

УДК 691.327.33 (575.2)

## НЕАВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН ИЗ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КЫРГЫЗСТАНА

Н.А. Дыйканбаева

Приводятся сведения о результатах получения и изучения свойств неавтоклавного газобетона из природного и техногенного сырья Кыргызстана.

*Ключевые слова:* ячеистый бетон; неавтоклавный; плотность; прочность; вяжущее; наполнители.

## NON-AUTOCLAVED AERATED CONCRETE FROM NATURAL AND TECHNOGENIC RAW MATERIALS KYRGYZSTAN

N.A. Dyikanbaeva

The article discusses the information about the results of the study to obtain and examine the properties of non-autoclaved aerated concrete from natural and technogenic raw materials in Kyrgyzstan.

*Keywords:* cellular concrete; non-autoclave; density; strength; binder; filler.

Увеличение объемов жилищного строительства требует разработки, создания и исследования высокоэффективных теплоизоляционных материалов. В современном строительстве такими строительными материалами являются различные виды ячеистых бетонов. С увеличением высоты зданий все более актуальной становится задача снижения массы конструкций. Использование ячеистых бетонов обеспечивает снижение массы конструкций, уровня шума, энерго- и теплотрат при эксплуатации здания.

Наши исследования направлены на получение одного из видов ячеистого бетона – неавтоклавного газобетона из сырьевых материалов Кыргызстана. Для этого нами были использованы местные природные и техногенные сырьевые материалы: в качестве вяжущего – Кантский портландцемент М400, в качестве наполнителей – зола Бишкекской ТЭЦ и порошкообразные отходы от производства облицовочных плит из известняка ракушечника.

Портландцемент Кантского цементного завода испытан по ГОСТ 10178–85. Минералогический состав цементного клинкера:  $C_3S$ –60 %,  $C_2S$ –14 %,  $C_3A$ –6,9 %,  $C_4AF$ –11,9 %.

Зола Бишкекской ТЭЦ по виду и качеству топлива является каменно- и буроугольной, так как она получается из 60 % карагандинских каменных улей и 40 % местных ташкумырских бурых углей. В зависимости от вида подготовки и условий сжи-

гания топлива относится к золам пылевидного сжигания [1].

Химический и гранулометрический составы золы Бишкекской ТЭЦ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав  
зола-уноса БТЭЦ

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Ппп	R <sub>2</sub> O	Σ
51,57	21,87	3,70	3,09	1,24	1,47	16,54	0,52	100

Известняк ракушечник имеет светло-коричневые, бежевые тона окраски, иногда с бледными желтыми пятнами. Структура раковинно-детритовая, пористая. Основным породообразующим минералом камня являются кальцит, содержание которого составляет около 91 %. На долю второстепенных минералов приходится до 9 % (окислы железа, марганца, кремнистые минералы). По минеральному составу, структурно-текстурным особенностям камень относится к кальцитовым известнякам.

В качестве добавок для поризации и пластификации использовали алюминиевую пудру ПАП-2, суперпластификатор и соду. Для дисперсного армирования неавтоклавного газобетона использовали стекловолокно диаметром 73 мкм и асбесто-вое волокно.

До этого нами были проведены исследования по получению ячеистого бетона из местных сырьевых материалов Кыргызстана. Результаты подбора

Таблица 2 – Физико-механические свойства газобетона исследованных композиций

№ п/п	Асбест, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Ризг, МПа	R сж., МПа	№ п/п	Стекло, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Ризг, МПа	Rсж., МПа
1	2	0,752	1,74	3,13	4	0,1	0,88	1,86	3,3
	2	0,747	1,68	2,72		0,1	0,875	2,46	3,15
	2	0,737	1,6	3,06		0,1	0,892	2,48	2,65
2	4	0,749	1,79	2,65	5	0,2	0,755	1,59	2,65
	4	0,742	1,59	3,45		0,2	0,759	1,32	2,21
	4	0,752	1,64	3,29		0,2	0,74	1,35	2,52
3	6	0,722	1,51	2,61	6	0,3	0,745	1,46	2,88
	6	0,716	1,58	3		0,3	0,741	1,66	3,68
	6	0,729	1,74	2,82		0,3	0,722	1,68	2,96

