

## **ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСТВОРНОЙ ЧАСТИ ПЕНОКЕРАМЗИТОБЕТОНА**

Сушицкая Т.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры), Сушицкий Э.Б. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

**В статье приведена разработанная методика и результаты экспериментов по исследованию основных показателей качества растворной части пенокерамзитобетона.**

В процессе разработки рецептуры и технологии пенокерамзитобетона на основе известсодержащего вяжущего неавтоклавного твердения были проведены исследования по оптимизации растворной части пенокерамзитобетона, а именно пенобетона мелкопористой структуры на различных видах вяжущего.

По традиционной технологии приготовление пенобетонной смеси осуществляется в два этапа. На первом этапе в пеногенераторе готовят пену из водной эмульсии порообразователя. На втором этапе сухие составляющие перемешивают с водой, затем добавляют в смесь приготовленную пену, перемешивают и полученный раствор выгружают в расходный бункер. Такая двухстадийная схема приготовления смеси обладает рядом недостатков, в том числе усложнение оборудования, трудность точной дозировки пены, возможность гашения пены при перемешивании ее с растворной частью, а также получение крупнопористой структуры при взбивании пены. Этих недостатков можно избежать при одностадийной технологии разработанной на кафедре ПСК ОГАСА под руководством Л.А. Кузнецова.

По разработанной технологии пенобетонную смесь готовят в лопастном скоростном смесителе. Конструкция смесителя позволяет получить качественную пенобетонную массу при следующей последовательности загрузки компонентов.

Вначале сухие компоненты перемешиваются с водой, а затем добавляют рабочий раствор пенообразователя и смесь перемешивается в течение 5...8 минут.

Качество пористой структуры при формовании зависит от интенсивности перемешивания растворной смеси. Высокоинтенсивное перемешивание обеспечивает активацию пенообразователя, его однородное распределение по

массе и образование пены в растворе за счет воздухововлечения, что положительно сказывается на газодерживающей способности смеси.

При выборе оптимального состава пенобетона важное значение имеет водотвердое отношение (В/Т), которое зависит от консистенции смеси. При малом значении В/Т исходная смесь не обладает достаточной вязкостью, нет условий для формирования однородной мелкозернистой структуры, так как часть воздуха может локализоваться в отдельных местах изделия, создавая крупные пустоты и каверны, а часть вырывается на поверхность. В результате повышается плотность пенобетона, снижается коэффициент использования порообразователя, уменьшается прочность из-за образования неоднородной крупнопористой структуры.

По мере увеличения количества воды вязкость смеси снижается, порообразование происходит интенсивнее. В результате чего уменьшается плотность пенобетона.

При оптимальном В/Т повышается прочность благодаря приближению формы пор от кавернообразованной к сферической, а также увеличивается коэффициент использования порообразователя.

Увеличение В/Т сверх оптимального значительно снижает вязкость, наблюдается водоотделение, интенсивное выделение вовлеченного воздуха с поверхности. В результате этого плотность смеси увеличивается, уменьшается коэффициент использования порообразователя и устойчивость структуры. Эксперименты показали, что оптимальное В/Т близко к величине предельной вододерживающей способности цементного теста ( $K_p$ ). По И.Н. Ахвердову для различных сортов и видов вяжущего  $K_p$  можно определить по формуле:

$$K_p = 1,65 \text{ Н.Г.}, \quad (1)$$

где Н.Г. – нормальная плотность цементного теста, определяемая по стандартной методике.

Нормальная плотность вяжущего для приготовления ячеистых бетонов зависит от тонкости помола вяжущего и кремнеземистого компонента, а также от вида кремнеземистого компонента. При использовании различных видов цемента и кремнеземистых компонентов нормальная плотность может изменяться в пределах от 0,23 до 0,32, следовательно, оптимальное В/Т для ячеистых бетонов, может колебаться от 0,38 до 0,53. По предложенной формуле можно ориентировочно определить оптимальное В/Т, а затем уточнить его экспериментально, принимая в качестве оптимизации коэффициент использования порообразователя и др. свойства ячеистого бетона. Показатели качества пенобетона при прочих равных условиях зависят от объема вовлеченного воздуха и характера дифференциальной пористости. По общепринятым положениям различают следующие виды пор:

- а) поры, образующиеся вследствие вовлечения воздуха;

б) капиллярные поры;

в) поры геля цементного теста;

г) контракционные поры, образующиеся в результате уменьшения объема гидратных новообразований по сравнению с объемом исходных компонентов.

В наших исследованиях для вычисления пор различных размеров разработана методика, базирующаяся на современных представлениях о формировании структуры твердеющих цементов и бетонов.

