

## **ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

Осуществляемая в настоящее время в России научно-техническая политика направлена на внедрение наиболее эффективных конструктивных систем для объектов строительства. Особенно актуально это стало после принятия в 2009 году закона № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Основной целью принятия закона являлось проведение обязательных энергетических обследований строительных объектов и различных производств, для обеспечения всемерной экономии энергетических ресурсов. При этом применение энергоэффективных (теплосберегающих) материалов и изделий для ограждающих конструкций является приоритетным при возведении и реконструкции зданий. К таким материалам можно отнести изделия из ячеистого бетона.

Ячеистый бетон – искусственный материал, полученный в результате твердения поризованной смеси, состоящей из вяжущих материалов, тонкодисперсного кремнеземистого компонента, воды и порообразователя. Ячеистые бетоны на 50 – 85 % состоят из воздушных пор.

Образование ячеистой структуры бетонов происходит при помощи пены или газа и называются они соответственно пено- и газобетоны. При одном и том же способе изготовления пено- и газобетоны имеют схожие физико-механические и эксплуатационные показатели, а так же области применения. По способу обработки ячеистые бетоны делятся на бетоны автоклавного и неавтоклавного твердения. Эти бетоны имеют значительно отличающиеся друг от друга свойства.

Неавтоклавным способом обычно производят пено- и газобетоны, изготавливаемые на цементном вяжущем, с тепловой обработкой в пропарочных камерах или при помощи парогенераторов.

Достоинства неавтоклавных бетонов состоят в том, что они являются экологически чистыми минеральными веществами, обладающими относительной стойкостью к воде, так как изготавливаются на вяжущем гидратационного твердения – цементе.

Другим достоинством этих бетонов является то, что можно получить достаточно низкие плотности: D 250 – D 500, но при этом добиться однородности плотности и свойств внутри структуры бетона очень сложно. Особенно этот показатель проявляется в пенобетонах, при применении в их производстве неустойчивых пен. Другим недостатком неавтоклавных ячеистых бетонов является то обстоятельство, что они обладают низкими прочностными свойствами, а это немаловажно при необходимости возведения зданий с несущими стенами из этого материала. В соответствии с требованиями ГОСТ 25485 – 89, конструкционно-теплоизоляционными по прочности могут быть только бетоны класса по средней плотности D 600 и выше. Так, плотности 500 кг/м<sup>3</sup> может соответствовать максимальная прочность 2 МПа. Кроме того, технология производства пено- и газобетонов неавтоклавного твердения не позволяет обеспечить высокую точность геометрических параметров и качество внешнего вида.

Ячеистые бетоны автоклавного твердения, изготавливаемые по резательным технологиям лишены многих из этих недостатков. Так, например, бетоны класса по плотности D 400 и D 500 можно получить прочностью классов от B 1,5 до B 5 и выше, в зависимости от качества сырьевых компонентов, правильности подбора составов бетона и других технологических параметров. Бетоны классами по плотности D 350, D 400 уже получают прочностью до 3,5 МПа и это еще не предел.

Однако ячеистые бетоны автоклавного твердения имеют свои недостатки. Так как они изготавливаются с применением воздушных вяжущих: известь и гипс (используемый в подавляющем большинстве технологий), они боятся прямого и особенно длительного воздействия воды. Поэтому бетоны подлежат обязательной защите от действия влаги.

За счет повышенной проницаемости, поверхности стен из ячеистого бетона могут регулировать температурно-влажностный климат в помещениях, т.е. «забирать» или «отдавать» парциальную влагу.

В зависимости от составов бетонных смесей, при одних и тех же плотностях, автоклавные газобетоны, можно получать различных прочностей. На графике (рис. 1) показана область возможных прочностных характеристик автоклавных ячеистых бетонов, полученная по приводимым в научных источниках [1 – 4] и собственным исследованиям авторов [5]. Границы, показанные на графике актуальны по состоянию на сегодняшний день. С развитием науки и технологии они могут быть значительно расширены в сторону повышения прочности уже в ближайшие годы. Учеными страны, в том числе и авторами настоящей статьи, ведется интенсивная работа в этом направлении.

