

Н.П. БЛЕЩИК, д-р техн. наук, БелНИИС,  
М.Г. ЛАЗАРАШВИЛИ, директор ОАО «Завод керамзитового гравия  
г. Новолукомль» (Республика Беларусь)

## Технология производства изделий из крупнопористого легкого бетона

В промышленности строительных материалов Республики Беларусь с середины прошлого века используются крупнопористые бетоны на основе легкого заполнителя — керамзитового гравия (в основном фракции 10–20 мм и 5–10 мм) для изготовления ограждающих панелей. В последнее время широкое применение получила практика использования мелкоштучных изделий для заполнения наружных ограждений зданий каркасного типа, а также возведения домов усадебного типа. По нашему мнению, одним из наиболее перспективных материалов для производства подобных работ являются камни керамзитобетонные крупнопористые, в которых заполнителем является керамзитовый гравий фракции 4–8 мм насыпной плотностью 350 кг/м<sup>3</sup>, изготовленный по СТБ ЕН 13055-1–2003. С 2003 г. такой заполнитель выпускается ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» с показателями прочности 2 МПа, теплопроводности 0,11 Вт/(м·°С). Выпуск керамзита фракции 4–8 мм в 2004 г. прогнозируется в объеме свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> с возможностью увеличения производства к 2006 г. до 400–450 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Использование заполнителя фракции 4–8 мм, а не традиционно применяемой в производстве блоков фракции 5–10 мм обусловлено тем, что трудности технологии производства крупнопористого бетона и изделий из него связаны главным образом с непостоянством значения суммарной площади поверхности зерен заполнителя. Это вызвано неоднородностью различных партий заполнителя по внутризерновому составу и коэффициенту формы зерна. Даже при строгом соблюдении всех нормативно-технических документов суммарная площадь поверхности партий заполнителя фракции 5–10 мм колеблется в пределах 20%, а ненормируемый коэффициент формы зерна — в пределах 1,35–1,5. Для керамзита фракции 4–8 мм характерна более окатанная, близкая к сферической форма со средним коэффициентом формы зерна 1,15–1,25 и соответственно со сниженной вариативностью суммарной площади поверхности партий заполнителя до 10%. В пользу применения керамзита фракции 4–8 мм говорят и данные исследований специалистов американской компании «BESSER», которые пришли к выводу, что при производстве щелевых блоков оптимальное соотношение ширины межщелевого размера к среднему диаметру зерна должно быть равно 2,5.

Особенностью легких заполнителей является различная фактическая насыпная плотность партий в пределах одной марки, что очень важно учитывать при изготовлении крупнопористого бетона на традиционно используемом оборудовании с весовыми дозаторами, которое установлено на большинстве предприятий — производителей изделий из керамзитобетона. Весовое дозирование при естественной вариации свойств запол-

нителя означает, что на каждый замес будет дано различное объемное количество заполнителя и выход крупнопористого бетона будет различным. Это ведет к большим погрешностям в расходовании цемента. Как показывает наш опыт работы, если коэффициент вариации насыпной плотности керамзита составляет 12%, то при точном его весовом дозировании возможно превышение расхода цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона до 30%.

В цехе по производству керамзитобетонных блоков ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» применен объемно-весовой метод дозирования компонентов смеси: объемное — гравий керамзитовый и вода, весовое — цемент. Модернизация дозирующего оборудования серийно выпускаемого растворобетонного узла на базе смесителя принудительного действия ПСБ-500 позволило значительно стабилизировать состав и свойства приготавливаемого крупнопористого бетона.

Оптимальная технология приготовления крупнопористого керамзитобетона с использованием заполнителя фракции 4–8 мм и цемента М500-ДО исходя из опыта работы состоит из следующих операций. В бетоносмеситель первоначально подается керамзит и вода, причем воду предпочтительнее вводить многоточечно для более быстрого и равномерного водонасыщения заполнителя. Процесс перемешивания длится 150 с. Это время обусловлено скоростью водопоглощения керамзита — 90%-ное водонасыщение наступает в течение 110–130 с в зависимости от насыпной плотности керамзита. Далее в бетоносмеситель подается цемент и процесс перемешивания продолжается еще 120 с, после чего готовая смесь подается в приемный бункер вибропресса. Приготовленная таким образом рабочая смесь сохраняет свои технологические свойства для формирования изделий методом полусухого вибропрессования в течение 12–15 мин.

