

Нелюбова В. В., канд. техн. наук, доц.,
Алтынник Н. И., мл. науч. сотр.,
Строкова В. В., д-р техн. наук, проф.,
Подгорный И. И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЯЧЕИСТОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО МОДИФИКАТОРА *

309991@mail.ru

В статье описаны особенности влияния добавки наноструктурированного модификатора на реотехнологические свойства ячеистобетонной формовочной смеси, в числе которых: газодерживающая способность, кинетика вспучивания, вязкость. НМ позволяет оптимизировать реотехнологические свойства ячеистобетонной смеси, что обеспечивает: плавный интенсивный процесс газообразования, прирост объема смеси и снижение времени вспучивания.

Ключевые слова: наноструктурированный модификатор, пористость, реология, формовочная смесь, газодерживающая способность.

В настоящее время газобетон автоклавного твердения является одним из наиболее востребованных строительных материалов. Тем не менее, для повышения его конкурентоспособности производители стремятся улучшать свойства газобетона, что предопределяет изучение этого вопроса различными научными коллективами [1–5]. Одним из способов повышения эксплуатационных характеристик строительных материалов является использование наносистем природного и техногенного происхождения.

Ячеистые бетоны представляют собой затвердевший искусственный камень с равномерно распределенными в нем порами, форма которых близка к сферической. Такая структура зависит от равномерности распределения газообразующих добавок в цементно-водной суспензии (шламе). Чем выше дисперсность порошкообразного газообразователя или чем ниже концентрация раствора жидкого газообразователя, тем равномернее он распределяется в цементно-водной суспензии. Равномерность распределения газообразователя является одной из гарантий получения мелкопористой равномерной структуры газобетонного изделия. Структуру газобетона определяет и правильно подобранная вязкость суспензии, в которой идет процесс разложения газообразующей добавки.

Следовательно, при правильно подобранной вязкости суспензии структура и величина пор в газобетонном изделии будут зависеть, в конечном итоге, от качественного перемешивания цементно-водной суспензии с газообразующей добавкой, особенно, если учесть, что количество последней относительно невелико.

Одной из важнейших операций, в процессе которой происходит формирование макроструктуры газобетона, в значительной мере опреде-

ляющей технико-эксплуатационные характеристики готового продукта, является формование.

Основным условием получения качественной ячеистобетонной смеси без каких-либо дефектов с порами правильной округлой формы является соответствие кинетики газовыделения изменению реологических характеристик формовочной смеси.

Реотехнологические характеристики поризованной смеси зависят от большого количества факторов: состав и дисперсность компонентов смеси, водотвердого соотношения, рН и температуры смеси и др.

В статье рассматривается влияние добавки наноструктурированного модификатора на кинетику структурообразования ячеистых композитов в доавтоклавный период.

Расчет состава ячеистобетонной смеси производили согласно СН 277–80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона». Наноструктурированный модификатор вводился в систему взамен цемента. Содержание модификатора составляло 0–50 с шагом 10 и 100 %.

Для проведения испытаний готовились ячеистобетонные смеси различного состава. После завершения перемешивания, смесь выливали в прозрачный сосуд, накрывали и выдерживали в камере тепловлажностной обработки до завершения процесса вспучивания. В процессе выдержки изучалась высота и время вспучивания, а также температура массива. Результаты испытаний приведены в таблице 1 и рисунке 1.

Как видно из полученных данных, увеличение содержания наноструктурированного модификатора в смеси способствует увеличению прироста ячеистобетонной смеси в процессе созревания массива в условиях тепловой выдержки. При этом образцы, в которых количество модификатора составляет более 30 %, характе-

ризуется более интенсивным приростом объема газобетона в начальные сроки (до 10 мин). Кроме того, данные образцы отличаются меньшим временем вспучивания и газовыделения. Объяс-

нением данного факта служит снижение плотности смеси за счет замены цемента на наноструктурированный модификатор.

Таблица 1

Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей в зависимости от содержания модификатора

Содержание модификатора, %	Прирост объема ячеистого бетона		Коэффициент вспучивания	Максимальная температура смеси, °С
	см ³	%		
Контрольный состав	70	46,7	1,47	58
10	70	46,7	1,47	60
20	70	46,7	1,47	56
30	80	53,3	1,53	58
40	80	53,3	1,53	60
50	80	53,3	1,53	56
100	100	66,7	1,67	57