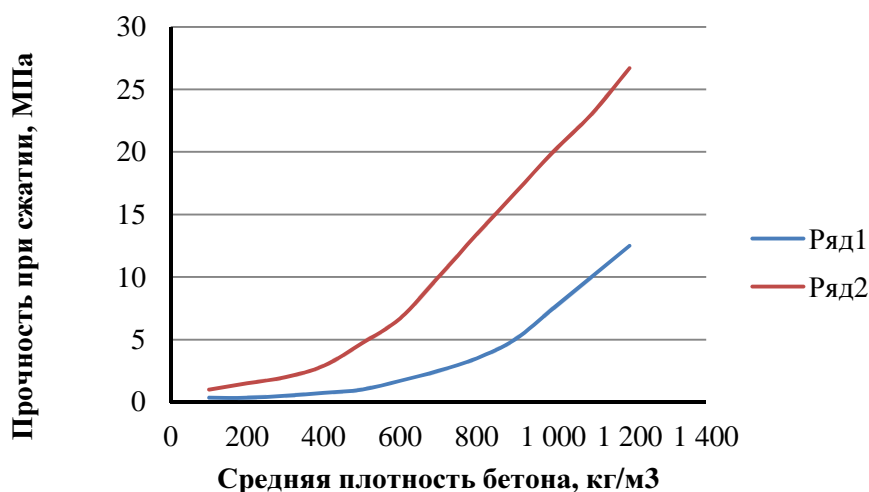


Рис. 1 – Границы возможных прочностных характеристик ячеистых бетонов различных плотностей

ряд 1 – граница минимальных значений прочностных параметров ячеистых бетонов;

ряд 2 – верхняя граница возможных показателей прочности ячеистых бетонов

На основании изложенного, мы абсолютно уверены, что в ближайшие годы ячеистые бетоны, имеющие плотность 400, а возможно и 300 кг/м<sup>3</sup> можно будет причислять к конструкционно-теплоизоляционным [3 – 6].

Ячеистые бетоны автоклавного твердения обладают улучшенными по сравнению другими бетонами теплоизоляционными свойствами и повышенной паропроницаемостью. Коэффициенты теплопроводности и паропроницаемости бетонов в зависимости от средней плотности указаны в нормативной (ГОСТ 31359 – 2007) и справочной литературе.

По данным стандарта были построены графики зависимости коэффициентов теплопроводности и паропроницаемости от плотности газобетона и, при помощи специальных возможностей программы Excel выведены формулы линий тренда (рис. 2).

График зависимости коэффициента теплопроводности от средней плотности наиболее соответствует степенной функции:

$$y = 0,0002 x^{0,9943}$$

Зависимость коэффициента паропроницаемости от средней плотности соответствует полиномиальной зависимости следующего вида:

$$y = 2E-0,7 x^2 - 0,0005 x + 0,3826.$$

Достоверность аппроксимации графиков –  $R^2=0,9995$  и  $R^2=0,9945$  соответственно.

Как видно, наиболее достоверно выведенные формулы подходят для диапазона плотностей 200 – 500 кг/м<sup>3</sup>. Именно эти значения плотностей и являются наиболее актуальными для новых конструкционно-теплоизоляционных материалов.

