

Для цитирования: Алимуратов Ш.А., Гаджиев А.М., Хаджишалапов Г.Н., Хежев Т.А. Влияние вакуумной обработки и технологических факторов на прочность жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46 (2):158-166. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-158-166

For citation: Alimuradov Sh.A., Gadzhiev A.M., Khadzhashalapov G.N., Hezhev T.A. Effect of vacuum treatment on technological properties of heat-resistant ceramzyt-concrete on compositional binding. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(2):158-166. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-158-166

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 666.974.2

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-2-158-166

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ ЖАРСТОЙКОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ

Алимуратов Ш.А.⁴, Гаджиев А.М.³, Хаджишалапов Г.Н.¹, Хежев Т.А.²

^{1,3,4} Дагестанский государственный технический университет,

^{1,3,4} 367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия,

² Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,

² 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, Россия,

¹ e-mail:dekanat_asf@mail.ru, ² e-mail: hejev_tolya@mail.ru,

³ e-mail:5542334f@mail.ru, ⁴ e-mail:archiash9@mail.ru

Резюме. Цель. Целью исследования является изучения влияния вакуумной обработки, температуры нагрева, времени перемешивания и усилия пригруза на прочность жаростойкого керамзитобетона для футеровки тепловых агрегатов. **Метод.** Исследование основано на технологии вакуумной обработки жаростойкого бетона на основе композиционного вяжущего для футеровки пода вагонетки туннельной печи обжига кирпича, вакуумного уплотнения бетонной смеси. **Результат.** Исследовано влияние вакуумной обработки смеси на технологические свойства жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем из портландцемента и тонкомолотого керамзитового песка, активированных на планетарной мельнице (Активатор–4М). Разработаны составы и исследованы технологические свойства керамзитобетона в зависимости от температуры нагрева и количества тонкомолотой добавки. **Вывод.** Результаты анализа зависимости прочности керамзитобетона от температуры нагрева, времени перемешивания и усилия пригруза подтверждают, что показатели прочности бетона при вакуумировании выше, чем у бетона без вакуумной обработки; повышение прочности бетона после вакуумной обработки при различных технологических режимах воздействия объясняется повышением показателей удобоукладываемости, которое характеризуется подвижностью и жесткостью бетонной смеси, более плотной упаковкой заполнителя в структуре бетона, а также большим эффектом от вакуумного уплотнения, связанное с отсосом воды и воздуха, а также статическим уплотнением вследствие разности атмосферного давления и давления вакуум-полости. Величина действующего усилия достигает 70-75 кН/м² с удалением от поверхности вакуумирования воды и воздуха; передаваемое на бетон давление снижается, так как часть нагрузки расходуется на определение сил внутреннего трения и развития контактных напряжений в твердой фазе.

Ключевые слова: вакуумная, обработка, композиционное, вяжущее, жаростойкий, керамзитобетон, технологические, свойства

BUILDING AND ARCHITECTURE

EFFECT OF VACUM TREATMENT ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF HEAT-RESISTANT CERAMZYT-CONCRETE ON COMPOSITIONAL BINDING

Shahmurad A. Alimuradov⁴, Abdulla M. Gadzhiev³, Khaji N. Khadzhisalopov¹, Tolya A. Hezhev²

^{1,3,4}Daghestan State Technical University,

^{1,3,4}70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,

²H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University,

²173 Chernyshevsky Str., Nalchik 360004, Russia,

¹e-mail:dekanat_asf@mail.ru, ²e-mail: hejev_tolya@mail.ru,

³e-mail:5542334f@mail.ru, ⁴e-mail:archiash9@mail.ru

Abstract. Objectives The aim of the study is to study the effect of vacuum treatment, heating temperature, mixing time and load force on the strength of heat-resistant expanded clay concrete for lining thermal units. **Method** The study is based on the vacuum processing technology of heat-resistant concrete based on a composite binder for lining the hearth of a trolley of a brick kiln, vacuum-packed concrete mix. **Result** The effect of vacuum processing of the mixture on the technological properties of heat-resistant expanded clay concrete on a composite binder made from Portland cement and finely ground expanded clay activated in a planetary mill (Activator-4M) is investigated. Compositions have been developed and the technological properties of expanded clay concrete have been investigated depending on the heating temperature and the amount of finely ground additives. **Conclusion** The results of the analysis of the dependence of the strength of expanded clay concrete on the heating temperature, the mixing time and the load strength confirm that the concrete strength indicators during evacuation are higher than for concrete without vacuum treatment; the increase in concrete strength after vacuum treatment under various technological exposure conditions is explained by an increase in workability indicators, which is characterized by the mobility and stiffness of the concrete mixture, denser packing of aggregate in the concrete structure, and also the large effect of vacuum compaction associated with the suction of water and air as well as static sealing due to the difference in atmospheric pressure and vacuum cavity pressure. The magnitude of the effective force reaches 70-75 kN/m² with the removal of water and air from the vacuum surface; the pressure transmitted to the concrete is reduced, since part of the load is spent on determining the forces of internal friction and the development of contact stresses in the solid phase.