Принятая технология изготовления крупнопористого керамзитобетона принципиально отличается от традиционных технологий тем, что цемент и заполнитель не смешиваются с водой в процессе приготовления керамзитобетонной смеси. Необходимость отказа от традиционной технологии обусловлена невозможностью прогнозировать истинное водоцементное отношение цементного теста из-за неопределенности процесса поглощения воды керамзитом, а также из-за невозможности прогнозировать распределение цементного теста, идущего на обмазку зерен заполнителя и заполнение межзернового пространства.

Принятая технология обуславливает и пределы содержания всех компонентов керамзитобетонной смеси. Объемное содержание керамзита в изделиях должно равняться объему изделия, умноженному на коэффициент уплотнения при вибропрессовании, который в зависимости от содержания цемента, внутризернового

состава керамзита, коэффициента формы зерна может находиться в пределах 1,15–1,2. Следовательно, для получения 1 м<sup>3</sup> уплотненного керамзитобетона необходимо ввести 1,15–1,2 м<sup>3</sup> керамзита.

Количество воды, необходимой для полного водонасыщения керамзита, зависит от его насыпной плотности и водопоглощения  $W$ . В частности, при водопоглощении керамзита, равном 14%, с насыпной плотностью 350 кг/м<sup>3</sup> необходимое количество воды составит 56–59 кг на 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона.

Возможные пределы содержания цемента в керамзитобетоне зависят от толщины обмазки зерен керамзита цементным тестом  $\delta_T$ , которая может составлять 100–200 мкм. По литературным данным, минимальная толщина цементного теста вокруг зерен заполнителя в зоне их контакта составляет около 13 мкм. Следовательно, необходимый объем цементного теста  $V_T$  может определяться по формуле

$$V_T = S_{\text{общ}} \cdot \delta_T, \quad (1)$$

где  $S_{\text{общ}}$  — общая поверхность керамзита в 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона, которая зависит от площади поверхности среднестатистического зерна керамзита и количества зерен в указанном объеме.

Для фракций керамзита 5–10 мм можно приближенно принять шарообразную форму зерна радиусом  $r_k = 3,75$  мм. Поверхность зерна  $S_1$  при этом составит:

$$S_1 = 4\pi r_k^2 \quad (2)$$

и количество зерен керамзита  $N$  в его абсолютном объеме  $V_a$  будет равно

$$N = \frac{V_a}{\frac{4}{3}\pi r_k^3}. \quad (3)$$

Абсолютный объем керамзита в 1 м<sup>3</sup> уплотненного керамзитобетона определяется его межзерновой пустотностью, которая равна пустотности керамзита в насыпном состоянии, деленной на коэффициент уплотнения, равный 1,15–1,2. Пустотность керамзита марки П 75 в насыпном состоянии составляет 0,38 и соответственно в уплотненном состоянии 0,32. Тогда абсолютный объем керамзита в 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона будет равен

$$V_a = 1(1-0,32) = 0,68 \text{ м}^3.$$

Определим общую поверхность керамзита в 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона

$$S_{\text{общ}} = S_1 \cdot N = \frac{3V_a}{r_k}. \quad (4)$$

Объем теста, необходимого на обмазку зерен керамзита, составит:

$$V_T = S_{\text{общ}} \cdot \delta_T = 2,04 \frac{\delta_T}{r_k}. \quad (5)$$

Содержание цемента в объеме цементного теста приближенно может определяться по формуле Н.П. Блещика:

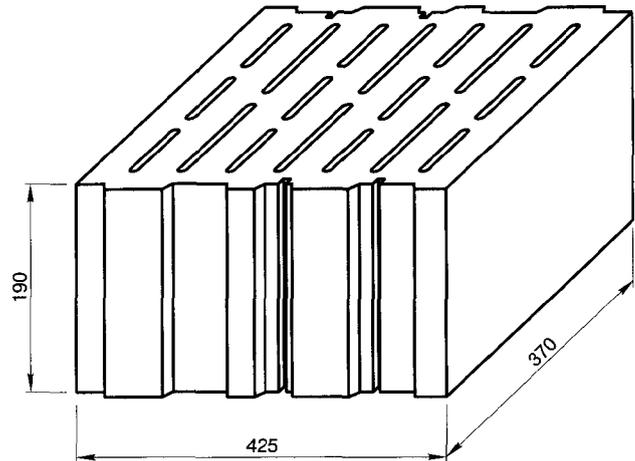
$$\text{Ц} = \frac{V_T \cdot 10^3}{0,32 + \text{В/Ц}} = \frac{2,04 \cdot 10^3}{0,32 + \text{В/Ц}} \cdot \frac{\delta_T}{r_k}. \quad (6)$$

