



О СВОЙСТВАХ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

¹Тургунбаев Уринбек Жамолович

канд. техн. наук, доцент, Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, г.Ташкент

²Шарипова Дилафруз Тоуфуковна

канд. техн. наук, доцент, Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, г.Ташкент

³Тургунбаева Жумагуль Рахимбердиевна

канд. техн. наук, Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, г.Ташкент

⁴Тўхтабоев Эркинжон Исломович

Магистрант, Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, г.Ташкент

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7890179>

ARTICLE INFO

Received: 25th April 2023

Accepted: 30th April 2023

Online: 02nd May 2023

KEY WORDS

Технология, газобетон, цемент, алюминиевая пудра, известь, кальцинированная сода, наполнитель, компонент, добавки, бетон, вяжущий, газообразователь, порообразования, структурообразования, поризация, фактор, фиброгазобетон.

ABSTRACT

В статье приводятся результаты исследования по влиянию на процессы структурообразования и свойства газобетона множество технологических факторов. Такие, как температура смеси и температуры воды оказывающие существенное влияние на формирование пористой структуры и физико-механические свойства газобетона. Также установлены влияние температуры воды затворения на водопотребности бетонной смеси и оптимальная температура смеси. Приведены методы исследования и показаны физико-механические свойства неавтоклавного газобетона.

Введение

На процесс структурообразования и свойства газобетона оказывают множество технологических факторов. Рациональные значения этих факторов позволяют значительно повысить качество газобетона неавтоклавного твердения. В данной статье приведены результаты исследования направленной на решение этой задачи.

Объектами исследований были такие технологические факторы, как температура воды затворения и текучесть бетонной смеси.

Температура смеси оказывает существенное влияние на формирование пористой структуры газобетона. С повышением температуры бетонной смеси процесс вспучивания ускоряется. При этом процесс газообразования может протекать более интенсивно, чем бетонная смесь достигнет необходимой пластической прочности. Пузырьки газа прорываются наружу, тем самым в первый промежуток времени, вспучивая смесь, после чего из-за более медленного нарастания вязкопластичных свойств смеси происходит ее осадка.



Метод. Для приготовления газобетонной смеси использовали скоростные пропеллерные мешалки со скоростью 1500 об/мин. Вначале готовится водно-алюминиевая суспензия. Непрокалённую алюминиевую пудру смешивают с нагретой водой и перемешивают в течение 2-3 мин., после чего водноалюминиевая суспензия готова для смешивания с ее растворной частью. Далее в газобетономешалку заливается вода в количестве 70% от расчетной, предварительно подогретая, и засыпается при перемешивании необходимое количество наполнителей. По истечении минутного перемешивания к раствору наполнителей добавляют приготовленную ранее водно-алюминиевую суспензию с остатком подогретой воды и перемешивают еще 2 мин, затем добавляют необходимое количество вяжущего, после чего раствор еще перемешивают 1-2 мин.

После перемешивания газобетонная смесь заливается в формочки и течение 0,5-1 часа происходит вспучивание. В течение трех-четырех часовой выдержки срезаются «горбушки», и выдерживают в нормально-влажных условиях в течение 28-ми суток.

Для взвешивания использовали весы электронные ACS-30.

Водотвердое отношение (В/Т) для газобетона подбирается опытным путем на вискозиметре Суттарда.

Вискозиметр состоит из металлического цилиндра с внутренним диаметром 5 см и высотой 10 см и листового стекла размером сторон 30 см.

Определение средней плотности. Плотность газобетона определяли по ГОСТ 27005-86 и ГОСТ 12730.1-84,

Прочность бетона на сжатие определяли по ГОСТ 10180-2012. Свойства газобетона устанавливаются на основании результатов испытаний контрольных образцов-кубов размеров 10x10x10 см и на образцах балочках 40x40x160мм.

Основная часть

В этой статье приведены результаты исследования, направленные на изучение влияния температуры воды затворения на физико-механические свойства неавтоклавногазобетона. Для проведения исследований были изготовлены образцы балочки размерами 40 x 40 x 160 мм. Температура воды варьировалась в интервалах 20 °С, 40 °С, 60 °С.

В таблицах 1 и 2 показаны физико-механические свойства исследованных фиброгазобетонов.