Keywords: vacuum, processing, compositional, astringent, heat-resistant, expanded clay concrete, technological, properties

Введение. Вакуумирование является одним из эффективных технологических методов, позволяющих извлечь из уложенного и уплотненного бетона около 10...20 % избыточной (свободной) воды затворения, благодаря чему существенно улучшаются физико-механические свойства бетона.

Постановка задачи. Цель исследования – изучения влияние вакуумной обработки, и технологических факторов, а именно температуры нагрева, времени перемешивания и усилия пригрузки на прочность жаростойкого керамзитобетона для футеровки тепловых агрегатов. Разработка технологии вакуумной обработки жаростойкого бетона на основе композиционного вяжущего для футеровки пода вагонетки туннельной печи обжига кирпича, расчет технологических параметров вакуумного уплотнения бетонной смеси и ее влияние на технологические свойства жаростойкого керамзитобетона является актуальной задачей.

Жаростойкие керамзитобетоны должны иметь жесткость в пределах 2-3 см [1-6,13]. При этой жесткости качественная укладка и уплотнения смеси является достаточно сложной задачей. В связи с этим улучшение показателя удобоукладываемости за счет увеличения В/Ц отношения является важной задачей. Так как в жаростойких керамзитобетонах любая излишняя во-

да оказывает отрицательное воздействие на качество футеровки и в процессе эксплуатации может привести к взрывообразному разрушению бетона, из-за порового давления в структуре бетона, удаление влаги до процесса сушки изделий имеет огромное значение.

После вакуумной обработки бетон приобретает структурную прочность 0,3...0,4 МПа, что достаточно для распалубки заформованных блоков. В связи с тем, что вакуумная обработка эффективно для тонкостенных конструкций (не более 25...300 мм) [7,14] было принято решение за толщину блоков футеровки принять 300 мм, что позволяет эффективно уплотнять и извлекать из бетонной смеси избыточную влагу и лишний воздух, имеющийся в пустотах бетона путем создания в плоскости бетона разряжения, направленного к поверхности вакуума.

Методы исследования. Вакуумирование обычно применяют при бетонировании полов, сводов-оболочек и других конструкций с развитой горизонтальной поверхностью. Использование современных вакуумных установок позволяет улучшить технологические свойства жестких жаростойких бетонных смесей за счет оптимизации В/Ц и применения современных пластифицирующих добавок.

Процесс механического вакуумирования заключается в извлечении из уложенного бетона части воды через проницаемую стенку, на внешней поверхности на которой создается вакуум [1,7]. После укладки керамзитобетона на под вагонетки, на его верхней, свободной поверхности устанавливается вакуум-щит. Он представляет собою раму с укрепленной на ней прочной решеткой, металлической сеткой, а также в некоторых случаях хлопчатобумажным фильтром. Задняя грань неглубокой рамы герметически прикрывается листовым металлом, а образовавшаяся таким образом внутренняя полость присоединяется к вакуум-наосу.

По контуру рамы, со стороны решетки, укладывается валик из мягкого каучука, с тем, чтобы обеспечить воздухонепроницаемость вакуум-щита по линии соприкосновения его с поверхностью бетона. На вакуум-щите устанавливается обычно и вибратор, который пускают в ход с самого начала, чтобы обеспечить плотное соприкосновение вакуум-щита с бетоном. В вакуум-проводке, на некотором расстоянии от ввода у щита, включается манометр (вакуумметр) для контроля разрежения, а далее, за присоединением к гибкому шлангу, устанавливается отстойный бак, куда поступает отсасываемая из бетона вода. Разрежение, создаваемое в вакуум-щите насосом, вызывает отсасывание воды из бетона и отвод ее в отстойник.

