

БЕЗАВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН НА ОСНОВЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ГЛИНИСТОГО ПЕСКА

Берилген макалада композициялык чапташтыргычтын негизиндеги автоклавыз газ бетонунун касиетине жана сырьелук массасынын технологиялык касиетине, жергиликтүү сырьедон, майда дандуу топурактуу кумду кремнезем компоненти катары колдонуунун жарактуулугунун изилдөөнүн жыйынтыгы каралат.

В данной статье рассматриваются результаты исследования о пригодности использования мелкозернистого глинистого песка из местного сырья в качестве кремнеземистого компонента, влияния на технологические свойства сырьевой массы и свойства безавтоклавного газобетона на основе композиционного вяжущего.

This article discusses the results of a study on the suitability of the use of fine-grained clayey sand from local raw materials as silica component, the impact on technological properties of the raw mass and the properties of the non-autoclave aerated concrete based composite binder. c

Многолетняя опыт производства и применения ячеистых бетонов в практику строительстве показывает, что в основе их производства лежит энергосберегающая технология, а по строительно-эксплуатационным показателям и теплозащитным характеристикам ячеистобетонные изделия относятся к высокоэффективным, их производство во всем мире постоянно расширяется. Наряду с этим идет непрерывный научно-технический поиск в направлении совершенствования технологии с использованием композиционных вяжущих и новых эффективных видов наполнителей для ячеистых бетонов, особенно тонкодисперсных или легко измельчаемых продуктов, применение которых не требует большой энергоемкости при операции помола, является актуальной задачей.

Кыргызстан располагает значительными запасами песчаных пород, мелкозернистых песков и техногенных материалов, которые могут найти применение в производстве ячеистобетонных изделий безавтоклавного твердения.

С целью пригодности использования в качестве кремнеземистого компонента и влияния на технологические свойства сырьевой массы и свойства безавтоклавного газобетона в работе были использованы мелкодисперсный глинистый песок Ошского месторождения, которые имеют следующие физико-химические характеристики:

Химический состав песка, в %: SiO_2 – 73,74; Al_2O_3 – 12,52; Fe_2O_3 – 0,93; CaO – 0,86; MgO – 2,85; SO_3 – 0,40; R_2O – 4,27; П.П.П. – 4,41. Минералогический состав, в %: SiO_2 – 59,01; $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 31,67; CaSO_4 – 0,68; CaCO_3 – 1,03; MgCO_3 – 5,98; П.П.П. – 4,41.

Гранулометрический состав, мм, %: менее 0,16 – 61,7; 0,16 – 22,4; 0,315 – 5,7; 0,63 – 4,5; 1,25 – 3,2; 2,5 – 2,5; 5,0 – 0; с высоким содержанием глины (31,67 %); $M_k = 0,7$, т.е. тонкозернистый. Удельная поверхность по ПСХ-2 $S_1 = 2200 - 2250 \text{ см}^2/\text{г}$.

В работе использован полевошпатовый песок, представленный, в %: SiO_2 – 68,72; Al_2O_3 – 14,21; Fe_2O_3 – 3,24; CaO – 3,25; MgO – 2,68; SO_3 – 2,61; TiO_2 – 6,63.

Для композиционных вяжущих материалов были использованы: портландцемент М 400 Д 20 ГОСТ10178 – 85; известь комовая негашеная II сорта: содержание активных CaO и MgO -82 %, количество непогасившихся частиц - 1,2 %; гипс строительный, ГОСТ 125 – 79 марки Г-5.

При получении безавтоклавного газобетона апробировались составы, содержащие в качестве заполнителя мелкодисперсный глинистый песок Ошского месторождения, а

также часть этого заполнителя была заменена на немолотый полевошпатовый песок. Соотношение вяжущего к заполнителю (В/З) составляло в пределах 0,5-1,0. Обеспечение щелочной среды достигается известью, содержащейся в составе композиционного вяжущего. Исследована зависимость свойств газобетона от заполнителя, составленного из смеси полевошпатового и мелкодисперсного глинистого песка.

В состав газобетона, для интенсификации газообразования и для активации глинистой составляющей, вносимой песками добавляли до 1 % NaOH. Газообразование обеспечивалось введением в состав смеси газообразователя (алюминиевой пудры марки ПАП-2, ГОСТ 594 – 81). Были исследованы средняя плотность и прочностные характеристики в зависимости от содержания в составе заполнителя тонкодисперсного глинистого и полевошпатового песка, результаты которых показаны на рис. 1.

