

устойчивости системы больше указанной верхней границы, то он не вычислялся. При составлении матрицы устойчивости для каждого конечного элемента (способного, в принципе, терять устойчивость) вычислялось значение  $\lambda_{кр}$ , которое приводит к потере устойчивости самого элемента в форме, когда все узлы, к которым этот элемент примыкает, остаются неподвижными. Номер элемента, на котором достигается  $\min \lambda_{кр}$ , сообщался в протоколе.

Коэффициент запаса общей устойчивости системы – 2.24 был обнаружен при обдуве башни диагональным ветром с противоположной стороны от «висячей» опоры.

Максимальная несущая способность поясов использована на 69% на уровне секции №14. Лимитирующим фактором является устойчивость пояса при сжатии. Максимальная несущая способность раскосов использована на 71% на уровне секции №12. Лимитирующим фактором является устойчивость раскоса при сжатии. Несущая способность раскосов по предельной гибкости использована на 100%.

Также было установлено, что во вспомогательных элементах возникают усилия, превышающие допустимые, а именно: в диафрагме секции №12 несущая способность элементов использована на 157%. Поэтому необходимо усилить диафрагму на период ремонтных работ. Расчетные усилия в диафрагме:  $N = - 4,5 \text{ т} / + 2,0 \text{ т}$ .

В деревянных элементах, раскрепляющих «висячую» опору возникают следующие усилия:  $N = - 3,0 \text{ т} / + 2,0 \text{ т}$ .

По результатам выполненных статического и прочностного расчетов, расчета на общую устойчивость, последующего анализа и интерпретации полученных результатов были сформулированы следующие выводы:

- 1) Необходимо усилить диафрагму секции №12.
- 2) Необходимо раскрепить «висячую» опору деревянным брусом 200х200мм. При этом сам брус необходимо также раскрепить посередине, чтобы его гибкость не превысила предельно допустимой гибкости.
- 3) После указанных выше мероприятий, можно утверждать, что общая устойчивость системы обеспечивается с коэффициентом запаса 2.24;
- 4) принятые конструктивные решения соответствуют требованиям действующих норм по I и II группам предельных состояний.

Принятое конструктивное решение отвечает требованиям нормативных документов на период проведения ремонтных работ.

*В.Б. СТЕПАНОВ, Б.Н. МЕЛЬКОВ*

### **КЕРАМЗИТОПЕНОБЕТОН. ИЗГОТОВЛЕНИЕ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

В данной статье рассматривается керамзитопенобетон как конструкционно-теплоизоляционный материал для несущих стен малоэтажных зданий, а также самонесущих стен и перегородок, с точки зрения его физико-механических характеристик в сравнении с керамзитобетоном и пенобетоном.

Малоэтажное строительство – одно из перспективных направлений в современном жилищном строительстве, так как покупка отдельной квартиры для большинства семей недоступно как на рынке первичного жилья (в современных монолитных и кирпичных многоквартирных домах), так и в ветхих «хрущевках». Одним из основных факторов, определяющих стоимость строительства, является выбор материала стен по ряду критериев, таких как цена, качество, надежность, прочность и долговечность, теплоизоляционные свойства, устойчивость к возгоранию и простота в использовании. Сегодня на рынке существует немало предложений в виде различных материалов и изделий из бетона, керамзитобетона, кирпича, пено- и газобетона, опилкобетона, что заставляет строителя не раз задуматься над тем, что же выбрать, так как не существует готового решения и универсального материала для малоэтажного строительства, выгодно отличающегося от остальных по всем основным критериям.

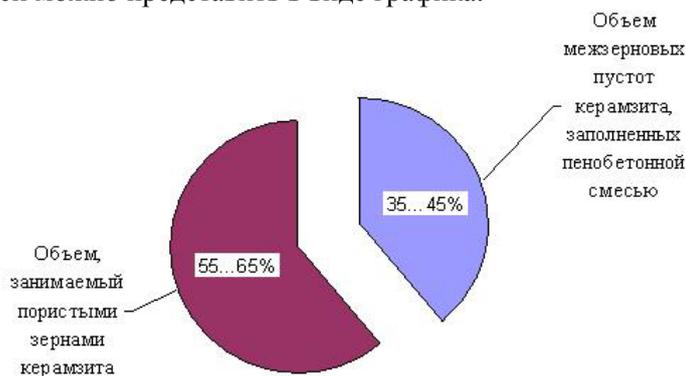
В связи с изменениями к СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника», увеличивающимися нормативное сопротивление теплопередаче стен с 2000 г. примерно в 3,3-3,4 раза, одной из важнейших характеристик материала стен становится сопротивление теплопередаче материалов и изделий, в совокупности с достаточной прочностью и относительно невысокой стоимостью. Поэтому основной тенденцией при производстве строительных материалов и изделий является повышение их теплосберегающих свойств за счет внутренней структуры материала при сохранении достаточной прочности для строительства.

Керамзитопенобетон – относительно новый материал на строительном рынке. Данный материал имеет ряд особенностей и преимуществ, отвечающих последним тенденциям строительной индустрии. На кафедре «Промышленное и гражданское строительство» Псковского государственного политехнического института исследована и апробирована технология приготовления керамзитопенобетонных смесей.

Для его производства используется пористый заполнитель – керамзит, межзерновое пространство которого равномерно заполняется поризованным цементным тестом или поризованным раствором плотностью 150-800 кг/м<sup>3</sup>.