Таблица 1. Составы композиций фиброгазобетона (наполнитель песок, зола)

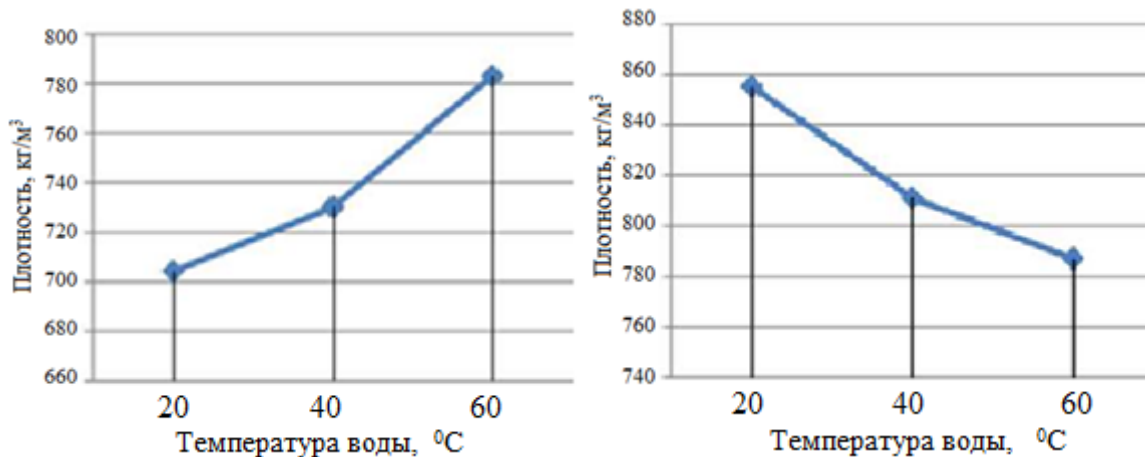
№ п/п	Соотношение составов газобетонной смеси, % по массе											
	t, °С	Алюминиевая пудра	В/Т	Цемент	Известь	Сода	Гипс	Песок	Зола-унос	Расплав, см	ρ , г/см ³	R _{сж} , МПа
1	20	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	26	0,720	0,9
2	20	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	26	0,7	0,9

3	20	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	26	0,640	0,7
4	40	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	28	0,710	0,9
5	40	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	28	0,690	0,8
6	40	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	28	0,650	0,7
7	60	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	28	0,790	1,1
8	60	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	28	0,785	1
9	60	0,08	0,57	0,49	0,1	0,72	0,04	19	18	28	0,779	1

В результате экспериментов установлено влияние температуры воды затворения на водопотребность бетонной смеси. При повышении температуры водопотребность уменьшается, раствор получается более пластичной. Если при температуре 20°C расплыв по вискозиметру Суттарда равен 26см, то при 60° С - равен 28см.

Рис 2. Зависимость средней плотности фиброгазобетона (наполнитель известняк ракушечник) от температуры воды

Рис1. Зависимость средней плотности фиброгазобетона (наполнитель песок, зола) от температуры воды



Как видно из рис. 1. в составах фиброгазобетона с песком и золой показатель средней плотности меняется в зависимости от температуры. С увеличением температуры воды затворения плотность бетона увеличивается. При температуре 20°C получены плотности в пределах $\rho = 0,640 \text{ г/см}^3$ до $\rho = 0,720 \text{ г/см}^3$. При максимальной температуре воды затворения 60°C плотность увеличивается до $0,790 \text{ г/см}^3$. Согласно опытным данным (см. рис. 1), оптимальной температурой для вспучивания газобетонной массы на основе песка и золы является температура 20°C. При данном температурном режиме поризация смеси происходит равномерно. С повышением температуры до 40 - 60°C процесс вспучивания протекает более интенсивно, в ячеистой макроструктуре наблюдается слияние мелких пор в более крупные. Высокая температура воды затворения также ускоряет процесс гидратации и связывания вяжущего, способствующей разрушению выделяющимся водородом уже сформировавшейся и начинающей твердеть макроструктуры.

В составах с известняком ракушечником с повышением температуры воды затворения водопотребность также уменьшается. При температуре воды равной 20°C расплыв на вискозиметре Суттарда равен 25см, а при 60° равен 27см.

