

# **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И СОЗДАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗОБЕТОНА**

**В.Н. Хмелев, С.Н. Цыганок, С.С. Хмелев, Д.В. Генне, Ю.М. Кузовников,  
А.В. Пономарев**

*Бийский технологический институт (филиал) АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Бийск  
Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Иркутск*

Статья посвящена вопросам построения методики проведения экспериментов и реализации лабораторной установки для исследования влияния высокоинтенсивных ультразвуковых колебаний на процесс получения газобетона и его прочностные характеристики.

*Ключевые слова: ультразвук, газобетон.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время, из-за роста цен на энергоносители, как никогда остро стоит вопрос энергосбережения. В связи с этим, одной из наиболее перспективных задач, стоящих перед учеными, инженерами и технологами является создание новых теплоизоляционных материалов, а также улучшение свойств уже существующих.

Одним из таких материалов является газобетон, представляющий собой легкий, прочный, просто обрабатываемый строительный материал уже достаточно давно известный, но вместе с тем только приобретающий свою популярность в условиях современных реалий разумного расходования энергоресурсов и рационального природопользования.

Поскольку газобетон представляет собой смесь нескольких компонентов, связывающихся между собой в процессе твердения, для изучения и улучшения его свойств важным является, как рассмотрение влияния каждого компонента в отдельности, так и смеси в целом, а также технологического процесса смешения.

Важнейшую роль в смесеобразовании играет размер частиц исходных компонентов, их дисперсность. Задача ученых и исследователей, занимающихся смесительной аппаратурой спроектировать оборудование, как можно приближеннее к модели аппарата идеального смешения. Поэтому важно разрабатывать и внедрять технологии и средства, интенсифицирующие процесс смесеобразования.

Одной из таких технологий является использование высокоинтенсивного ультразвукового воздействия, позволяющего существенно ускорить массообмен в области вблизи излучателя за счет образования и схлопывания кавитационных парогазовых пузырей, интенсивных микроструй и конвективных потоков.

В технологии бетона многие исследования посвящены вопросам механической и механохимической активации, как исходных компонентов, так и готовой смеси. При этом достигается существенная интенсификация процессов твердения, увеличение прочности и улучшение ряда других свойств.

Целью данного исследования является анализ литературных источников, разработка методики проведения экспериментов и создание необходимого для этого оборудования для изучения влияния ультразвукового воздействия на процесс подготовки исходных компонентов, смесеобразования и производства газобетона в целом.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Структурообразование ячеистобетонных смесей, если понимать под этим термином изменение их макрореологических свойств, начинается сразу после приготовления смесей и обуславливается в случае газобетонных смесей в основном приростом распределенной в виде пор газовой фазы, а в случае газосиликатных смесей происходит также заметное структурообразование межпоровой дисперсионной среды [1].

При виброактивации увеличивается число коллоидных частиц в смеси, более равномерно распределяется вода между зёрнами цемента. Эффект виброактивации, по мнению большинства исследователей, особенно ощущается в первые сутки твердения, когда прочность образцов может повышаться до 30-40% [2].

Степень повышения прочности бетона, достигаемая в результате вибросмешивания, в зависимости от вида цемента, качества заполнителей, состава и подвижности смеси может составлять 17-32%.

Активация бетонной смеси достигается также при турбулентном перемешивании, основанном на создании высоких градиентов скоростей.

При высокоинтенсивном смешивании частицы многократно соударяются, в результате повышаются однородность и равномерное распределение компонентов, степень смачивания цемента, имеет место физическое и химическое диспергирование, сдирание экранирующих гидросульфоалюминатных пленок с клинкерных частиц и обнажаются новые активные центры их поверхности. Также достигается ускорение и увеличение степени гидратации цемента, повышается прочность цементного камня.

Интенсификация процесса упрочнения бетона достигается комплексным воздействием акустического поля и повышенной температуры. Сочетание активации с предварительным разогревом позволяет примерно в 1,5 раза увеличить 28-суточную прочность бетона [3-5].

