

## ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

М.Н. Баев, Ю.В. Щукина, А.С.Денисов, В.Ф. Хританков

*Представлены результаты исследования возможности получения сверхлегкого неавтоклавного теплоизоляционного пенобетона с применением природных тонкодисперсных минеральных наполнителей и создания сухого пенообразователя на минеральном носителе*

*Ключевые слова: сухой пенообразователь, неавтоклавный пенобетон, минеральные наполнители.*

### ВВЕДЕНИЕ

При создании энергосберегающих и экологически чистых ограждающих конструкций должны использоваться нейтральные и долговечные строительные материалы, способные обеспечивать конструкциям надежность, безопасность и экономичность в эксплуатации, а также благоприятный микроклимат в помещениях. Указанным требованиям в большей мере удовлетворяет пенобетон средней плотности  $400...600 \text{ кг/м}^3$  в однослойных конструкциях и  $100...200 \text{ кг/м}^3$  в качестве эффективного утеплителя – в многослойных. Теплоизоляционный пенобетон при такой плотности, имея достаточную транспортную и монтажную прочность, при стабильном производстве способен конкурировать с пенополистерольными, пенполиуретановыми и минераловатными утеплителями, широко применяемыми в настоящее время в наружных стеновых и плитах покрытий.

Стабильно получать неавтоклавный пенобетон средней плотностью ниже  $250 \text{ кг/м}^3$  затруднительно из-за неустойчивости и распадаемости пеномассы даже при небольшой высоте формируемых изделий, тем более при монолитном бетонировании стен на всю их высоту. Прочность такого пенобетона недопустимо мала ( $<0,1 \text{ МПа}$ ). Для исключения технологических факторов при производстве пенобетона возникает необходимость разработки сухой строительной смеси. Сложность такой разработки состоит в том, что пенообразователь для пенобетона производится в жидком виде.

Целью данной работы было получение сухой смеси для производства неавтоклавного теплоизоляционного пенобетона. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: исследование влияния разных пенообразователей и мине-

ральных добавок на плотность, структуру и прочностные характеристики пенобетона, выявить оптимальное сочетание пенообразователя и минеральной добавки; разработать состав сухого пенообразователя на основе минеральных носителей.

Проведенный аналитический обзор литературы показал, что структура пены определяет дальнейшие свойства пеномассы и готового пенобетона. Одной из наиболее важных характеристик пены является ее кратность. Низкократные пены (кратность до 5) характеризуются сферической формой пор, отсутствием жесткого структурного каркаса и текучестью, обусловленной наличием свободной, не перешедшей в адсорбционные слои, жидкой фазы. Истечение последней (синерезис) определяет нестабильность этих пен после приготовления. У пены средней кратности (от 5 до 10) объем вовлеченного воздуха составляет примерно 75-80%, что соответствует теоретическому значению пустотности системы с плотнейшей упаковкой соприкасающихся сферических пор одинакового размера. Пены данной кратности имеют относительно толстые пленки, особенно в зонах между узлами, где их толщина повышается в несколько раз. Теоретически этот фактор позволяет вести бездефектную минерализацию последних зернами мелкого наполнителя и гидравлического вяжущего, что достигается за счет стеснения и закрепления зерен наполнителя и вяжущего в пленках пузырька и в центре межузлия в процессе перемешивания без «прорезки» стенок пор и деформации пузырька [1]. Для увеличения стойкости такой пены целесообразно использовать природные тонкодисперсные минеральные порошки, такие как каолин или бентонит.

Бентонитовые глины давно и успешно используются в стабилизации буровых и тампонажных растворов. При определенных условиях бентонитовая глина, состоящая из частиц порядка 1 мк и способная расслаиваться на чрезвычайно тонкие чешуйки, показывает отчетливые тиксотропные свойства, т. е. способность под влиянием механического воздействия, например встряхивания или размешивания, разжижаться и переходить из гелеобразного состояния в состояние суспензии. После прекращения действия причины, вызывающей тиксотропное превращение, система постепенно застывает, вновь переходя в гель.

В США исследователем Спенсом было установлено, что добавка до 1% бентонита увеличивает в портландцементе его механическую прочность.

#### СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: ПЦ 400 Д 20 (Голухинского цементного завода), соответствующий требованиям ГОСТ; белковые пенообразователи Foamset (Италия), Reniment SB 31 L (Германия); минеральные добавки (бентонит, каолин, мел).

Для оценки физико-механических характеристик формовался массив пенобетона размерами 20x30x60 см, далее из него выпиливались образцы-кубы 10x10x10 см, которые твердели в нормальных условиях и ис-

пытывались на прочность при сжатии на 3, 14, 28 суток. Пена и цементный раствор готовились отдельно. Концентрация рабочего раствора пенообразователя 3%.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе оценивалось влияние белковых пенообразователей и минеральных добавок на свойства пенобетона. Лучшие результаты приведены на рисунке 1. Из рисунка 1 видно, что образцы на основе ПЦ с пенообразующей добавкой Foamset показывают наибольшие прочностные показатели к 28 суткам нормального твердения.

Также следует отметить, что контрольные составы наряду с высокой прочностью обладают высокой степенью расслоения массива по средней плотности, имеют рыхлую структуру с крупными порами.

На втором этапе минеральные носители с оптимальной дозировкой смешивались с пеноконцентратами и высушивались при температуре 60°C для получения сухого пенообразователя.

В ходе исследования выявлено, что использование ПЦ в качестве минерального носителя делает невозможным получение теплоизоляционного пенобетона из-за низкой кратности получаемой пены.

На рисунке 2 представлена кинетика набора прочности теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона, произведенного из сухого пенообразователя.