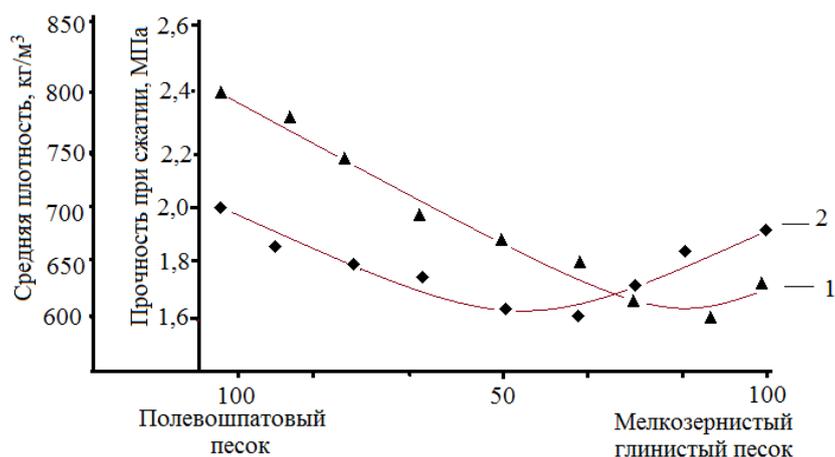


Рис.1. Зависимость средней плотности и прочности газобетона от состава заполнителей: 1- показатель средней плотности; 2 – показатель прочности при сжатии.

Из рис.1 видно, что минимальная плотность достигается в составах с мелкодисперсным глинистым песком при содержании его 60-100 %, что подтверждает возможность полной замены полевошпатового песка мелкозернистым глинистым песком. При полной замене полевошпатового песка мелкозернистым глинистым песком, средняя плотность составляет 650 кг/м³, при этом достигается максимальная прочность (2,1 МПа). Это объясняется образованием дополнительного количества CSH за счет активации глинистой составляющей и превалированием более мелких пор с достаточной прочностью межпоровых перегородок.

Приведенные данные показывают, что, изменяя соотношение полевошпатового немолотого песка с мелкозернистым глинистым песком можно направленно регулировать плотность и прочность газобетона на основе композиционных вяжущих. А полевошпатовый песок обеспечивает образование первичного каркаса, укрепляющего межпоровые перегородки газобетона, которые также укрепляются за счет синтеза игольчатых кристаллов гидросульфалюминатов, образующихся вследствие взаимодействия гипса с C₃A портландцемента, содержащегося в составе вяжущего.

На образование пористой структуры газобетона влияет текучесть шлама, с увеличением которой снижается вязкость смеси. Это приводит к уменьшению ее газодерживающей способности и увеличению сроков схватывания. С уменьшением текучести, наоборот вязкость смеси может возрасти настолько, что усилие, развиваемое газом (водородом) будет ниже значений вязкопластичных свойств смеси, в результате чего в массе не происходит вспучивания, что может привести к увеличению средней плотности материала. Для этого необходимо установить зависимость текучести растворной смеси от водотвердого отношения (В/Т) и ее влияния на свойства газобетона.

Распływ газобетонных смесей в зависимости от В/Т определялся прибором Суттарда. В смесях при использовании мелкодисперсного глинистого песка повышенное В/Т, которые составляет 0,58-0,6 при распльве 18-24 мм можно объяснить высоким содержанием глины в песке, которая является хорошим связующим в шламе.

Оптимальное В/Т шламов устанавливалось в зависимости от технических свойств газобетона. При установленном В/Т газобетонный смесь из мелкозернистого глинистого пека характеризуются удовлетворительной вспучиваемостью. Средняя плотность образцов при указанных технологических факторах изменялась в пределах 675-720 кг/м³, а прочность 1,9-2,1 МПа.

На формирование пористой структуры безавтоклавного газобетона оказывает существенное влияние температура смеси в период вспучивания. Её определяли в момент выгрузки смеси в формы, и сравнивали технические характеристики полученных образцов газобетона.

При использовании смеси на основе мелкодисперсного глинистого песка установлена оптимальная температура в пределах 38-44 °С, т.е. также как на основе природного кондиционного песка.

В ходе работы по результатам исследования предварительно определены оптимальный состав и технологические параметры производства безавтоклавного газобетона на основе композиционных вяжущих с использованием мелкозернистых песков: температура формовочного шлама 38-44 °С; В/Т = 0,58-0,6; соотношение вяжущего к заполнителю (В/З) от 0,75 до 1,0. Оптимальное количество алюминиевой пудры при этом составляет 400-500 г на 1 м³ материала.