Таблица 2. Составы композиций фиброгазобетона (наполнитель известняк ракушечник)

№ п/п	Соотношение компонентов ячеистобетонной смеси, % по массе									
	t °C	Алюминиевая пудра	В/Т	Ц	известняк	Сода	Polimix, %	Расплав, см	P, г/см ³	Ясж, МПа
1	20	0,08	0,39	0,5	0,50	0,76	0,8	25	0,920	2
2	20	0,08	0,39	0,5	0,50	0,76	0,8	25	0,9	2
3	40	0,08	0,41	0,5	0,50	0,76	0,8	26	0,880	1,5
4	40	0,08	0,41	0,5	0,50	0,76	0,8	26	0,865	1,5
5	60	0,08	0,41	0,5	0,50	0,76	0,8	27	0,840	1,2
6	60	0,08	0,41	0,5	0,50	0,76	0,8	27	0,832	1,2

Из графика (рис 2.) можно сделать вывод, что в данном составе высокая температура воды также оказывает каталитическое действие на процесс газообразования. С увеличением температуры воды затворения плотность уменьшается. При 20°C получаем значения плотностей в пределах $\rho = 0,9$ г/см³ до $\rho = 0,920$ г/см³. При максимальной температуре воды затворения плотность уменьшается до 0,782 г/см³. Согласно опытным данным (см. рис. 2), оптимальной температурой для вспучивания газобетонной массы на основе известняка-ракушечника и добавки Polimix является температура 60°C. При данном температурном режиме достигается активный уровень поризации смеси. В составах с известняком-ракушечником процесс вспучивания газобетонной смеси происходит менее интенсивно, чем в составах с золой и песком. Поэтому увеличение температуры воды затворения не приводит к осадке газобетона.

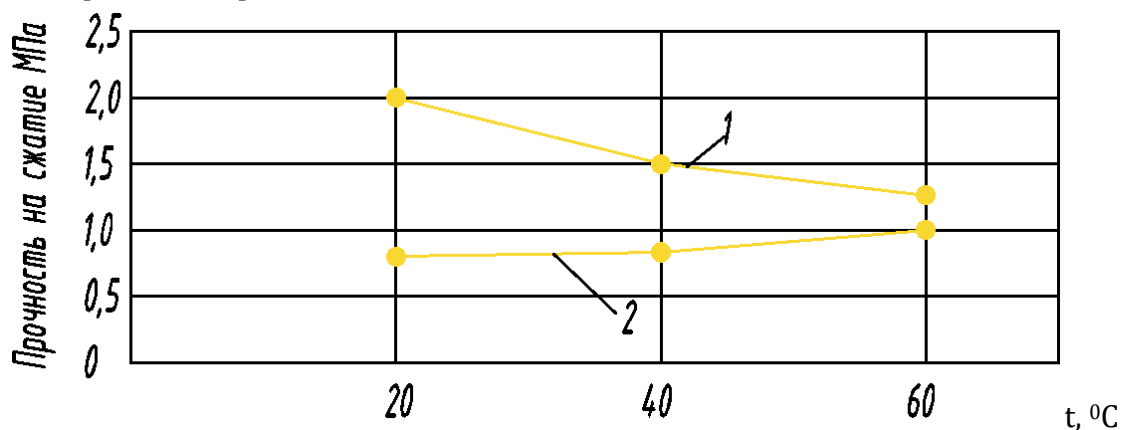


Рис.3. Зависимость прочности фиброгазобетона от температуры воды затворения. 1 – наполнитель (известняк-ракушечник). 2 - наполнитель (песок, зола).

Прочность в исследуемых составах также меняется при различных температурах воды затворения (рис. 3). В первом составе с песком и золой с увеличением температуры воды прочность на сжатие уменьшается с одновременным уменьшением плотности. Максимальная прочность на сжатие

-5 -5

равна 1,1 МПа при $\rho = 0,790$ г/см³. Во втором составе с известняком ракушечником и добавкой Polimix прочность и плотность возрастает с уменьшением температуры



воды затворения. Максимальная прочность на сжатие равна 2,0 МПа при плотности 0,9г/см³ и 0,920 г/см³.

Эксперименты показали влияние температуры воды затворения на физико-механические свойства вышеприведенных составов ячеистого бетона. В результате было установлено, что для получения легкого фиброгазобетона с золой и песком оптимальная температура воды затворения должна быть в пределах 20°C. Для фиброгазобетона с известняком ракушечником и добавкой Polimix вода должна иметь температуру выше 40°C, так как в данном составе необходимый процесс газообразования достигается только при высокой температуре воды затворения [1].

Оптимальную температуру смеси для следующих составов газобетона устанавливали экспериментальным путем представленных в таблице 3.