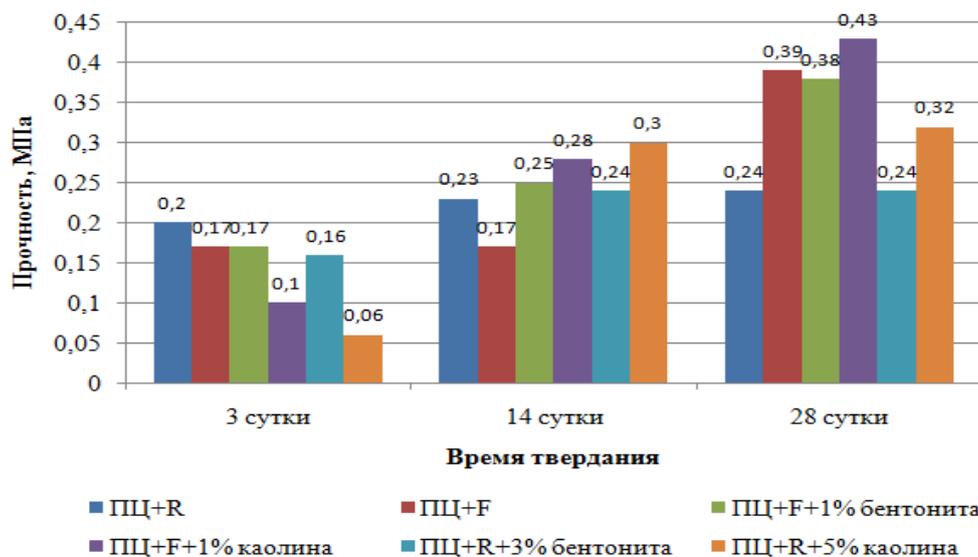


Рисунок 1 – Кинетика набора прочности неавтоклавного пенобетона плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> с добавками бентонита и каолина

## ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

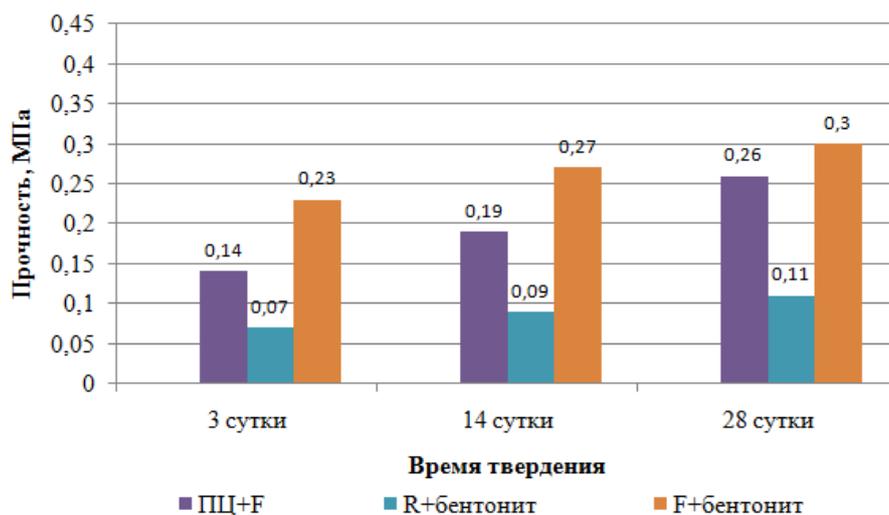


Рисунок 2 – Кинетика набора прочности теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона плотности  $200 \text{ кг/м}^3$ , произведенного из сухого пенообразователя

В качестве контрольных составов показаны образцы изготовленные по классической технологии. Как видно из рисунка 2, пенобетон изготовленный из сухого пенообразователя на основе Фоамсет и бентонита обладает высокой прочностью на ранних сроках твердения, а на поздних сроках практически не уступает контрольным составам. Данный состав позволяет полностью избавиться от всех негативных факторов и получать неавтоклавный теплоизоляционный пенобетон со стабильными технологическими характеристиками.

### ВЫВОДЫ

1. Применение природных тонкодисперсных минеральных наполнителей позволяет получать легкий неавтоклавный теплоизоляционный пенобетон плотностью  $200 \text{ кг/м}^3$ .

2. Для цементного вяжущего с пенообразователем Фоамсет и Reniment установлен оптимум по минеральным добавкам, который составляет: для бентонита 1% и 3% по массе вяжущего соответственно; а для каолина 3% и 5% по массе вяжущего соответственно. При этих количествах минеральной добавки возможно получить пенобетон плотностью  $200 \text{ кг/м}^3$  с прочностью при сжатии на 28 сутки твердения равной 0,4 МПа;

3. Разработан способ получения сухого пенообразователя путем абсорбции на минеральном порошке и последующей сушки, для использования его в составе сухой смеси для производстве неавтоклавного пенобетона на пенообразователе с высокими технологическими характеристиками.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев Д.А. Пенобетон для ограждающих конструкций с повышенной стабильностью параметров качества // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – Томск, 2005. – С. 23.
2. Тихомиров, В. К. Пены. Теория и практика их получения и применения / В. К. Тихомиров [текст]. – М: Химия, 1983 – 264 с.
3. Шахова Л.Д., Повышение эффективности производства неавтоклавных пенобетонов с заданными свойствами // автореферат диссертации на получение ученой степени, 2007.

**Баев М.Н.** – аспирант, **Щукина Ю.В.** – к.т.н., доцент, Алтайский государственный технический университет, E-mail: [mbayov@mail.ru](mailto:mbayov@mail.ru); **Денисов А.С.** – д.т.н., профессор, **Хританков В.Ф.** – д.т.н., профессор, Новосибирский государственный аграрный университет.