D. Razvitiye tekhnologii zharostoikikh betonov. Sb.tr. NIIZhB. 1981. S. 3-11. [Nekrasov K.D. Development of technology of heat-resistant concrete. Sb.tr. NIIZhB. 1981. P. 3-11. (in Russ.)]
5. Nekrasov K.D. Zhukov V.V., Gulyaeva V.F. Sushka i pervyi nagrev teplovykh agregatov iz zharostoikikh betonov. M.: Stroizdat; 1976. 96 s. [Nekrasov K.D. Zhukov V.V., Gulyaeva V.F. Drying and first heating of heat unit from heat-resistant concrete. M.: Stroizdat; 1976. 96 p. (in Russ.)]
6. Remnev V.V. Zharostoikie betony i vozmozhnosti ikh primeneniya dlya teplovykh agregatov. Stroitel'nye materialy. 1996;3:18-19. [Remnev V.V. Heat-resistant concrete and the possibility of their use for thermal units. Construction Materials. 1996;3:18-19. (in Russ.)]
7. Milonov V.M. Zharostoikii beton i zhelezobetonov v teplovykh agregatakh khimicheskoi promyshlennosti. Beton i zhelezobeton. 1972;2:11-15. [Milonov V.M. Heat-resistant concrete and reinforced concrete in thermal units of the chemical industry. Beton i zhelezobeton. 1972;2:11-15. (in Russ.)]
8. Mesenyashin G.V., Zalizovskii E.V. Ispol'zovanie keramzita v zharostoikom betone na VGTs v ograzhdayushchikh konstruktivnykh teplovykh agregatov. Zharostoikie materialy, izdeliya i konstruksii. Chelyabinsk; 1987. C. 43-44. [Mesenyashin G.V., Zalizovskii E.V. The use of ceramsite in heat-resistant concrete on the high alumina cement in the enclosing structures of thermal units. Heat-resistant materials, products and constructions. Chelyabinsk; 1987. C. 43-44. (in Russ.)]
9. Fervorner O., Berndt K. Ogneupornye materialy dlya steklovarenykh pechei. M.: Stroizdat; 1984. 260 s. [Fervorner O., Berndt K. Refractory materials for glass melting furnaces. M.: Stroizdat; 1984. 260 p. (in Russ.)]
10. Rebstadt G. Brennwegenaufbauten und Brennhilfsmittel fur die Grobkeramik. Ziegelind. Int. 1999;52(8):20-30.
11. Busby T. S. Tank Blocks for Glass Furnaces. Society of Glass Technology. 1966. P. 47-51.
12. Arbuzova T.B., Korenkova S.F., Brusnikov G.N. Issledovanie mestnykh materialov. Stroitel'nye materialy. 1988;4:20-21. [Arbuzova T.B., Korenkova S.F., Brusnikov G.N. Study of local materials. Construction Materials. 1988;4:20-21. (in Russ.)]
13. Tekhnologiya izgotovleniya zharostoikikh betonov: (NIIZhB Sprav. Posobie k SniPu). M.: Stroizdat; 1991. 63 s. [Manufacturing technology of heat-resistant concrete: (NIIZHB Reference Guide for SNIIP).]. M.: Stroizdat; 1991. 63 p. (in Russ.)]

14. Khadzhishalapov G.N., Kurbanov R.M. Zharostoikii bazal'tovyi beton na aktivirovannom kompozitsionnom vyazhushchem izmestnogo mineral'nogo syr'ya. Makhachkala: Izdatel'stvo "Format"; 2017. 156 s. [Khadzhishalapov G.N., Kurbanov R.M. Heat-resistant basalt concrete with the activated composite binder made of local mineral raw materials. Makhachkala: Publishing House "Format"; 2017. 156 p. (in Russ.)]
15. Pryadko V.M., Borodin A.A. Issledovanie tekhnologii formirovaniya i teplovoi obrabotki blokov iz zharostoikogo betona. Tez. dokl. respubl. konf. "Opyt primeneniya zharostoikikh betonov v promyshlennosti i stroitel'stve". Dnepropetrovsk; 1978. S.18-19. [Pryadko V.M., Borodin A.A. Research of technology of formation and heat treatment of blocks from heat-resistant concrete. Abstracts of Republican conference "Experience of using heat-resistant concrete in industry and construction". Dnepropetrovsk; 1978. P.18-19. (in Russ.)]
16. Bisultanov R.G., Murtazaev A.Yu., Salamanova M.Sh. Tsementy nizkoi vodopotrebnosti na osnove aktivnoi mineral'noi dobavki razlichnogo proiskhozhdeniya. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskoi nauki. 2016;1:98 – 107. [Bisultanov R.G., Murtazaev A.Yu., Salamanova M.Sh. Low water cements based on active mineral additives of various origins. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;1:98 – 107. (in Russ.)]
17. Biryukov A.I. Intensifikatsiya izgotovleniya izdelii iz keramzitobetona metodom goryachego formovaniya. Khar'kov: Izdatel'stvo Vysshaya shkola pri KhGU; 1977. 52 s. [Biryukov A.I. Intensification of the production of ceramsite concrete products by the hot forming method. Khar'kov: Izdatel'stvo Vysshaya shkola pri KhGU; 1977. 52 p. (in Russ.)]
18. Krylov B.A., Li A.I. Forsirovannyi elektrorazogrev betona. M.: Stroizdat; 1975. 160 s. [Krylov B.A., Li A.I. Forced electrical heating of concrete. M.: Stroizdat; 1975. 160 p. (in Russ.)]
19. Nekrasov K.D., Maslennikova M.G. Legkie zharostoikie betony na poristykh zapolnitelyakh. M: Stroizdat; 1982. 162 s. [Nekrasov K.D., Maslennikova M.G. Lightweight heat-resistant concretes with porous fillers. M: Stroizdat; 1982. 162 p. (in Russ.)]
20. Satalkin A.V., Komokhov P.G. Vliyanie rezhimov elektrorazogreva smesi na svoistva betona i keramzitobetona. Beton i zhelezobeton. 1969;11:17-21. [Satalkin A.V., Komokhov P.G. Influence of mixture electric heating on the properties of concrete and ceramsite concrete. Beton i zhelezobeton. 1969;11:17-21. (in Russ.)]

#### **Сведения об авторах:**

**Алхасова Юлдуз Алхасовна** – кандидат технических наук, доцент, кафедра строительные материалы и инженерные сети.

**Гаджиев Абдулла Магомедсаламович** - ассистент, кафедра технологии и организация строительного производства.

**Хаджишалапов Гаджи Нурмагомедович** – доктор технических наук, профессор, декан архитектурно-строительного факультета.

**Хежев Толя Амирович** – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Кабардино-Балкарской республики, действительный член Адыгской (Черкесской) Международной академии наук, заведующий кафедрой строительного производства.

#### **Information about the authors:**

**Yulduz A. Alkhasova** – Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Department of building materials and engineering networks.

**Abdulla M. Gadzhiev** – Assistant.

**Khaji N. Khadzhishalapov** – Dr. Sci. (Technical), Prof., Dean of the Faculty of Architecture and Construction.

**Tolya A. Hezhev** - Dr. Sci. (Technical), Prof., Honored Worker of Science of the Kabardino-Balkarian Republic, Full member of the Adyghe (Circassian) International Academy of Sciences, Head of the Department of Construction Industry.

#### **Конфликт интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию** 13.07.2018.

**Принята в печать** 29.08.2018.

#### **Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

**Received** 13.07.2018.

**Accepted for publication** 29.08.2018.