Таблица 3-Составы композиций газобетона

№	Цемент	Зола	Ракушечник	Алюминий	сода	Polimix	фибры	Асбест
1	50	30	19,20	0,08	0,1	0,8	0,2	-
2	50	30	19,00	0,08	0,1	0,8	-	-
3	50	-	49,32	0,08	0,1	0,8	-	3

Физико-механические свойства исследованных композиций газобетона представлены в таблице 4.

Таблица 4. Физико-механические свойства газобетона

№	Расплав, см.	ρ, г/см ³	R сж., МПа	20 °C		60 °C	
				Расплав, см.	ρ, г/см ³	R сж., МПа	R сж., МПа
1	27	0,820	3,75	24	0,795	2,75	
	27	0,795	2,95	24	0,764	2,55	
	27	0,760	2,65	24	0,775	3,70	
2	30	0,775	4,00	29,5	0,785	4,40	
	30	0,759	2,85	29,5	0,762	2,80	
	30	0,772	2,91	29,5	0,762	2,92	
3	28	0,745	2,95	32	0,764	4,52	
	28	0,755	2,42	32	0,794	4,41	
	28	0,761	3,10	32	0,752	4,40	

В приведенных составах (табл. 3) проведены исследования влияния на физико-механические свойства неавтоклавного газобетона максимальной (60°C) и минимальной (20°C) температур воды затворения. Определяли влияние температуры на водопотребность бетонной смеси, среднюю плотность и предел прочности при изгибе и сжатии.

Влияние температуры воды на пластичность газобетонной смеси тоже можно наблюдать в табл. 4.

В таблице приведены диаметры расплыва смесей по вискозиметру Суттарда. В 1-2 составах газобетона на основе золы и известняка-ракушечника (табл.3) по сравнению с предыдущими составами (табл.1, 2) с увеличением температуры воды затворения бетонная смесь ведет себя по- другому. При температуре 60°C водопотребность смеси



увеличивается и диаметр расплыва на приборе Сутгарда уменьшается в сравнении с температурой 20°C. Высокая температура воды затворения бетонной смеси увеличивает скорость образования продуктов гидратации цементного клинкера, так как из-за повышения температуры увеличивается концентрация $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В то же время горячая вода в отличии от холодной имеет свойство глубоко входить в «частицы» цемента и наполнителей. Поэтому для газобетонной смеси на основе дисперсных наполнителей как зола и известняк-ракушечник при температуре 60°C может потребоваться большее количество воды. Увеличение водотвердого соотношения приводит к снижению прочности и увеличению сроков твердения неавтоклавного газобетона[2,3].

В третьем составе с известняком-ракушечником и добавкой Polimix повышение температуры воды ведет к увеличению диаметра расплыва, если при 20°C он составлял 28 см., то при 60°C составил 32см. То есть бетонная смесь становится пластичной.

Влияние температуры воды затворения на среднюю плотность газобетона приведена в табл. 4.

Как видно из таблицы 4, показатели средней плотности газобетона при максимальной температуре воды затворения выше, чем при температуре воды 20°C. Для первого состава газобетона на основе золы, известняка-ракушечника и добавки Polimix в сочетании фибра плотность при $t=20^\circ\text{C}$ находится в пределах 0,760-820 г/см³. При $t=60^\circ\text{C}$ плотность находится в пределах 0,764-795 г/см³. Для газобетона на основе золы, известняка-ракушечника и добавки Polimix наименьшая плотность при $t=20^\circ\text{C}$ равна $\rho = 0,759$ г/см³ и $\rho = 0,762$ г/см³ при $t=60^\circ\text{C}$. В третьем составе газобетона на основе известняка-ракушечника и добавки Polimix в сочетании асбеста также плотность при $t=20^\circ\text{C}$ ниже чем при максимальной температуре и находится в пределах 0,745-761 г/см³. При $t=60^\circ\text{C}$ показатели плотности образцов газобетона находятся в пределах 0,752-794 г/см³. Как было уже сказано в образцах газобетона на основе золы и известняка-ракушечника (1-2 состав) максимальная температура воды затворения увеличивает водопотребность бетонной смеси, это в свою очередь приводит к повышению показателя плотности. Согласно опытным данным (рис. 4.5) оптимальной температурой для вспучивания газобетонной массы на основе известняка-ракушечника и добавки Polimix (состав 3) является температура 20° С. При данном температурном режиме поризация смеси происходит равномерно. С повышением температуры до 60°C процесс газообразования протекает более интенсивно, приводящей к слиянию мелких пор в более крупные в ячеистой макроструктуре бетона. В результате из-за разрушения уже сформировавшейся и начинающей твердеть макроструктуры средняя плотность увеличивается.