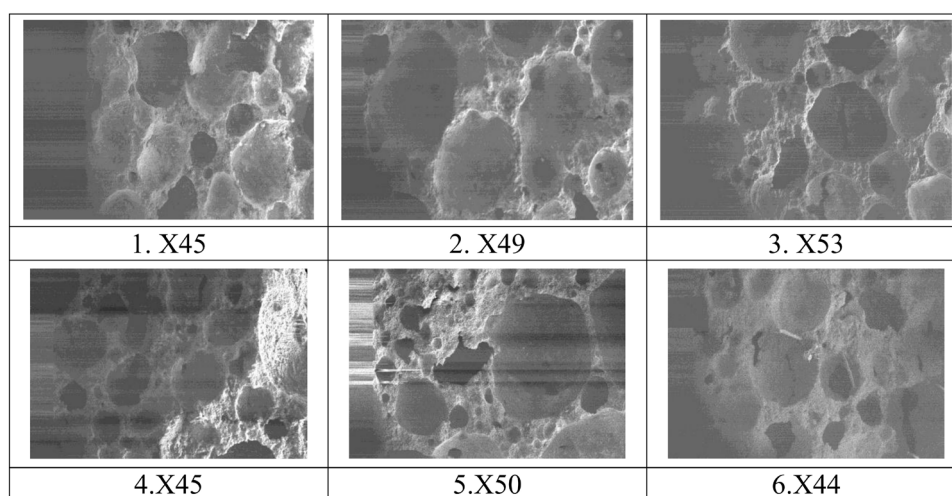


Рисунок 1 – Микроструктура образцов неавтоклавного газобетона

состава газобетона и его технология производства представлены в работах [2–8].

В результате экспериментов были получены составы неавтоклавного газобетона с наполнителем известняк-ракушечник и известняк-ракушечник-зола. В таблице 2 показаны физико-механические свойства газобетона с наполнителем известняк-ракушечник исследованных композиций.

Составы композиций ячеистого газобетона: цемент 50, известняк-ракушечник 43,32–49,32, алюминиевая пудра 0,08, сода 0,05–0,1, суперпластификатор – 0,8 от цемента, В/Т – 0,3–0,33.

Составы неавтоклавного газобетона с наполнителем известняк-ракушечник имеют высокие показатели прочности на изгиб и на сжатие. Максимальный показатель прочности на сжатие равен 3,68 МПа, прочность на изгиб равна 1,66 МПа при плотности  $\rho = 0,741$  г/см<sup>3</sup>. Содержание 91 % CaCO<sub>3</sub> в составе известняка-ракушечника повышает прочность на сжатие цементных композиций. Это обусловлено их способностью сцепляться с продуктами

гидратации портландцемента [9]. Дисперсное армирование газобетона стекловолокном и асбестом также повышает показатели прочности [10].

Для ячеистых бетонов характер пористости играет важную роль, так как влияет на его свойства. Микроструктурные характеристики образцов неавтоклавных газобетонов из известняка-ракушечника исследовали на растровом электронном микроскопе.

На рисунке 1 показаны снимки микроструктуры составов газобетона. Характер пористости, размеры пор, а также его распределение оказывают влияние на физико-механические свойства.

В первом и втором составе газобетона максимальный диаметр пор равен 1,5 мм, преобладают поры размером 1 мм и менее. В третьем составе поры равномерные диаметр равен 1 мм и менее. В четвертом составе преобладают мелкие поры диаметром 1 мм и менее, максимальный размер пор равен 2 мм. В пятом составе максимальный диаметр пор равен 2 мм, остальные размером 1,5–1 мм. В ше-

Таблица 3 – Физико-механические свойства неавтоклавного газобетона с известняком-ракушечником и золой

Цемент	Зола	Суперпластификатор	Алюминий	сода	Ракушечник	Фибры	Вода	$\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Рсж (МПа)
50	10	0,8	0,08	0,15	38,8	0,18	0,53	536	0,53
50	10	0,8	0,08	0,15	38,8	0,18	0,53	520	0,53
50	10	0,8	0,08	0,15	38,8	0,18	0,53	525	0,6
50	20	0,8	0,08	0,15	28,8	0,18	0,53	557	0,7
50	20	0,8	0,08	0,15	28,8	0,18	0,53	551	0,91
50	20	0,8	0,08	0,15	28,8	0,18	0,53	575	0,98
50	30	0,8	0,08	0,15	18,8	0,18	0,53	639	0,85
50	30	0,8	0,08	0,15	18,8	0,18	0,53	643	0,93
50	30	0,8	0,08	0,15	18,8	0,18	0,53	642	0,79
60	30	0,5	0,08	0,15	9,1	0,18	0,6	627	2,02
60	10	1,1	0,08	0,15	28,5	0,18	0,45	673	2,09
40	30	1,1	0,08	0,15	28,3	0,18	0,58	637	1,69
50	20	0,8	0,08	0,15	28,8	0,18	0,56	646	2,11

стом составе преобладают мелкие поры размером 1,5–1 мм, максимальные диаметр пор равен 1,5 мм. Представленные составы газобетона имеют почти однородную структуру. Поры имеют правильную сферическую форму и являются закрытыми. В объеме бетона поры распределены равномерно.