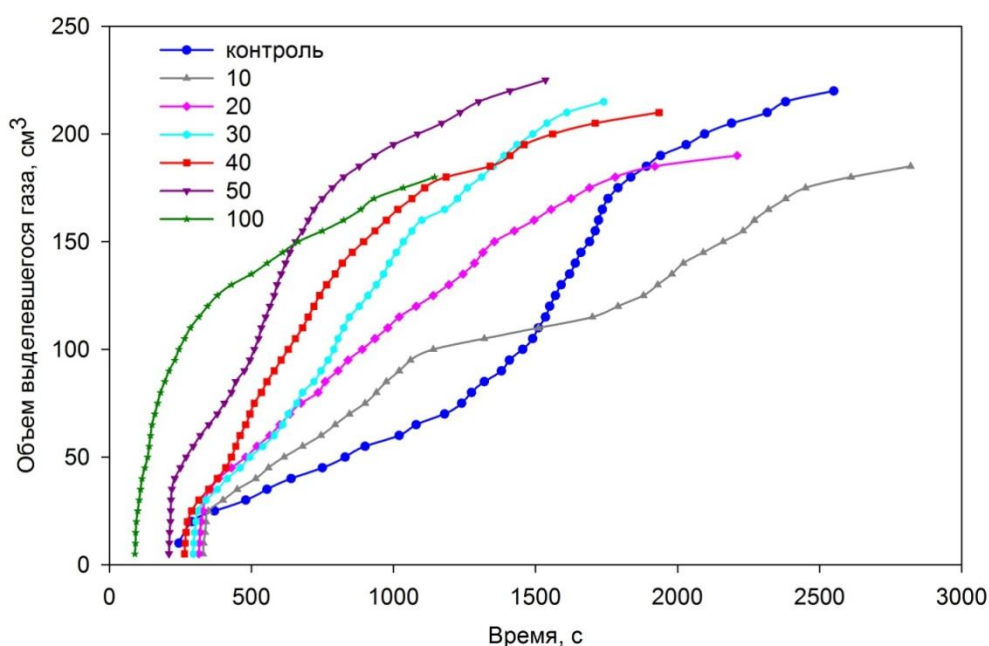


Рис. 1. Кинетика газовой выделенности газобетонной смеси в зависимости от содержания модификатора

Стоит отметить, что состав с полной заменой цемента на НМ отличается очень быстрым набором объема ячеистобетонной смеси. Процессы газовой выделенности и вспучивания заканчиваются через 15 минут. При этом прирост объема газобетона на 30 % выше по сравнению с составом на цементе. Это обусловлено более низкой плотностью кремнеземного компонента по сравнению с цементом (2650 и 3100 кг/м³ соответственно) с одной стороны, и дисперсностью компонентов ячеистобетонной смеси, в частности, цемента и НМ. Как было установлено ранее, в процессе получения модификатора в его структуре формируются коллоидные частицы кремнезема.

Газоудерживающая способность смеси напрямую зависит от вязкости системы. Введение в системы частиц, размер которых сопоставим с размерами тонко- или ультрадисперсных

частиц, приводит к увеличению вязкости и снижению подвижности системы. В связи с этим в работе изучались реологические характеристики газобетонных смесей в зависимости от содержания наноструктурированного модификатора в системе (рис. 2).

Анализ реологических характеристик суспензий формовочных смесей различного состава свидетельствует об идентичности характера течения. В частности, в области малых значений градиента скорости сдвига (до 50 с⁻¹) течение суспензий происходит при практически неразрушенной коагуляционной структуре, формируемой в результате гидратации вяжущих. При увеличении градиента скорости сдвига наблюдается падение пластической вязкости. Дальнейшее течение происходит при разрушенной коагуляционной структуре смесей с постоянной минимальной вязкостью.

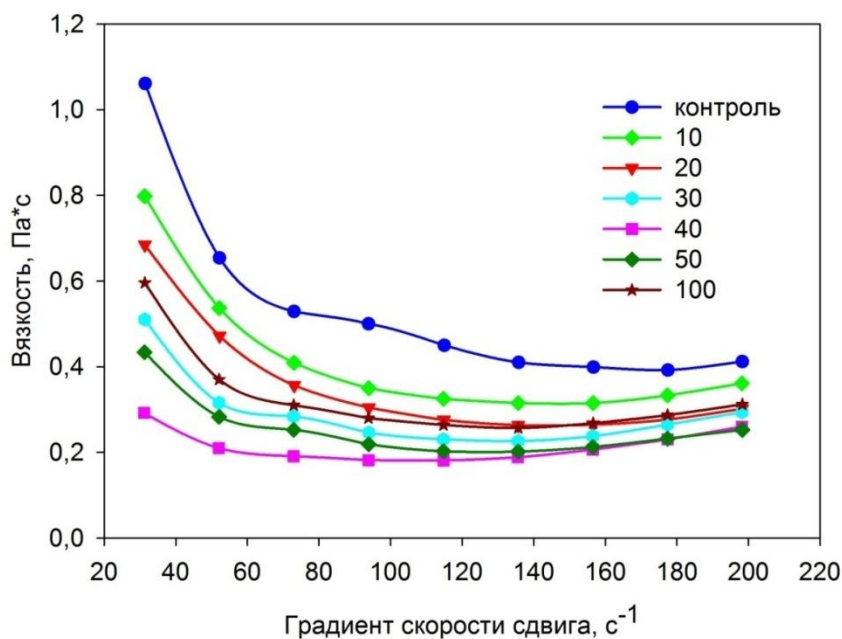


Рис. 2. Зависимость вязкости газобетонных смесей от состава при комнатной температуре

Отмечено, что максимальной начальной вязкостью характеризуется контрольный состав. Это обусловлено формированием прочной пространственной сетки из гелевых новообразований в процессе гидратации цемента. Введение наноструктурированного модификатора взамен цемента в состав ячеистобетонных смесей приводит к снижению начальной вязкости суспензий. При этом при содержании НМ в системе в

количестве 50 и 100 % наблюдается повышение вязкости в системе.