Процесс водоотведение и заметное повышение плотности керамзитобетона бетона можно объяснить по схеме, предложенной в работе [7].

Предположим, что масса бетона толщиной H ограничивается двумя плоскостями AA' - свободной поверхностью (соприкасающейся с окружающим воздухом) и BB' - непроницаемой стенкой.

Накроем плоскость AA' вакуум-щитом, для того, чтобы рассматривать задачу как одномерную (одного параметра z). Вакуум-щит создает на AA' разрежение – P_0 , действие выражается в том, что оно побуждает содержащиеся в бетоне воду и воздух двигаться в направлении z . Вместе с тем оно создает давление + P_0 как результат реакции рамы и решетки.

По направлению O_z , в возрастающих расстояниях от O , разместим манометры, представляющие собой горизонтальные, наполненные водой трубки, на одном конце которых имеется полый сетчатый шарик, через который заключенная в трубку вода сообщается с бетонной смесью, другие же концы трубок сообщаются с ртутными манометрами (вакуумметрами).

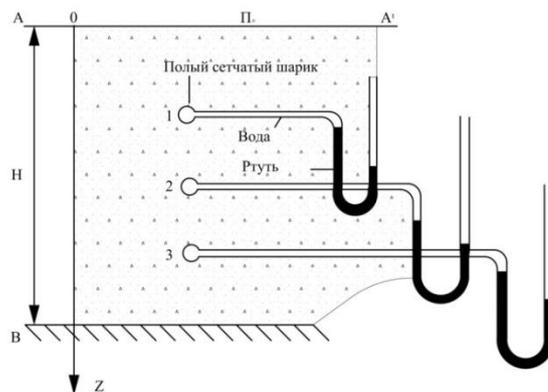


Рис. 1. Схема определения вакуумного эффекта
Fig. 1. The scheme for determining the vacuum effect

Из опыта, проведенной на установке, собранной по схеме, приведенной в работе [7], можно определить среднюю эффективность вакуумирования по формуле [1].

$$\varepsilon_m = \frac{E}{Z} = \varepsilon_0 \left[0.42 - 0.086 \cdot 1g \frac{qZ}{\varepsilon_0} \right], \quad [1]$$

где E - количество воды, Z - толщина слоя вакуумирования по направлению вертикальной оси, ε_0 - начальное количество воды, q - постоянная для данного типа бетона.

Если значение qZ превышает 3, отношение E/Z стремится к $\varepsilon_0/4$.

Этот опыт показывает, что из массива керамзитобетона можно извлечь лишь $1/4$ воды затворения, эти выводы позволят увеличить V/C отношение в бетоне на 25%.

Элементы из жаростойкого бетона не требуют предварительной (до строительства их них теплового агрегата) сушки и обжига; они обладают остаточной монтажной прочностью [7]; удаление влаги (собственно сушка) жаростойкого керамзитобетона происходит в процессе вывода теплового агрегата на рабочий режим.

Для жаростойкого керамзитобетона сушка и первый нагрев имеют решающее значение, так как от них зависят дальнейшая работоспособность теплового агрегата, его свойства в процессе эксплуатации, а также долговечность.

Процессы, которые происходят в жаростойком керамзитобетоне при сушке и первом нагреве, зависят от его состава, влажности, конструктивных особенностей элементов теплового агрегата (наличие кожуха, ребер и др.) и нагрузки на них [5,8].

Например, на 1 м^3 бетона при затворении смеси вводят 150-250 л воды, которая, испаряясь при нагреве, превращается в пар со значительным увеличением в объеме, создавая напряжения в структуре бетона. Кроме того, при нестационарном нагреве и остывании бетонных элементов в них появляются собственные температурно-влажностные напряжения.

В результате в бетоне при изменении температурного режима из-за напряженного состояния могут появляться микро- и макротрещины или он может полностью разрушаться. Нарушение структуры бетона при нагреве и остывании оказывает влияние на его свойства. Нагрев вызывает также в составляющих бетона дополнительную гидратацию и реакции в твердой фазе.

Массообмен, напряжения, возникающие в структуре бетона и в конструктивных элементах, изготовленных из него, а также химические реакции в бетоне непосредственно связаны друг с другом и влияют на его сушку и нагревание [1,10].

Для определения влияния вакуумной обработки на прочность жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем в зависимости от технологических факторов такие, как температура нагрева, время перемешивания и усилия пригрузки были изготовлены образцы жаростойкого бетона из базового состава бетона, приведенные в табл.1.