В таблице 3 представлены физико-механические свойства неавтоклавного газобетона с известняком-ракушечником и золой.

В результате экспериментов с золой и известняком-ракушечником были получены газобетоны с плотностью в пределах от  $\gamma = 520$  кг/м<sup>3</sup> до  $\gamma = 673$  кг/м<sup>3</sup>. Образцы с 10 % содержанием золы имеют минимальные значения плотности от  $\gamma = 520$  кг/м<sup>3</sup> до  $\gamma = 536$  кг/м<sup>3</sup>, с увеличением содержания золы показатели плотности увеличиваются. Здесь также получены составы газобетона с физико-механическими свойствами, соответствующими требованиям ГОСТ. Показатели прочности данного состава ниже, чем у газобетона с известняком-ракушечником.

Таким образом, получены составы неавтоклавного газобетона с применением природного и техногенного сырья Кыргызстана, с физико-механическими свойствами, соответствующими требованиям ГОСТ. Зола Бишкекской ТЭЦ является эффективным наполнителем для газобетона, так как не требует энергоемкого процесса помола. С применением порошкообразных отходов от производства облицовочных плит из известняка-ракушечника можно получить прочные составы газобетона. Известняк-ракушечник высоко размалываемое сырье по сравнению с песком. С применением отходов производства снижается стоимость материала и решается экологическая задача. Полученный состав газобетона неавтоклавный – может твердеть в обычных условиях, что отражается и на стоимости материала.

### Литература

1. *Караханиди С.Г.* Использование золы как вторичного сырья в строительстве / С.Г. Караханиди. Фрунзе: Кыргызстан, 1990.
2. *Касымова М.Т.* Ячеистые бетоны и сухие гипсовые смеси из сырьевых материалов Кыргызстана / М.Т. Касымова, Н.А. Дыйканбаева, А.Т. Омурканова // Матер. межд. научно-практ. конф. «Строительные технологии, материалы и качество в строительстве». Ростов н/Д, 2013. С. 40–44.
3. *Касымова М.Т.* Исследование свойств ячеистых бетонов местных материалов Кыргызстана / М.Т. Касымова, Н.А. Дыйканбаева // Вестник КГУСТА. 2014. № 3. Т. 1. С. 34–38.
4. *Касымова М.Т.* Свойства ячеистого бетона из местного сырья с модифицирующими добавками / М.Т. Касымова, Н.А. Дыйканбаева // Вестник КРСУ. 2015. № 3. С. 169–172.
5. *Касымова М.Т.* Исследование физико-механических свойств ячеистого бетона с известняком ракушечником / М.Т. Касымова, Н.А. Дыйканбаева // Матер. межд. научно-практ. конф. «Культурно-историческое наследие строительства: вчера, сегодня, завтра». Саратов: Буква, 2014. С. 37–39.
6. *Касымова М.Т.* Температурный фактор в технологии производства фиброгазобетона / М.Т. Касымова, Н.А. Дыйканбаева // Матер. межд. научно-практ. конф. «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения, посв. памяти проф. А.П. Сапожникова». Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. С. 280–285.

7. *Касьмова М.Т.* Оптимизация рецептуры и свойств неавтоклавного фиброгазобетона / М.Т. Касьмова, Н.А. Дыйканбаева // Матер. межд. научно-практ. конф. «Современные технологии в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении». Саратов: Амирит, 2015. С. 101–107.
8. *Касьмова М.Т.* Наполнители для неавтоклавного газобетона / М.Т. Касьмова, Н.А. Дыйканбаева // Матер. межд. научно-практ. конф. «Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на Дальнем Востоке в XXI веке». Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. С. 94–99.
9. *Ухова Т.А.* Перспективы развития и применения ячеистых бетонов / Т.А. Ухова // Строительные материалы. 2005. №1. С. 18.
10. *Дыйканбаева Н.А.* Эффективность дисперсного армирования неавтоклавного ячеистого бетона / Н.А. Дыйканбаева // Матер. межд. научно-практ. конф. «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения памяти проф. В.Б. Федосенко». Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. С. 69–74.