Предел прочности при сжатии для образцов неавтоклавного газобетона на основе золы, известняка-ракушечника и добавки Polimix в сочетании фибра (1 состав) имеют лучшие результаты при температуре воды затворения равной $t=20^\circ\text{C}$ При плотности 0,820 г/см³ $R_{сж} = 3,75\text{МПа}$, а для температуры $t=60^\circ\text{C}$ максимальный показатель $R_{сж} = 3,70\text{МПа}$ при плотности 0,775 г/см³. Во 2 и 3 составах газобетона предел прочности при сжатии при температуре воды затворения равной $t=60^\circ\text{C}$ выше чем при $t=20^\circ\text{C}$. Это объясняется более высокими показателями плотности образцов при температуре воды



затворения $t=60^{\circ}\text{C}$. В составе газобетона на основе золы, известняка-ракушечника и добавки Polimix (2 состав) при 20°C образцы имеют почти одинаковые показатели предела прочности при сжатии по сравнению с газобетоном при $t=60^{\circ}\text{C}$ при разных показателях плотности. При плотности минимальной температуры $\rho = 0,759 \text{ г/см}^3$ $R_{сж} = 2,85 \text{ МПа}$, а для максимальной температуры $R_{сж} = 2,80 \text{ МПа}$ при $\rho = 0,762 \text{ г/см}^3$. Во втором составе газобетона повышение температуры воды затворения ведет к снижению предела прочности при сжатии.

Максимальный показатель предела прочности при сжатии для образцов неавтоклавного газобетона на основе известняка-ракушечника и добавки Polimix (3 состав) равен $4,52 \text{ МПа}$ при $\rho = 0,764 \text{ г/см}^3$ для температуры 60°C . Для минимальной температуры 20°C максимальный предел прочности на сжатие равен $3,1 \text{ МПа}$ при $\rho = 0,761 \text{ г/см}^3$. В данном составе прирост прочности при температуре 60°C может быть обусловлен ускорением процесса гидратации портландцементного клинкера при высокой температуре.

Вывод:

Таким образом, установлена оптимальная температура воды затворения для приведенных составов (табл.3.) неавтоклавного газобетона. Эксперименты показали неэффективность повышения температуры воды затворения, так как оно приводит к увеличению скорости газообразования в бетонной смеси. При 20°C образцы газобетона имели показатели плотности ниже чем при 60°C , в которых происходит осадка бетона из-за скорости вспучивания. Для всех трех составов неавтоклавного газобетона на основе золы и известняка-ракушечника оптимальной температурой воды для затворения является температура равная 20°C . Разогрев воды требует дополнительных затрат, поэтому с экономической точки зрения минимальная температура является очень эффективной.

References:

1. Касимова М.Т. Температурный фактор в технологии производства фиброгазобетона [Текст] / М.Т. Касимова, Н.А. Дыйканбаева // Материалы международной научно-практической конференции «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения, посвященные памяти профессора А.П.Сапожникова», Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». 2014.-С. 280-285.
2. Turgunbayeva J.R., On the properties of filled plaster of Paris with metallurgical slag and plasticizing additive E3S Web of Conferences 264, 02027 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402027> CONMECHYDRO - 2021, 2021, pp. 1-6.
3. Makhamataliyev I.M., Turgunbayeva J.R., Turgunbayev U.J., Ruzmetov F.Sh. On the Influence of Polycarboxylate Superplasticizer Polimix on the Performance Properties of Gypsum Binder, Journal of Innovative Studies of Engineering Science (JISES) Volume: 01 Issue: 04 | 2022 ISSN: 2751-7578 <http://innosci.org/,pp.62-65>.
4. Turgunbaev U., Toxirov B. Influence of complex chemical additives on the rheological properties of cement paste and concrete mixture //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264. – С. 02020.



5. Turgunbaev U., Umirova M. High-strength concrete technology for manufacturing reinforced concrete sleepers from prestressed reinforced concrete //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – T. 264. – C. 02040.
6. Adilkhodjaev A., Kadyrov I., Rasulmukhamedov M. Research of porosity of a cement stone with a zeolite containing filler and a superplastic stificator //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – T. 264. – C. 02007.
7. Abdullaev U., Turgunbaev U. About the properties of ash-filled concrete and JV GLENIUMSKY 504 //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – T. 264. – C. 02036.