

*Малахов Денис Алексеевич*

магистрант

*Машкин Николай Алексеевич*

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет»

г. Новосибирск, Новосибирская область

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА**

*Аннотация: в данной работе представлен литературный обзор, на основании которого выявлена перспектива применения технологии активирования в производстве неавтоклавного ячеистого бетона. В статье отмечается, что кавитационное воздействие в диспергаторе не только активирует цементное вяжущее, но и приводит к нагреву смеси до температур, благоприятных для пенообразования.*

*Ключевые слова: пенобетон, активирование, фиброволокно, механоактивация, кавитационное воздействие.*

Россия – страна, с суровыми экономическими и климатическими условиями, но тем не менее, изделия из ячеистых бетонов, наиболее адаптированы к этой реальности. Ячеистый бетон, применяется в двух разновидностях: автоклавный газобетон и неавтоклавный пенобетон.

Неавтоклавный пенобетон имеет замкнутую пористость. Допустимо утверждать, что поровая структура неавтоклавного пенобетона, может обеспечить прочность, равную или даже выше прочности автоклавного газобетона, при осуществлении одинаковой прочности материала межпоровых перегородок. Достижением такой прочности, может быть применение модифицирующих добавок и механоактивации вяжущего.

Механическая активация и диспергирование, влияют на поверхностные свойства минералов: происходит изменение физических и химических свойств

вещества. Объяснение этому, находится не только в увеличении удельной поверхности и уменьшении размеров частиц, но и в изменении структуры.

Данную разработку, исследования процессов кавитационной активации цементных суспензий в гидродинамическом диспергаторе, затрагивали многие научные деятели.

1. В научной статье Н.М. Красиникова и В.Г. Хозина, «Новый способ приготовления пенобетона», описывается новая технология приготовления неавтоклавного пенобетона, включающая предварительную комплексную механоактивацию смеси, состоящую из портландцемента, жидкого концентрата пенообразователя, наполнителя и водопонижающего реагента, с последующим затворением сухой смеси водой и смешением в скоростном смесителе. Преимуществом данного способа производства, является получение неавтоклавного пенобетона с малым В/Ц отношением (до 0,4) и с низкой усадкой. Сухая смесь не теряет своих свойств при продолжительном хранении (3 месяца), так как ПАВ в процессе механоактивации препятствуют образованию агломератов и гидратации цемента. Сравнение показателей пенобетона из сухой смеси и автоклавного газобетона представлены в таблице.

Таблица 1

Свойства пенобетона по новой технологии в сравнении со свойствами автоклавного газобетона и требованиями стандартов

Вид технологии	Свойства				
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Теплопроводность, Вт/м*К	Морозостойкость, цикл	Усадка, мм/м
Пенобетон из сухой активированной смеси	400	1,5	0,09	35	3,0
	600	3,5	0,1	50	2,5
Газобетон	400	2,0	0,095	25	–
	500	2,5	0,125	25	–
Требования ГОСТ 25485 для пенобетонов	400	0,7–1,1	0,1	не нормируется	не нормируется
Требования ГОСТ 25485 для газобетона	400	1,5–2,1	0,1	не нормируется	не нормируется

Требования по РМД 52-02-2006 для пенобетона	400	1,1	0,1	25	3,0
---	-----	-----	-----	----	-----

Из таблицы видно, что показатели пенобетона из сухой смеси, превышают нормативные значения и близки по свойствам к автоклавному газобетону.

2. На кафедре строительных материалов и специальных технологий Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), Алексеем Николаевичем Машкиным, рассмотрена технология «Активации цементного вяжущего в гидродинамическом диспергаторе и свойства бетона на его основе». Исследовался процесс кавитационной активации цементных суспензий в гидродинамическом диспергаторе для получения высококачественного тяжёлого бетона.

Исследовано изменением гранулометрического состава порошков кварцевого песка и волластонита. После обработки порошка волластонита в гидродинамическом диспергаторе, в течение 60 секунд, при концентрации водной суспензии 60% мас. происходит изменение его структуры и частичная аморфизация. Оптимальными параметрами активации цементной суспензии в гидродинамическом диспергаторе являются время обработки 50 секунд и концентрация суспензии 60% мас. Прочность мелкозернистого бетона на активированном цементе после 7 суток твердения достигает марочного значения для бетона того же состава на неактивированном вяжущем. После 28 суток нормального твердения прочность бетона на активированном вяжущем превышает прочность бетона на неактивированном вяжущем на 45%. Активация цемента в гидродинамическом диспергаторе, сокращает сроки его схватывания – начало на 40,7%, конец на 26,5%. Активность цемента повышается с 40,6 МПа до 53,2 МПа. Водоотделение снижается на 56,7%. Предлагаемые методы активации цемента позволяют снизить расчётные затраты на единицу стоимости товарной продукции на 19%. За счёт увеличения класса выпускаемого бетона.

3. В статье Н.А. Машкина, В.С. Молчанова, Н.Е. Зибницкой, И.И. Петрова (НГАСУ Сибстрин), «Активирование цементного вяжущего в технологии тяжё-

лого и ячеистого бетона для транспортного строительства», рассматриваются вопросы повышения качества бетона для транспортного строительства путём активации цементного вяжущего в гидродинамических диспергаторах. В НГАСУ (Сибстрин) были проведены эксперименты по использованию диспергаторов-активаторов при получении эффективных тяжелых и ячеистых бетонов. Подвергнутые кавитационным действиям цементные композиции приобретают более совершенную организацию структуры и улучшенные качественные характеристики.