Известно, что повышение температуры смеси приводит к ускорению процессов набора прочности массива. В связи с этим были изучены реологические характеристики смесей при температуре, соответствующей температуре выдержки массивов (рис. 3).

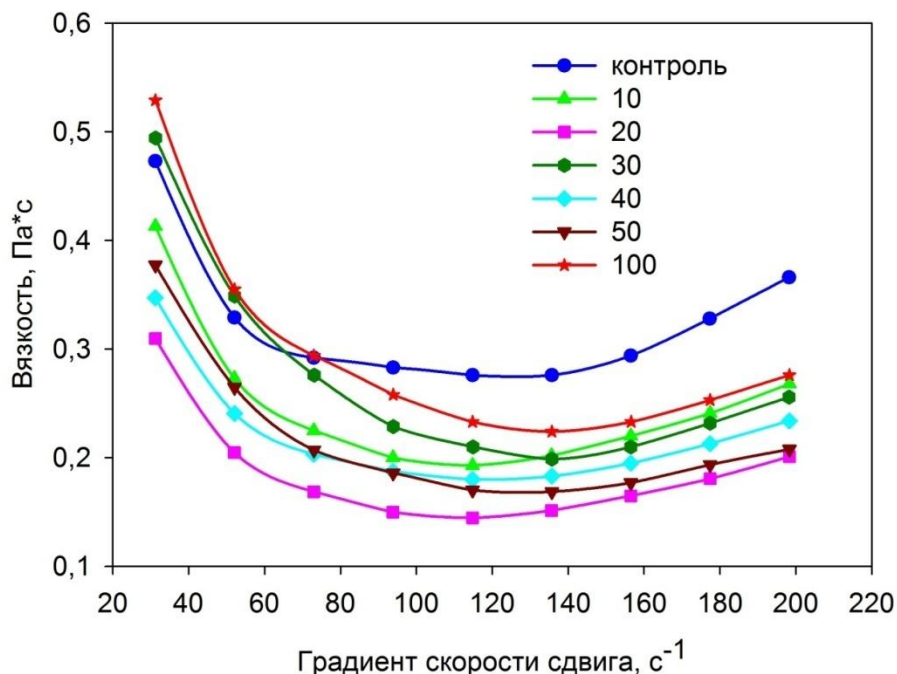


Рис. 3. Зависимость вязкости газобетонных смесей от состава при температуре созревания массивов

Установлено подобие течения кривых смесей, содержащих в своем составе наноструктурированный модификатор. Наблюдается постепенное снижение вязкости системы при увеличении градиента скорости сдвига с 20 до 120 с⁻¹.

При дальнейшем увеличении градиента вязкость системы повышается. Это связано со структурированием системы и формированием первичных новообразований. При этом смесь контрольного состава характеризуется максимальной конеч-

ной вязкостью. Это свидетельствует о высокой пластической прочности смеси. Данный факт может отрицательно сказаться на процессе резки массива: изделия будут получаться неправильной геометрической формы, а также с нарушением целостности конструкции. Кроме того, высокая вязкость смеси будет способствовать худшему вспучиванию смеси, что и отмечено ранее полученными данными (рис. 1).

Отмечена высокая начальная вязкость смесей с большим содержанием модификатора (более 30 %). Это связано с формированием прочной пространственной структуры в смеси за счет взаимодействия гидроксида кальция и высокоактивного компонента – наноструктурированного модификатора. При этом ячеистобетонная смесь с содержанием НМ в количестве 10 % характеризуется меньшей начальной пластической вязкостью по сравнению с контрольным и бесцементным составом. Это обусловлено формированием в системе оптимального количества тонкодисперсного активного компонента, способного вступать во взаимодействие с гидроксидом кальция без загущения системы, связанного с переизбытком коллоидной фракции в суспензии.

Таким образом, установлены особенности реотехнологических характеристик газобетонных смесей в зависимости от ее состава. Введение модификатора в систему позволяет повысить газодерживающую способность смесей. При этом обеспечивается плавный интенсивный процесс вспучивания смеси за меньшее время. Это связано со снижением вязкости суспензии, обусловленное формированием оптимального гранулометрического состава смеси и регулирования содержания в системе тонкодисперсного

высокоактивного кремнеземистого компонента. Все это в совокупности приведет к формированию равномерно поризованной системы с оптимальными прочностными технико-эксплуатационными характеристиками.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: программа стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; государственное задание 3.4601.2011.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 13–16.
2. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства автоклавных материалов // Известия вузов. Строительство. 2008. №9. С. 10–16.
3. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин // Известия вузов. Строительство. 2012. №5. С. 14–21.
4. Кафтаева М.В. Проблемы производства и применения автоклавных ячеистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №4. С. 32–35.
5. Кафтаева М.В., Рахимбаев Ш.М., Поспелова Е.А. Исследование фазового состава автоклавных ячеистых бетонов // Современные проблемы науки и образования. 2013. №5. С. 12.