Таблица 1. Состав жаростойкого керамзитобетона на композиционно вяжущим
Table 1. Composition of heat-resistant expanded clay concrete on composite binders

№	Наименование компонентов Name of components	Расход кг/м ³ Consumption kg / m ³	Тонкость помола г/см ² Grinding fineness g / cm ²	Крупность зерен мм. The grain size mm.	%	
					Вяжущее Astringent	заполнитель Aggregate
1	Активизированное вяжущее Activated binder	400	3500	-	-	-
	a) Цемент Cement	280	3500	-	70	-
	b) Добавка Additive	120	3500	-	30	-
2	Крупный заполнитель керамзитовый гравий Large aggregate expanded clay gravel	350	-	3-5 5-10	-	50 50
3	Мелкий заполнитель керамзитовый песок Fine aggregate expanded clay sand	300	-	0,2 – 0,4 0,4 – 0,9 0,9 – 1,0	-	20 20 60
4	Пластифицирующая добавка СП – 1 The plasticizing additive SP - 1	2	-	-	8	-

Результаты испытания на прочность образцов жаростойкого керамзитобетона в зависимости от температуры нагрева, времени перемешивания и усилия пригруза приведены на рис. 2, 3 и 4.

На рис. 2 приведены зависимости прочности при сжатии от температуры нагрева в диапазоне от 20° до 1200°С оптимального состава бетона на композиционном вяжущем с тонкомолотой добавкой до 30%, без вакуумирования и с вакуумной обработкой.

Анализ зависимости прочности свидетельствует о том, что при повышении температуры нагрева наблюдается плавное повышение предела прочности на сжатие до температуры 800°С.

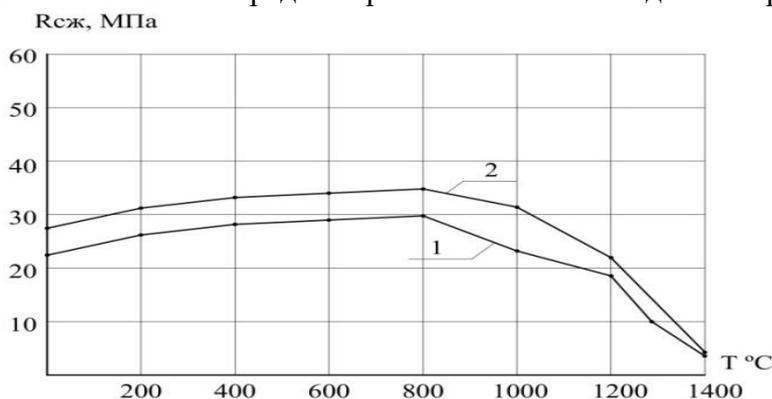


Рис. 2. Зависимость прочности жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем от температуры нагрева. После сушке при 105°С. 2. После вакуумирования и сушке при 105°С.

Fig. 2. The dependence of the strength of heat-resistant expanded clay on a composite binder on the heating temperature 1. After drying at 105°С. 2. After evacuation and drying at 105°С

В интервале температуры от 800-1200°С наблюдается снижение прочности до 20-25% по сравнению с образцами по сравнению с образцами бетона, высушенными до постоянной массы. Интервал температур 500-800°С характеризуется дегидратацией гидроксида кальция, что вызывает нарушение структуры портландцементного камня и приводит к снижению прочности.

В портландцементном камне на основе тонкомолотой добавки из керамзитового песка наблюдается увеличение прочности после высушивания образцов до постоянной массы. Это происходит вследствие уплотнения структуры цементного камня в процессе удаления воды, в результате прочность повышается в 1,5 раза относительно исходной.

Зависимость прочности от температуры нагрева жаростойкого керамзитового бетона на композиционном вяжущем после нагрева при температуре 105°C показывает, что вакуумная обработка повышает прочность жаростойкого бетона соответственно на 9 – 10%.

Влияние продолжительности перемешивания после загрузки всех компонентов бетонной смеси на прочность при сжатии и плотность после вакуумной и без вакуумной обработки приводятся на рис. 3.