В экспериментах использовали различные сырьевые материалы, в том числе портландцемент М 500, шлакопортландцемент М 400 и клинкерный цемент Одесского цементного завода, а также Криворожский молотый металлургический шлак, зола-унос Ладыжинской ГРЭС и молотый кварцевый песок.

Удельная поверхность молотых компонентов изменялась в пределах от 2500 до 5000 см<sup>2</sup>/г.

В качестве порообразователя использовали СДО и эффективный пенообразователь "К-2000". В процессе экспериментов был получен пенобетон плотностью в сухом состоянии от 500 до 1200 кг/м<sup>3</sup> при прочности от 1,2 до 16 МПа.

Для оценки качества пенобетона вычисляли следующие показатели пористости.

– объем вовлеченного воздуха  $V_v$ , л/м<sup>3</sup>:

$$V_v = 1000 - \gamma_{см} \frac{1/\gamma_{ч} + B/T}{1 + B/T}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{см}$  – экспериментальное значение плотности пенобетонной смеси после формования,

$B/T$  – водотвердое отношение,

$\gamma_{ч}$  – плотность вяжущего с учетом плотности кремнеземистого компонента.

– плотность пенобетона в сухом состоянии, кг/м<sup>3</sup>:

$$\gamma_{сух} = \frac{Kc\gamma_{см}}{1 + B/T}, \quad (3)$$

где  $Kc$  – коэффициент, учитывающий количество связанной (неиспаряемой) воды, который зависит от вида вяжущего, количества кремнеземистого компонента, режима твердения и может находиться в пределах 1,05...1,15.

– общая пористость:

$$n_0 = 1 - \left( \frac{K_c}{B/T} \right) 100\% \quad (4)$$

При этом не учитывается объем концентрационных пор.

Кроме того, рассчитывали объем капиллярной, гелевой и контракционной пористости и оценивали эффективность использования порообразователя ( $K_i$ ), который вычисляли, как отношение объема вовлеченного воздуха к расходу порообразователя в расчете на  $1\text{ м}^3$ .

Преимущество разработанной методики заключается в том, что для определения плотности бетона в сухом состоянии, а также показателей структуры, характеризующих качество ячеистого бетона можно использовать одну экспериментальную величину, а именно плотность свежееотформованного пенобетона. Ее можно определить сразу после изготовления ячеистого бетона. Экспериментами подтверждено достаточно хорошая сходимость расчетных и экспериментальных результатов.

Предложенные формулы позволяют для различных вяжущих подобрать состав пенобетона (оптимальное  $B/T$  и максимальный коэффициент использования порообразователя), рассчитать необходимое количество пенообразователя для получения ячеистого бетона требуемой плотности в сухом состоянии и оперативно вносить корректировки в состав бетона.

Установлено, что при равной плотности рабочего раствора пенообразователя ( $1,03\text{ г/см}^3$ ) выход пены для пенообразователя "К-2000" составляет в среднем  $40\text{ л/кг}$ , в то время как для СДО этот показатель равен  $30\text{...}40\text{ л/м}^3$ . Несмотря на то, что стоимость "К-2000" в 6 раз превышает стоимость СДО, его целесообразно применять, так как расход пенообразователя "К-2000" в  $10\text{...}12$  раз меньше, чем СДО. В конечном счете это дает экономию себестоимости изделия около  $5\text{...}7\text{ гр/м}^3$ .

Экспериментально подтверждено, что по сравнению с пенобетоном изготовленным по традиционной технологии, одностадийная технология приготовления пенобетона в скоростном смесителе разработанной конструкции позволяет получить более совершенную мелкопористую структуру порового пространства с значительно меньшим размером средних пор. Это повышает основные физико-механические свойства, коэффициент конструктивного качества (ККК), а также снижает теплопроводность на  $10\text{...}20\%$  при равной плотности. Средняя прочность полученного пенобетона выше, чем нормируется ДСТУ БВ. 2.7-45-96 для неавтоклавного пенобетона и соответствует среднему значению для автоклавного пенобетона, причем коэффициент конструктивного качества значительно увеличивается по сравнению с традиционной технологией.

## Литература.

1. Ахвердов И.Н. Высокопрочный бетон. М.: Гостройиздат, 1961.
2. Баранов А.Т., Бахтияров К.И. Влияние основных технологических факторов на свойства ячеистого бетона. Технология и заводское изготовление бетонов сб. научн. трудов НИИЖБ М.: Госстройиздат, 1963.
3. Кауфман Б.Н. Теплопроводность строительных материалов М.: Гостройиздат, 1955.
4. Кузнецов Л.А., Репьев Э.Н., Сидоренко В.Т. и др. Пеносиликатные бетоны безавтоклавного твердения Инф. лист № 84-22 Одесса, 1984.
5. Сушицкая Т.А. Неавтоклавный беспесчаный пенокерамзитосиликат МОК'37 Одесса, 1998.