Таким образом, в целях изучения возможности интенсификации процесса затвердевания ячеистых бетонов перспективным направлением является исследование влияния высокоинтенсивных колебаний ультразвуковой частоты на различных стадиях технологического процесса.

#### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для осуществления многосторонних исследований возможности и целесообразности применения ультразвукового воздействия с целью ускорения процесса твердения газобетона и улучшения его механических свойств, необходимо:

- изучить влияние высокоинтенсивных акустических колебаний ультразвуковой частоты на характер распределения размеров частиц исходных компонентов газобетонной смеси с целью уменьшения их размеров и увеличения дисперсности;

- исследовать влияние ультразвукового воздействия на смесь компонентов для получения газобетона и оценить время твердения газобетонной смеси, прочность готовых блоков и однородность внутренней ячеистой структуры.

Контроль размеров компонентов газобетонной смеси необходимо осуществлять с использованием оптических средств измерений.

Однородность получаемого газобетона и характер изменений его механических свойств требуется фиксировать с помощью средств неразрушающего контроля, а также исследуя воздействие регулируемого усилия сжатия.

#### ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СОЗДАНИЕ УСТАНОВКИ

В качестве оборудования для осуществления высокоинтенсивной обработки акустическими колебаниями ультразвуковой частоты малых объемов дис-

персных систем с жидкой фазой был выбран ультразвуковой аппарат серии "Волна" модель УЗТА-0,4/22-ОМ (потребляемая электрическая мощность – 400 ВА, частота ультразвуковых колебаний – 22 кГц и интенсивность воздействия – не менее 10 Вт/см<sup>2</sup>), разработанный в ООО "Центр ультразвуковых технологий" г. Бийск и предназначенный для интенсификации технологических процессов в жидкостях и дисперсных системах с жидкой фазой (рис. 1).



Рис. 1. Ультразвуковой аппарат серии "Волна" модель УЗТА-0,4/22-ОМ

([http://u-sonic.ru/devices/volna\\_v1](http://u-sonic.ru/devices/volna_v1))

Для целей обработки дисперсных систем с жидкой фазой больших объемов необходимо использовать ультразвуковой аппарат серии "Волна-М" модель УЗТА-1/22-ОМ (потребляемая электрическая мощность – 1000 ВА, частота ультразвуковых колебаний – 22 кГц и интенсивность воздействия – не менее 10 Вт/см<sup>2</sup>) разработанный в ООО "Центр ультразвуковых технологий" г. Бийск (рис. 2).



Рис. 2. Ультразвуковой аппарат серии "Волна-М" модель УЗТА-1/22-ОМ

([http://u-sonic.ru/devices/volna\\_m2](http://u-sonic.ru/devices/volna_m2))

Для контроля потребляемой мощности выбранного ультразвукового оборудования и оценки интенсивности вводимых ультразвуковых колебаний был выбран анализатор качества электроснабжения МТ1010 производства фирмы «МОТЕСН».

С целью наиболее точного воспроизведения параметров технологического процесса поризации и высушивания газобетонной смеси была изготовлена установка, состоящая из сушильной камеры, предназначенной для поддержания температуры 36-38°C и ударной установки, с помощью которой осуществляется подбрасывание формы с газобетонной смесью и ее опускание каждые 10–15 секунд в течение 24 минут для целей интенсификации процесса увеличения объема блока (рис. 3).



Рис. 3. Установка для получения образцов газобетона

Контроль и поддержание температуры в сушильной камере запланировано производить с помощью нагревательного элемента мощностью 100 Вт, управляемого микроконтроллером Atmega48 производства фирмы Atmel на основании анализа информации о температуре внутри камеры, поступающей с датчика DS18B20 производства фирмы Dallas Semiconductor.