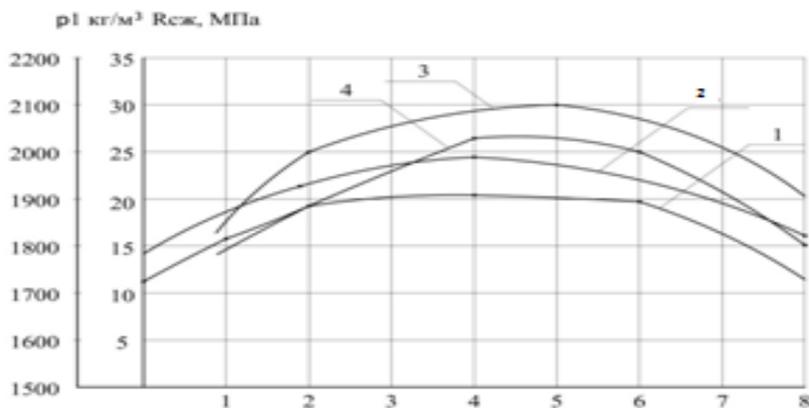


Рис. 3. Зависимость прочности и средней плотности ρ от времени перемешивания жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем 1 -для обычного жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем, 2. - с вакуумной обработкой, 3. - вакуумной обработкой, 4. -ез вакуумной обработки

Fig. 3. The dependence of strength and average density ρ on the mixing time of the heat-resistant expanded clay concrete on a composite binder. 1. for conventional heat-resistant expanded clay concrete on a composite binder, 2. the same with vacuum treatment, 3. the same with vacuum treatment, 4. without vacuum treatment

Результаты анализа зависимости прочности бетона от времени перемешивания показали, что максимальное значение прочности достигается при времени перемешивания в течение 4-5 минут. С увеличением продолжительности перемешивания показатели прочности и плотности бетона снижаются из-за расслоения бетонной смеси. Показатели прочности и плотности свидетельствуют, что режим, выбранный для перемешивания, можно рассматривать как оптимальный. Из рис. 3. видно, что максимальное значение предела прочности при сжатии обеспечивает бетонная смесь с вакуумной обработкой при продолжительности перемешивания от 3 до 4 минут, прочность достигает до 23-25МПа, что на 20-23% выше показателей по сравнению с показателем бетонной смеси без вакуумной обработки.

В технологии производства изделий из жаростойкого бетона наиболее распространенными методами уплотнения формовочных масс являются: вибрация, вибрация с пригрузом, прессование или вибропрессование, а также трамбование [15].

Предварительные испытания показали, что виброформование керамзитового жаростойкого бетона без пригруза оказалось не эффективным, так как в этом случае требуется увеличение водотвердого отношения в смеси, что приводит к снижению прочности бетона [15]. Из-за образования в процессе сушки на изделиях трещин, которые приводят к значительному снижению прочности бетона, формование трамбованием не приемлемо.

Из практики технологии производство изделий из жаростойких бетонов, как указано в работах и нормативных документах [3,9,12,15,16], прессование и трамбование можно использовать только при изготовлении из жаростойких бетонов мелкогабаритных блоков. При изготовлении крупногабаритных блоков наиболее эффективным является вибрирование с пригрузом. Как указывают авторы [2,11], в зависимости от удобоукладываемости смеси, которое характеризуется жесткостью и подвижностью для каждого состава бетонной смеси, необходим свой конкретный способ и режим уплотнения. Формирование оптимальной структуры для жа-

ростойкого керамзитового бетона возможно только в том случае, если выбран конкретный режим уплотнения путем сравнения различных параметров.

Как отмечает А.Е. Десов, В.И. Шмигальский [4], И.Н.Ахвердов [1], О.А.Савинов [11] и др., при формовании изделий из малоподвижных и жестких бетонных смесей необходимо обоснованно выбрать параметры и величины пригруза. Из анализа проведенных исследований установлено, что давление пригруза должно равномерно распределяться по всей поверхности изделия. При формовании образцов виброуплотнением с пригрузом в давление составляло 0,9; 0,11; 0,13; 0,15; 0,17; 0,19; 0,21; 0,23МПа.

Результаты исследований влияния вакуумной обработки на прочность керамзитобетона в зависимости от усилия пригруза приведены на рис. 4. С увеличением величины давления от пригруза до $(15 - 17) \cdot 10^{-2}$ МПа прочность бетона возрастает и составляет 32 МПа. Низкие результаты прочности при малых значениях величины давления от пригруза объясняются неравномерным распределением статистического давления на поверхности изделий. При увеличении давления от пригруза от $(15 - 17) \times 10^{-2}$ МПа до 19×10^{-2} МПа прочность уменьшается до 28МПа. Увеличение прочности вероятно происходит за счет бокового перемещения наиболее крупных зерен заполнителя под давлением касательных напряжений, а также увеличения внутренних напряжений в образце.