Для более глубокого изучения влияния основных эксплуатационных свойств газобетона плотности и прочности от технологических параметров смеси был проведен 2-факторный эксперимент с 9 точками плана. В качестве варьируемых факторов были взяты технологические параметры: $T_{см} - X_1$ и $В/Т - X_2$. Критериями оптимизации для составов на мелкодисперсном глинистом песке $\rho_{ср} = 700 \text{ кг/м}^3$, прочность $R_{сж} = 2,1 \text{ МПа}$. Результаты эксперимента и уровни варьирования факторов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов

Параметры	-1	0	+1
$X_1, T, ^\circ\text{C}$	22	33	44
$X_2, В/Т$	0,54	0,58	0,62

Таблица 2

План и результаты 2-факторного эксперимента

№ п/п	План эксперимента				$\rho_{ср},$ кг/м ³	$R_{сж},$ МПа
	в нормализованных переменных		в натуральных переменных			
	x_1	x_2	X_1	X_2		
1	+	+	44	0,62	740	2,05
2	-	+	22	0,62	815	2,13
3	+	-	44	0,54	775	2,17
4	-	-	22	0,54	850	2,25
5	+	0	44	0,58	710	2,07
6	-	0	22	0,58	785	2,15
7	0	+	33	0,62	785	1,98
8	0	-	33	0,54	810	2,04
9	0	0	33	0,58	745	2,0

Средняя плотность

$$\rho_{ср} = 747.222 - 37.500 x_1 - 0.833 x_1^2 - 15.833 x_2 + 49.167 x_2^2 \quad (1)$$

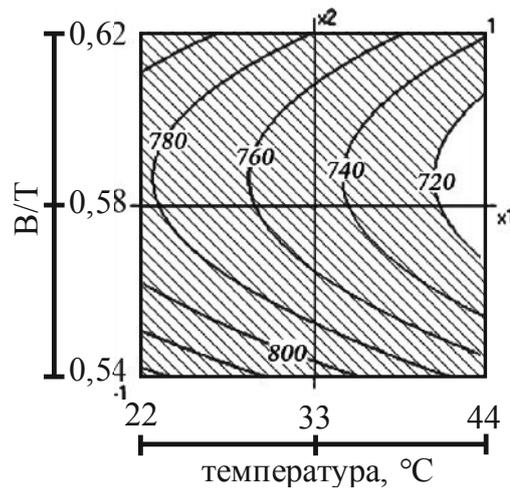


Рис. 2. Изолинии плотности газобетона на мелкодисперсном глинистом песке $\rho_{\text{ср}} = f(x_1, x_2)$

Предварительный анализ модели плотности газобетона на мелкодисперсном глинистом песке (1) показал, что наибольшее влияние на плотность оказывает температура смеси ($b_1 = -37,5$). Повышение V/T также способствует снижению показателя плотности ($b_2 = -15,833$). На рис. 2 видно, что при повышении температуры от 22 до 44 °C наблюдается снижение показателя плотности от 840 до 760 кг/м³ при $V/T = 0,54$; при $V/T = 0,58$ плотность снижается от 800 до 700 кг/м³; при $V/T = 0,62$ плотность изменяется от 800 до 740 кг/м³. Наименьшая плотность газобетона обеспечивается $\rho_{\text{ср}} = 700$ кг/м³ при максимальных температурах смеси порядка 40...44 °C и при $V/T = 0,57...0,6$.

Прочность на сжатие, МПа:

$$R_{\text{сж}} = 1,987 - 0,040 x_1 + 0,130 x_1^2 - 0,050 x_2 + 0,030 x_2^2 \quad (2)$$

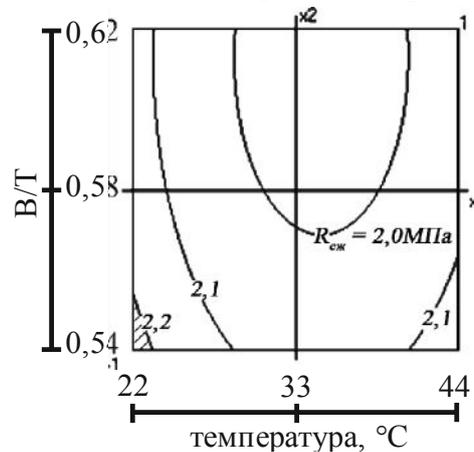


Рис. 3. Изолинии прочности газобетона на мелкодисперсном глинистом песке $R_{\text{сж}} = f(x_1, x_2)$