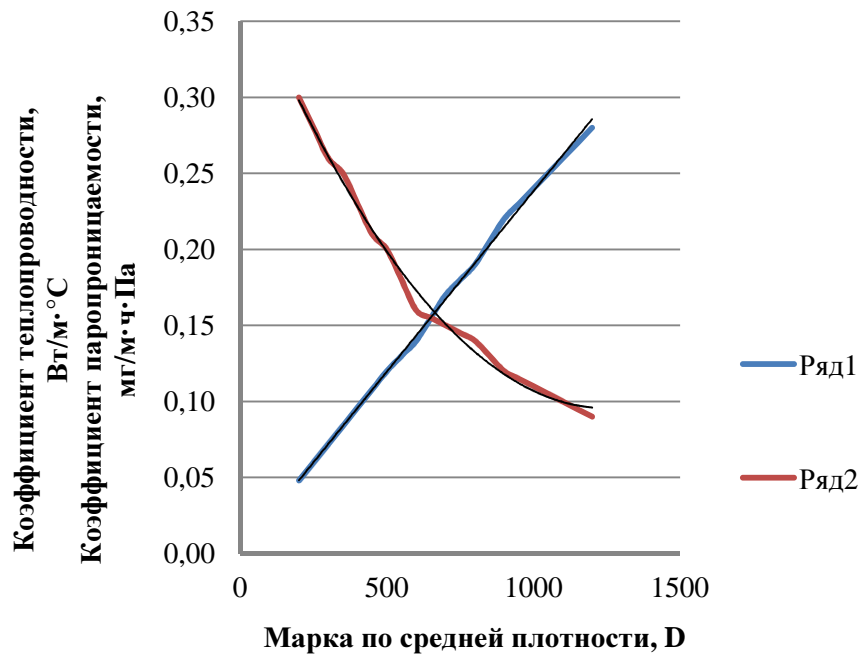


Рис. 2 – Зависимости коэффициентов теплопроводности и паропроницаемости от средней плотности газобетона (ось ординат: для ряда 1 – коэффициент теплопроводности Вт/м·°С; для ряда 2 – коэффициент паропроницаемости)

Зависимость «плотность – паропроницаемость» наиболее достоверна в пределах плотностей бетонов от 200 до 550 кг/м<sup>3</sup>, зависимость «плотность – теплопроводность» – в пределах всего рассматриваемого интервала плотностей.

В результате проведенных авторами многочисленных исследований установлено [4], что если фактическая средняя плотность бетона в сухом состоянии 500 кг/м<sup>3</sup>, то при проведении испытаний по стандартным методикам ГОСТ 7076 – 99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме» коэффициент теплопроводности материала получается выше требуемого по нормативу значения, т.е. > 0,12 Вт/м°С. Поэтому, для соответствия требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» необходимо, чтобы средняя плотность бетона в сухом состоянии не превышала значения 495 кг/м<sup>3</sup>. Это же требование должно выполняться и для других плотностей ячеистых бетонов.

Стандартные методики определения коэффициента теплопроводности разработаны для различных состояний бетона:

- высушенного до постоянной массы (при этом влажность может колебаться в широких пределах от 0 до 4 %);
- во влажном состоянии;

– при влажности 4 и 5 % (значения, указанные в ГОСТ 31360 – 2007).

По опыту производства и большого количества проведенных экспериментов установлено, что для устранения разночтений все испытания, в том числе определение средней плотности бетонов, необходимо проводить только в сухом состоянии, так как получать стабильную фиксированную влажность в бетонах из-за многофакторности их качества, невозможно. При этом, рекомендуем использовать следующую методику.

Образцы-кубы высушиваются в сушильном шкафу при стандартной температуре в течение не менее чем 24 часа. Затем, на прессе, определяется прочность образцов при сжатии. Один из испытанных образцов дробится на кусочки крупностью не более 5 мм (как в методике ГОСТ 12730.2-78). Из подготовленного таким образом материала отбирается усредненная представительная проба (масса – 20 - 25 грамм), которая тонко измельчается в ступке. Проба досушивается, определяется ее остаточная влажность любым из существующих методов. В соответствии с проведенными определениями вычисляется фактическая влажность образца и вводится поправка на прочность бетона по ГОСТ 10180–90. Таким образом определяются прочность и влажность бетонов при постоянных условиях. Именно такие измерения позволяют получать наиболее достоверные фактические результаты.

#### Библиографический список

1. *Кудряшев, И.Т.* Автоклавные ячеистые бетоны и их применение в строительстве / И.Т. Кудряшев // М.: Госстройиздат. – 1940. – 63 с.
2. *Трамбовецкий, В.П.* Ячеистый бетон в современном строительстве / В.П. Трамбовецкий // Технологии бетонов. – 2007. – № 2 (13). – С. 30 – 31.
3. *Сажнев, Н. П.* Производство ячеистобетонных изделий: теория и практика / Н.П. Сажнев [и др.]. – 3-е изд., доп. и перераб. // – Минск: Стринко, 2010. – 464 с.
4. *Чернов, А. Н.* Прочность ячеистого бетона как функция его плотности / А. Н. Чернов, С. А. Самардак // в сб. статей Ячеистые бетоны в строительстве – М.: Изд-во журнала Популярное бетоноведение, 2010. – 383 с.
5. *Кафтаева, М.В.* Проблемы производства и применения автоклавных ячеистых бетонов / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, № 4. – 2011. – С. 33 – 35.
6. *Захарченко, П.В.* Конструкционно-теплоизоляционный ячеистый бетон автоклавного твердения плотностью 300 кг/м<sup>3</sup> / П.В. Захарченко, Н.А. Дюжилова, Д.Г. Рудченко // Будівельні матеріали, виробі та санітарна техніка. Наук. – тех. збір. Випуск 40. – 2011. – С. 116 – 121.