Результаты исследований способа формирования жаростойкого керамзитового бетона с вакуумной обработкой позволяет сделать вывод, что наибольшее значение предела прочности при сжатии достигается при величине пригруза от $(15 \div 17) \cdot 10^{-2}$ МПа.

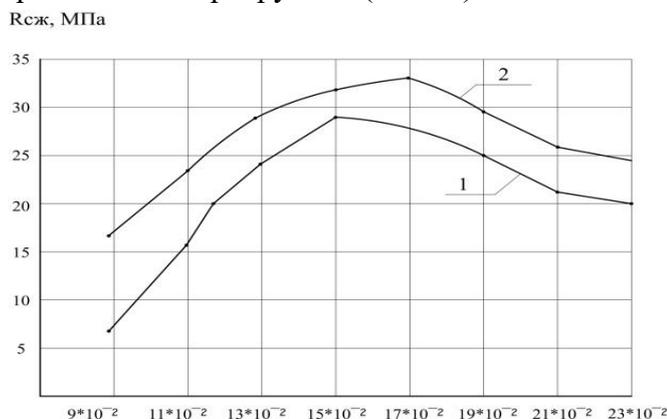


Рис. 4. Зависимость прочности от величины усилия пригруза жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем 1. Без вакуумной обработки, 2. С вакуумной обработки
Fig. 4. The dependence of strength on the magnitude of the load load of heat-resistant expanded clay on a composite binder 1. Without vacuum treatment, 2. With vacuum processing

Вывод. Проведенный анализ зависимости прочности от температуры нагрева времени перемешивания и усилия пригруза показывает, что прочность бетона при вакуумировании выше, чем у бетона без вакуумной обработки. Повышение прочности бетона после вакуумной обработки при различных технологических режимах воздействия объясняется повышением показателей удобоукладываемости, которое характеризуется подвижностью и жесткостью бетонной смеси, более плотной упаковкой заполнителя в структуре бетона, а также большим эффектом от вакуумного уплотнения, связанное с отсосом воды и воздуха, а также статическим уплотнением вследствие разности атмосферного давления и давления вакуум-полости [15]. При этом величина действующего усилия достигает $70-75 \text{ кН/м}^2$ с удалением от поверхности вакуумирования воды и воздуха передаваемое на бетон давление снижается, так как часть нагрузки расходуется на определение сил внутреннего трения и развития контактных напряжений в твердой фазе.

Библиографический список:

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона [Текст]/ И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981, – 464с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона [Текст]/ Ю.М. Баженов. – М.: Изд. АСВ. 2003.– 499с.

3. ГОСТ 20910-90. Бетоны жаростойкие. Технические условия [Текст]/ – М.: Издательство стандартов, 1991г. – 6с.
4. Десов А.Е., Шмигальский В.И. Экспериментальные данные о распространении колебаний различных частей в бетонных смесях при станковом вибрировании: Сб. трудов НИИЖБ. 1961. Вып. 19.С.33-37.
5. Жуков В.В. Легкие жаростойкие бетоны для шахты реактора нового поколения [Текст]/ В.В. Жуков, Г.Н. Хаджишалапов. – Махачкала: ГУП «Типография Дагестанского научного центра РАН», – 2006г – 293с.
6. Инструкция по технологии приготовления жаростойких бетонов. – М.: Стройиздат, 1989. -39 с.
7. Лермит Р. Проблемы технологии бетона: Пер с фр / Под ред. И с преисл. А.Е.Десова. Изд. 2-е – М.: Издательство ЛКИ, 207-296 с.
8. Некрасов К.Д., Жуков В.В., Гуляева В.Ф. Сушка и первый нагрев тепловых агрегатов из жаростойких бетонов. – М.: Стройиздат, 1976. -96 с. (Госстрой СССР. Науч.-исслед. Ин-т бетона и железобетона НИИЖБ).
9. Пособие к СНиП 2.03.04-84. По проектированию бетонных и железобетонных конструкций предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1989. – 183с.
10. Рамачардран В., Фельдман Ф., Бодугуэн Дж. Наука о бетоне. – М.: Стройиздат, 1986. -280с.
11. Савинов О.А. Вибрационная техника уплотнения и формования бетонных смесей [Текст]/ О.А. Савинов, Е.В. Лавринович. – Л.: Стройиздат. – 1986. – 280с.
12. СН-156-79. Инструкция по технологии приготовления жаростойких бетонов. – М.: Стройиздат. –1979. 40с.
13. Технология изготовления жаростойких бетонов / Н. –и. ин-т железобетона. – М.: Стройиздат, 1991. -64 с. - (Справочное пособие к СНиП).
14. Технология строительных процессов: учеб. / А.А. Афанасьев, Н.Н. Данилова, О.М. Терентьева, - 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2011. -464 с. ил.
15. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат – натриевых композиций [Текст]/ Б.Д. Тотурбиев. – М.: Стройиздат, 1988 –203 с.
16. Хлыстов А.И. Повышение эффективности и улучшение качества футерованных конструкций из жаростойкого бетона [Текст]: А.И. Хлыстов, А.В. Божко, С.В. Соколова, Р.Т. Рязов// Огнеупоры и техническая керамика. – 2004. – №3. – С.26-31.