По модели прочности газобетона (2) видно незначительное снижение этого показателя при повышенных значениях технологических параметров ($b_1 = -0,04$ и $b_2 = -0,05$). На рис. 3 видно, что максимальная прочность газобетона на мелкодисперсном глинистом песке составляет $R_{\text{сж}} = 2,2$ МПа при $V/T = 0,54$ и $T_{\text{см}} = 22$ °C. Затем прочность несколько падает до 2,1 при $T_{\text{см}} = 28...30$ °C, затем снова несколько повышается. Минимальная прочность $R_{\text{сж}} = 2,0$ МПа при $V/T = 0,56...0,62$ и $T_{\text{см}} = 28...38$ °C.

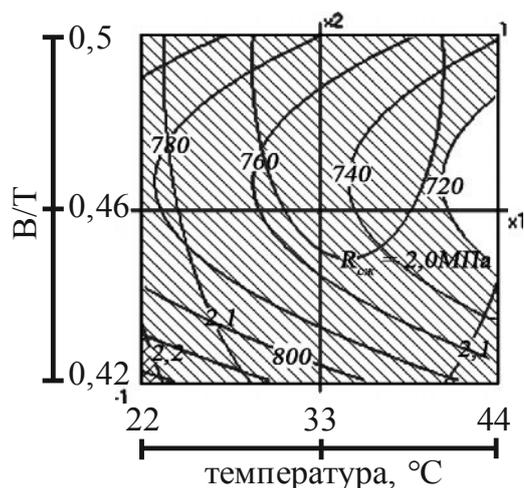


Рис. 4. Зона компромисса газобетона на мелкодисперсном глинистом песке $\rho_{ср}$, $R_{сж} = f(B/T, T_{см})$ (не заштрихованное поле); $R_{сж} \geq 2,1$ МПа, $\rho_{ср} \leq 700$ кг/м³

При наложении номограмм плотности (рис. 2) и прочности (рис. 3) найдена оптимальная зона (рис. 4) технологических параметров B/T и $T_{см}$, где обеспечивается минимальная плотность $\rho_{ср} = 700$ кг/м³ и удовлетворительная прочность $R_{сж} = 2,1$ МПа газобетона.

По результатам исследования определены оптимальный состав и технологические параметры производства безавтоклавного газобетона на основе композиционных вяжущих с использованием мелкодисперсных глинистых песков: температура формовочного шлама 38-44 °С; $B/T = 0,58-0,6$; соотношение $B/З = 0,75-1,0$. При этом получены изделия с характеристиками: $\rho_{ср} = 650-700$ кг/м³; $R_{сж} = 1,9-2,1$ МПа; $\lambda = 0,16-0,17$ Вт/м °С; $\Pi = 61,2-63,3\%$; $M_{рз} = 20$.

Выявлено, что мелкозернистые глинистые пески могут быть использованы в качестве кремнеземсодержащего компонента в газобетоне без промежуточного процесса помола и при щелочной активации смеси.

Кроме того, улучшаются декоративные свойства материалов за счет объемного окрашивания ячеистых бетонов. Цвет ячеистого бетона определяется цветом исходной породы. На основе предлагаемого сырья можно получать изделия, желтого и светло-серого цветов.

Таким образом, широкое вовлечение подобных глинистых песков в производство ячеистобетонных изделий позволит существенно расширить сырьевую базу, снизить энергозатраты на единицу продукции.

Список литературы

1. Абдыкалыков А.А. экспериментально-теоретические основы оптимизации реологических и прочностных свойств наполненных композиционных строительных материалов. – Б: Технология, 2000, - 252 с.
2. Абдыкалыков А.А., Ассакунова Б.Т., Абдыраймов Ж.А., Мелибаев С.Ж. Безавтоклавный газобетон на композиционном вяжущем из местного сырья. // Материалы III международной научно-практической конференции. «Наука и образование XXI века» Рязань, 2009. С. 45-51.
3. Володченко А.Н., Воронцов В.М., Голиков Г.Г. Влияние парагенезиса кварц-глинистые минералы на свойства автоклавных силикатных материалов // Известия вузов. Строительство. -2000. - №10. - С.57-60.