В результате испытаний, были выбраны время кавитации и концентрация цемента в цементно-водной суспензии. Эксперименты, по активированию цементных вяжущих, осуществлялись в лабораторном термодинамическом диспергаторе-активаторе, который обеспечивает достаточно сильное кавитационное действие на обрабатываемый материал. Двигатель мощностью = 4.5 кВт, производительность = 1 м<sup>3</sup>/ч, объём кавитационной камеры = 1.7 л. В эксперименте варьировались время циклической обработки единичного объёма (1.7 л) суспензии в активаторе и массовая концентрация цемента в суспензии. Изменения концентрации в интервале от 20–70%, продолжительность обработки = от 15 до 55 секунд.

В результате, 28 – суточная прочность активированного при оптимальных параметрах бетона на 47% превышает прочность неактивированного бетона того же состава (30.2 МПа против 20.6 МПа). Бетон на активированном цементном вяжущем показал повышенную стойкость в агрессивных средах. Применении этой технологии в производстве неавтоклавного ячеистого бетона, довольно перспективно. Кавитационное действие в диспергаторе, не только активирует цементное вяжущее, но и приводит к нагреву смеси до температур, благоприятных для пенообразования. Стандартный неавтоклавный пенобетон плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> имеет показатели прочности 18–20 кгс/м<sup>2</sup>, то такой же плотности образцы на активированном цементном вяжущем – до 35 кгс/м<sup>2</sup>. Заполнителем может выступать как песок, так и молотые золошлаковые отходы.

*Рассмотрев, научные публикации и разработки учёных, на тему: «Активирование цементного вяжущего, в технологии тяжёлых и ячеистых бетонов», пришёл к следствию, возможного улучшения прочностных характеристик неавтоклавного пенобетона, благодаря применению, активации цементного вяжущего в гидродинамическом диспергаторе-активаторе.*

Технологический регламент производства неавтоклавного пенобетона на активированном цементном вяжущем включает в себя:

- характеристика вяжущего;
- характеристика заполнителя;
- характеристика пенообразователя;
- требования по дозированию, и смешиванию компонентов;
- характеристики оборудования;
- требования по уходу за пенобетоном, на стадии твердения и набора прочности.

Вяжущим веществом является цемент ЦЕМ I 42.5Б (М500Д0), Искитимского цементного завода (ОАО «Искитимцемент»). Этот цемент, отличается высокой степенью водостойкости, морозостойкости и долговечности, что особенно важно.

В качестве заполнителя, предполагается использование высококремнистой золы-уноса, с Новосибирской электростанции ТЭЦ-5. ( $\text{SiO}_2 = 55.5 - 65.5\%$ ;  $\text{CaO} = 1.0 - 10.0\%$ ).

Зола уноса, на 100% замещает песок, и до 30% заменяет цемент. С помощью применения золы, можно получать изделия меньшей плотности, чем на песке при той же прочности.

Использование качественного и недорогого Итальянского пенообразователя GreenFroth V (производится в Италии с 2013 года, поставки в Россию с мая 2015 года). GreenFroth V производится из растительного белка. Позволяет производить пенобетон плотностью от 200 до 1600 кг/куб.м. Пенообразователь протеиновый, позволяет получить лучшие характеристики по вспениванию и устойчивости, в отличии от синтетических.

Таблица 2

Для пенообразователя GreenFroth V (растительный белок, Италия)

<i>Плотность пенобетона в сухом состоянии.</i>	400	500	600	800	1000	1200
Песок (до 2 мм, содержание глины не более 2%).	–	100	210	400	560	750
Цемент марки М500Д0	300	300	310	320	350	360
Вода для приготовления раствора	170	170	180	190	200	210
Вода для приготовления пены.	40	40	30	30	20	20
Количество пены (литров)	810	750	680	550	430	310
Количество пенообразователя, кг	1,2	1,2	0,9	0,9	0,6	0,6
Вес сырой пенобетонной массы, кг	510	610	730	940	1130	1340

В производстве неавтоклавного пенобетона используется обычная питьевая или техническая вода. Вода должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732–79.

Для повышения трещиностойкости, для защиты от деформаций и от разрушения разрывающих нагрузок, применим полипропиленовое фиброволокно, выступающее в качестве армирования пенобетона. Фиброволокно, добавленное в цементный раствор, многократно улучшает его качество. На стадии укладки, полипропиленовая фибра, поглощает силу натяжения, контролирует выход воды из раствора, тем самым, позволяет бетону, развить высокую прочность.

*Таким образом*, применяя технологию активирования цементного вяжущего в гидродинамическом диспергаторе-активаторе, мы приближаемся к своей главной цели, сокращению расхода цемента и увеличению прочностных характеристик неавтоклавного пенобетона. Более того, замещая такой заполнитель как песок, на золу-уноса, мы снова повышаем прочность пеноблоков, и уменьшаем затраты цемента до 30%. Использование полипропиленовой фибры, позволит осуществить, более качественное сцепление раствора. А использование Итальянского пенообразователя GreenFroth V, сможет сократить затраты цементного вяжущего.

### ***Список литературы***

1. Исследование процесса активирования цемента в гидродинамическом диспергаторе: Научное издание / Г.И. Бердов, А.Н. Машкин // Изв. вузов. Стро. – 2007. – №2. – С. 37–41.

2. Машкин А.Н. Активация цементно-вяжущего в гидродинамическом диспергаторе и свойства бетона на его основе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.Н. Машкин. – Новосибирск.: НГАСУ, 2009.
3. Активирование цементного вяжущего в технологии тяжёлого и ячеистого бетона для транспортного строительства / Н.А. Машкин, В.С. Молчанов, Н.Е. Зибницкая, И.И. Петров. – Новосибирск: НГАСУ, 2015.
4. Совалов И.Г. Методы активации цементов и влияние активации на свойства бетонов / И.Г. Совалов. – М.: ЦБТИ НИИОМТП, 1963. – 41 с.