References:

1. Akhverdov I.N. Osnovy fiziki betona [Tekst]/ I.N. Akhverdov. – М.: Stroyizdat, 1981, – 464s. [Akhverdov I.N. Fundamentals of concrete physics [Text] / I.N. Akhverdov. М.: Stroyizdat, 1981, 464p. (In Russ)]
2. Bazhenov YU.M. Tekhnologiya betona [Tekst]/ YU.M. Bazhenov. – М.: Izd. ASV. 2003.– 499s. [Bazhenov Yu.M. Concrete technology [Text] / Yu.M. Bazhenov. - М.: Publishing. DIA. 2003.– 499s. (In Russ)]
3. GOST 20910-90. Betony zharostoykiye. Tekhnicheskiye usloviya [Tekst]/ – М.: Izdatel'stvo standartov, 1991g. – 6s. [GOST 20910-90. Concrete is heat-resistant. Specifications [Text] / М.: Publishing house of standards, 1991. 6p. (In Russ)]
4. Desov A.Ye., Shmigal'skiy V.I. Eksperimental'nyye dannyye o rasprostraneni kolebaniy razlichnykh chastey v betonnykh smesyakh pri stankovom vibrirovanii: Sb. trudov NIIZHB. 1961. Vyp. 19.S.33-37. [Desov A.E., Shmigalskiy V.I. Experimental data on the propagation of vibrations of various parts in concrete mixtures during easel vibration: Sat. Proceedings of the NIIZHB. 1961. Issue 19.pp. 33-37. (In Russ)]
5. Zhukov V.V. Legkiye zharostoykiye betony dlya shakhty reaktora novogo pokoleniya [Tekst]/ V.V. Zhukov, G.N. Khadzshishalapov. – Makhachkala: GUP «Tipografiya Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN», – 2006g – 293s. [Zhukov VV Light heat-resistant concrete for a new generation reactor mine [Text] / V.V. Zhukov, G.N. Hajishalapov. - Makhachkala: State Unitary Enterprise "Printing House of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", 2006 293p. (In Russ)]
6. Instruksiya po tekhnologii prigotovleniya zharostoykikh betonov. – М.: Stroyizdat, 1989. -39 s [Instructions for the preparation of heat-resistant concrete. М.: Stroyizdat, 1989. 39 p. (In Russ)]
7. Lermít R. Problemy tekhnologii betona: Per s fr / Pod red. I s preisl. A.Ye.Desova. Izd. 2-ye – М.: Izdatel'stvo LKI, 207-296 s. [Lermít R. Concrete technology problems: Transl. From fr / Ed. And with preisl. A.E. Desov. Ed. 2nd - М.: Publishing house LKI. pp. 207-296. (In Russ)]
8. Nekrasov K.D., Zhukov V.V., Gulyayeva V.F. Sushka i pervyy nagrev teplovykh agregatov iz zharostoykikh betonov. – М.: Stroyizdat, 1976. -96 s. (Gosstroy SSSR. Nauch.-issled. In-t betona i zhelezobetona NIIZHB). [Nekrasov KD, Zhukov VV, Gulyaeva V.F. Drying and first heating of heat aggregates from heat-resistant concrete. - М.: Stroyizdat, 1976. 96 p. (Gosstroy of the USSR. Scientific research. Institute of concrete and reinforced concrete NIIZHB)(In Russ)]
9. Posobiye k SNiP 2.03.04-84. Po proyektirovaniyu betonnykh i zhelezobetonnykh konstruktсий prednaznachen-nyye dlya raboty v usloviyakh vozdeystviya povyshennykh i vysokikh temperatur. – М.: TSITP Gosstroy SSSR, 1989. – 183s. [The allowance for SNiP 2.03.04-84. For the design of concrete and reinforced concrete structures designed to work in conditions of exposure to elevated and high temperatures. - М.: TsITP Gosstroy USSR, 1989. 183p. (In Russ)]
10. Ramachardran V., Fel'dman F., Boduguen Dzh. Nauka o betone. – М.: Stroyizdat, 1986. -280s. [Ramachardran V., Feldman F., Bodyguin J. The science of concrete. М.: Stroyizdat, 1986. 280p. (In Russ)]