Водоцементное отношение цементного теста (В/Ц), соответствующее его максимальному адсорбционному водонасыщению, равно 0,876  $K_{н.г}$ . Принимая  $K_{н.г} = 0,27$ , содержание цемента определим по формуле:

$$\text{Ц} = \frac{2,04 \cdot 10^3}{0,32 + 0,876 \cdot 0,27} \cdot \frac{\delta_T}{r_k} = \frac{3,66 \cdot \delta_T \cdot 10^3}{r_k}. \quad (7)$$

При  $\delta_T = 100$  мкм и  $r_k = 3,75$  мм приближенное содержание цемента будет равно 97,6 кг/м<sup>3</sup> и при  $\delta_T = 200$  мкм — 195,2 кг/м<sup>3</sup>.

Теплотехнические характеристики	Тип блока		
	7-щелевой	13-щелевой	15-щелевой
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,139	0,11	0,108
Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> ·°С/Вт	3,1	4,05	4,08



Камни бетонные стеновые из легкого бетона с пустотами рядовые ТермоКомфорт (1КБОР-ЛЦП-М1.4.2, 1КБОР-ЛЦП-М.2.4.2, 1КБОР-ЛЦП-М4.4.2)

Следовательно, при постановке опытов по определению рационального содержания цемента его количество следует варьировать в пределах 100–200 кг/м<sup>3</sup>. Содержание воды при водопоглощении керамзита  $W = 14\%$  может находиться в пределах: для керамзита с насыпной плотностью 350 кг/м<sup>3</sup> — 55–60 кг/м<sup>3</sup> и для насыпной плотности 400 кг/м<sup>3</sup> — 65–70 кг/м<sup>3</sup>.

Свойства бетона, получаемые по данной технологии, уникальны. Однако существующие конструкции керамзитобетонных блоков не позволяют полностью использовать свойства самого бетона.

Действующие в Республике Беларусь нормы по сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций (СНБ 2.04.01–97 табл. 5.1) и тенденции к их ужесточению потребовали пересмотреть подход к конструкции мелкоштучных керамзитобетонных блоков. Так, известные ранее блоки с пустотностью 25–50%, а также полнотелые изделия имеют коэффициент теплопроводности не ниже 0,25 Вт/(м·°С). Снизить теплопотери при том же составе формовочной смеси позволяет изготовление многощелевых (7–15 щелей) блоков с максимальным размером ширины щели 10 мм по направлению теплового потока и пустотностью 7–9%, а также применение тычковой грани имеющей профиль паз-гребень, позволяющий исключить использование кладочного раствора в вертикальном шве, что препятствует образованию вертикального мостика холода. Точная геометрия плоскостей блоков позволяет вести их укладку не только на обычные цементно-песчаные растворы, но и на клеевые смеси или на наиболее часто применяемый в настоящее время кладочный теплый раствор на основе керамзитового песка, при этом толщина слоя раствора составляет 10–12 мм. Характерной особенностью укладки блоков на раствор является выполнение при помощи специального приспособления двух полос раствора заданного размера по высоте 10 мм и ширине 100 мм с образованием в толще шва замкнутой воздушной щели-прослойки, являющейся также тепловым замком. Немаловажным аргументом в

пользу предлагаемой технологии является и снижение расхода строительного раствора в 2,5–3 раза по сравнению с традиционными способами кладки.

Все вышесказанное нашло воплощение в конструкции блока ТермоКомфорт (рис. 1), производство которого освоено на ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль», ОАО «Минскжелезобетон», ОАО «Гродножилстрой», СП «Беламкан».