Ударная установка была реализована с использованием пневмоцилиндра Camozzi 61M2P032A0050, пневмораспределителя Camozzi 354-015-02, а также воздушного компрессора ABAC Pole Position OL 231. Работа ударной установки автоматизирована с использованием упомянутого ранее микроконтроллера Atmega48, формирующего управляющие импульсы для открытия электромагнитного пневматического клапана.

Для реализации технологического процесса обработки газобетона на ударной установке были изготовлены две формы: объемом 1 литр для осуществления оценочных опытов и объемом 3 литра для получения образцов газобетона по предложенной методике. В ходе экспериментов необходимо производить жесткое закрепление формы на пневмоцилиндре.

Для оптического контроля размеров и дисперсности частиц обрабатываемого сырья был выбран оптический микроскоп "Микмед-6" производства фирмы "ЛОМО" с возможностью осуществления фоторегистрации.

Для оценки качества образцов газобетона был выбран ультразвуковой дефектоскоп УК-10ПМ, предназначенный для контроля качества и прочности бетона.

Для контроля предела прочности на сжатие получаемых образцов газобетона была изготовлена установка на базе пневмоцилиндра Camozzi 61M2P080A0075 жестко закрепленного на вертикальной станине с упором внизу (рис. 4).



Рис. 4. Установка для испытания прочности на сжатие образцов газобетона

С помощью созданной установки можно создавать давление до 0,6 МПа. Этого давления прогнозируемо достаточно для испытания полученных образцов газобетона.

Для исследования температуры компонентов и их смеси в процессе экспериментов были выбраны: инфракрасный пирометр «CENTER352» для бесконтактных оценочных измерений. Для точного контроля температуры был использован ртутный термометр.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы была разработана методика и создана установка для изучения эффективности использования высокоинтенсивного ультразвукового воздействия для целей обработки исходных компонентов и их смеси в процессе получения газобетона.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Солодовник А.Б., Куннос Г.Я. Применение модели двухфазной среды для описания поведения бетонной смеси. — Исследования по механике строительных материалов и конструкций, 1969, вып. 4, с. 63—72 (Рига).
2. Рейнер М. Реология. М., 1965. 366 с.
3. Вейлер С.Я., Ребиндер П.А. Исследование упруго пластичных свойств и тиксотропии дисперсных систем. — «ДАН», 1945, т. 49, № 5, с. 711—716.
4. Горяйнов К.Э., Куннос Г.Я., Земцов Д.Г. О реологических свойствах ячеистых смесей. — Межвуз. научно-техн. конф. по силикатным материалам. Краткое содержание доклада. Воронеж, 1964, с. 44—56.

5. Солодовник А.Б., Куннос Г.Я. Модель изменения пористости вспученной двухфазной среды. – Исследования по механике строительных материалов и конструкций, 1970, вып. 5, с. 15–21 (Рига).

*Хмелев Владимир Николаевич – д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе, Бийский технологический институт (филиал) ГОУВПО АлтГТУ, тел. (3854)432581, e-mail: vnh@bti.secna.ru.*

*Цыганок Сергей Николаевич – к.т.н., доцент, начальник лаборатории, Бийский технологический институт (филиал) ГОУВПО АлтГТУ, тел. (3854)432570, e-mail: grey@bti.secna.ru*

*Хмелев Сергей Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ГОУВПО АлтГТУ, тел. (3854)432571, e-mail: ssh@bti.secna.ru.*

*Генне Дмитрий Владимирович – ведущий инженер лаборатории кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ГОУВПО АлтГТУ, тел. (3854)432571, e-mail: gdv@bti.secna.ru.*

*Кузовников Юрий Михайлович – к.т.н., доцент кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ГОУВПО АлтГТУ, тел. (3854)432571, e-mail: kuzovnikov@bti.secna.ru.*

*Пономарев Алексей Владимирович – аспирант кафедры физики, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, тел. 8964-110-12-33, e-mail: alex@alit.su*