11. Savinov O.A. Vibratsionnaya tekhnika uplotneniya i formovaniya betonnykh smesey [Tekst] / O.A. Savinov, Ye.V. Lavrinovich. – L.: Stroyizdat. – 1986. – 280s. [Savinov O.A. Vibration technology for compaction and molding of concrete mixtures [Text] / O.A. Savinov, E.V. Lavrynovych. L.: Stroyizdat. 1986. 280p. (In Russ)]

12. SN-156-79. Instruksiya po tekhnologii prigotovleniya zharostoykikh betonov. – M.: Stroyizdat. –1979. 40s. [SN-156-79. Instructions for the preparation of heat-resistant concrete. - M.: Stroyizdat. –1979. 40p. (In Russ)]

13. Tekhnologiya izgotovleniya zharostoykikh betonov / N. –i. in-t zhelezobetona. – M.: Stroyizdat, 1991. -64 s. - (Spravochnoye posobiye k SNIP). [The manufacturing technology of heat-resistant concrete / N. –i. Institute of reinforced concrete. - M.: Stroyizdat, 1991. 64 p. (Reference manual to the SNIP) (In Russ)]

14. Tekhnologiya stroitel'nykh protsessov: ucheb. / A.A. Afanas'yev, N.N. Danilova, O.M. Terent'yeva, - 2-ye izd., pererab. – M.: Vysshaya shkola, 2011. -464 s. il. [Technology of construction processes: textbook. / A.A. Afanasyev, N.N. Danilova, O.M. Terentyev, - 2nd ed., Rev. - M.: Higher School, 2011. 464 p. (In Russ)]

15. Toturbiyev B.D. Stroitel'nyye materialy na osnove silikat – natriyevykh kompozitsiy [Tekst] / B.D. Toturbi-yev. – M.: Stroyizdat, 1988 –203 s. [Toturbiev B.D. Building materials based on silicate - sodium compositions [Text] / B.D. Toturbiev. - M.: Stroyizdat, 1988. 203 p. (In Russ)]

16. Khlystov A.I. Povysheniye effektivnosti i uluchsheniye kachestva futerovannykh konstruksiy iz zharostoykogo betona [Tekst]: A.I. Khlystov, A.V. Bozhko, S.V. Sokolova, R.T. Riyazov // Ogneupory i tekhnicheskaya kera-mika. – 2004. – №3. – S.26-31. [Khlystov A.I. Improving the efficiency and improving the quality of lined structures made of heat-resistant concrete [Text]: A.I. Khlystov, A.V. Bozhko, S.V. Sokolova, R.T. Riyazov // Refractories and technical ceramics. 2004. No. 3. pp. 26-31. (In Russ)]

Сведения об авторах:

Хаджигалапов Гаджи Нурмагомедович – доктор технических наук, профессор, декан архитектурно-строительного факультета, кафедра технологии и организации строительного производства.

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

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

Алимурадов Шахмурад Алимурадович – аспирант, кафедра технологии и организации строительного производства.

Information about the authors:

Khaji N. Khadzhishalapov – Dr. Sci. (Technical), Prof., Dean of the Faculty of Architecture and Construction, Department of Technology and Organization of Construction Production.

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.

Abdulla M. Gadzhiev – Assistant, Department of Technology and Organization of Construction Production.

Shahmurad Alimuradov –Aspirant, Department of Technology and Organization of Construction Production.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 13.05.2019.

Принята в печать 20.06.2019.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 13.05.2019.

Accepted for publication 20.06.2019.