Результаты проведенных ОИОСК УП «Институт БелНИИС», испытательным центром НПУ ОАО «Стройкомплекс» испытаний по определению сопротивления теплопередаче фрагмента однослойной наружной стены толщиной 425 мм из блока ТермоКомфорт, изготовленного на разных предприятиях Республики Беларусь, приведены в таблице.

Блок имеет следующие физико-технические характеристики: прочность при сжатии  $30,84 \text{ кг/см}^2$ ; масса не превышает 30 кг (фактическая масса 1КБОР-ЛЦП-М4.4.2 16–18 кг); средняя плотность в сухом и влажном состоянии составила 600 и  $620 \text{ кг/м}^3$ , что соответствует требованиям СТБ 1008-95 значения. Категория бетонной поверхности соответствует 7 – невидимой в условиях эксплуатации. Сопротивление воздухопроницанию стены толщиной 440 мм со штукатуркой на внутренней поверхности и заполнением горизонтальных швов раствором составило, по экспериментальным данным,  $96,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}$  при  $\Delta p = 10 \text{ Па}$ , что значительно превышает нормативные  $70 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/к}$  для стен из кирпича или легкого бетонных камней толщиной 250 мм и более со штукатурным слоем на наружной и внутренней поверхностях. Огнестойкость фрагмента стены толщиной 425 мм на цементно-песчаном кладочном растворе без штукатурки при нагреве поверхности до  $1065^\circ\text{C}$  составила 180 мин без потери несущей способности и целостности конструкции, что соответствует пределу RE-180 и отвечает

требованиям ГОСТ 30247.0–94 и ГОСТ 30247.1–94. Индекс изоляции воздушного шума кладки из бетонных стеновых камней 1КБОР-ЛЦП-М4.4.2. (толщина кладки 425 мм, затирка поверхности кладки известково-песчаным раствором с двух сторон) составляет  $R_w = 55 \text{ дБ}$ .

Приведенные характеристики керамзитобетонных блоков соответствуют требованиям нормативных документов. С учетом свойств повышенной комфортности полученного материала, а также степени долговечности в Беларуси проявляется повышенный спрос со стороны заказчиков. Уже в 2004 г. будут введены в эксплуатацию несколько 12-, 14-этажных домов каркасного типа и десятки многоквартирных жилых домов, построенных с использованием керамзитовых блоков.

Пока в Республике Беларусь это только начало. Однако в качестве примера можно привести тенденции развития рынка стеновых материалов в странах Балтии. В 1996 г. в Эстонии недалеко от города Пярну шведской компанией LESA был построен завод по производству керамзита мощностью 400 тыс.  $\text{м}^3$  в год и завод по производству керамзитобетонных блоков мощностью 240 тыс.  $\text{м}^3$  в год. На сегодняшний день заводы работают в полную мощность, а керамзитобетонные блоки в Эстонии составляют 80% рынка стеновых материалов. В 2004 г. той же компанией введен в эксплуатацию завод по производству керамзитобетонных блоков в Литве (г. Шяуляй), ориентированный на поставку керамзита из Беларуси. В 2004 г. объем поставок составит 50 тыс.  $\text{м}^3$ , а на 2005 г. планируется 150 тыс.  $\text{м}^3$ . В 2006 г. планируется ввести в эксплуатацию такой же завод в Латвии недалеко от Риги. Керамзитобетонные блоки, производимые на данных заводах, хотя и уступают по техническим характеристикам белорусским, уже по достоинству оценены прибалтийскими строителями.



**КЕРАМЗИТ**  
Новолукомль  **Novolukoml**  
**КЕРАМЗИТ**

ОАО «ЗАВОД КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ г. НОВОЛУКОМЛЬ»

ISO 9001:2000

**Керамзит – тепло- и звукоизоляционный материал**  
Коэффициент теплопроводности  $0,1-0,11 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$

**Керамзитобетонные блоки «ТермоКомфорт» – новый стеновой материал**  
Коэффициент теплопроводности  $0,139 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$

Продукция сертифицирована, имеет CE-маркировку

Республика Беларусь, 211162 г. Новолукомль, Чашникский район, Витебская область  
Телефон: (+375 2133) 3-73-47, 3-72-92  
Тел./факс: (+375 2133) 3-60-31, 3-66-11