Керамзит – это уникальный материал и наиболее распространенный пористый заполнитель в строительстве, обладающий рядом важных свойств: легкость и высокая прочность, огнеупорность, экологическая чистота и высокое отношение качество/цена. В последнее время наблюдается тенденция к увеличению его спроса и потребления. Пенобетон – один из самых популярных материалов для строительства, что объясняется простотой изготовления и минимальным количеством исходных компонентов (цемент, вода и песок), обладающий такими необходимыми современному строительному материалу свойствами, как легкость, отличная тепло и звукоизоляция, огнеупорность и низкая цена.

Состав смеси можно представить в виде графика:



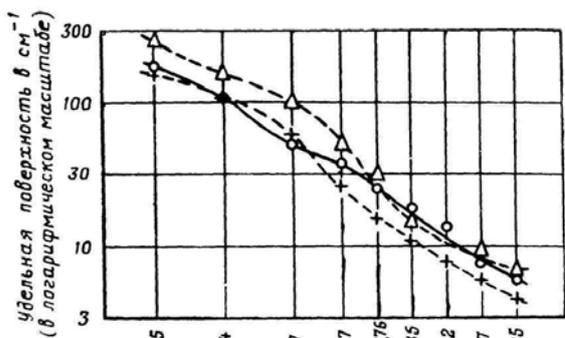
Пустотность зерен керамзита определяется соотношением и крупностью его фракций в составе керамзитопенобетона (чем крупнее размер фракций, тем меньше насыпная плотность ( $\rho_n$ )). Вместе с тем, чем крупнее фракция керамзитового гравия, тем,

как правило, меньше средняя плотность ( $\rho_0$ ), поскольку крупные фракции содержат наиболее вспученные гранулы.

Зависимость определяется по формуле:  $Пуст = (1 - \frac{\rho_n}{\rho_0}) \cdot 100\%$ .

Следовательно, применяя различные по крупности заполнители и плотности пенобетона, можно получить различную плотность и прочность керамзитопенобетона в широких пределах.

Для изготовления керамзитопенобетонной смеси, необходимо выдерживать керамзит в воде до полного водонасыщения, тем самым защитив мель-



Размер зерен заполнителя, выраженный через номера или размеры отверстий британских сит

Зависимость между удельной поверхностью и размером зерен заполнителя

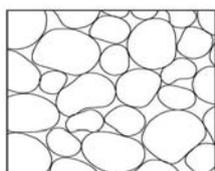
△ – дробленый гравийный щебень; ○ – гравий неправильной формы; + – окатанный гравий

чайшие пузырьки пенобетона от разрушения и усадки. Рекомендуется «опудрить» водонасыщенные зерна керамзита цементом, создав скелет будущего камня.

Количество цемента, достаточного для опудривания (по результатам лабораторных исследований), рекомендуется принимать в зависимости от удельной поверхности заполнителя, в расчете 100-150 кг цемента на м<sup>3</sup> керамзитопенобетона с удельной поверхностью зерен керамзита 10 см<sup>1</sup>.

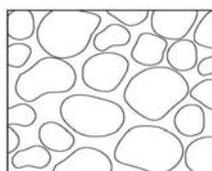
Прочность пенокерамзитобетона определяется не только качеством исходных компонентов, но прежде всего, как для любого двухкомпонентного материала плотностью упаковки зерен керамзита. Данная зависимость проиллюстрирована (см. ниже).

а) Хорошая упаковка.



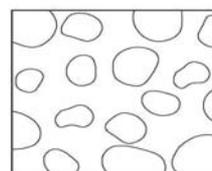
Прочность КПБ определяется прочностью заполнителя.

б) Разреженная упаковка.



Прочность КПБ зависит от прочности заполнителя и связующего.

в) Плавающий заполнитель.



Прочность КПБ определяется прочностью связующего.

При введении пенобетонной смеси в замес, требуется рассчитать ее количество в зависимости от пустотности заполнителя, и способа уплотнения керамзитопенобетонной смеси.

Твердение керамзитопенобетона, как материала на цементном вяжущем, должно осуществляться с соблюдением необходимых температурно-влажностных характеристик среды, для протекания медленного процесса гидратации цемента.

При соблюдении рекомендаций по подбору состава керамзитопенобетона, технологии его изготовления и твердения, можно получить материал со следующими физико-механическими характеристиками:

- прочность до 10 МПа;
- плотность 600-1200 кг/м<sup>3</sup> (нижняя граница плотности – при использовании особо легкого керамзита маркой 250-350 и беспесчаного пенобетона, наибольшую применимость следует ожидать при плотности 1000-1200 кг/м<sup>3</sup>);

- коэффициент сопротивления теплопередаче  $\lambda = 0,2 \div 0,3 \frac{Вт \cdot м}{К}$ ;

Проведем сравнительную характеристику керамзитопенобетона с двумя родственными ему материалами:

Основные показатели	Неавтоклавный конструкционно-теплоизоляционный пенобетон	Керамзитопенобетон, полученный в лаборатории ППИ	Керамзитобетон
Плотность, кг/м.куб.	500-900	1000-1200	1400-1600
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,15-0,25	0,25-0,3	0,4-0,6
Прочность, Мпа (кгс/см <sup>2</sup> )	1-5	7,5-10	от 10-15 до 20

Керамзитопенобетон сочетает достоинства пенобетона и керамзитобетона, отвечает современным тенденциям развития рынка строительных материалов, и может выпускаться на базе существующих производств пенобетона, при этом обеспечивая не только широкий диапазон прочности и протности, но и высокий уровень теплосбережения и технологичности кладки в виде стеновых штучных изделий или монолитных конструкций, что в свою очередь расширяет возможности индивидуального жилищного строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25485-89. Бетоны ячеистые. Технические условия. Табл. 1, табл. 2.

2. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Приложение 3.
3. А.М. Neville. Перевод В.Д. Парфенова, Т.Ю. Якуб.//Свойства бетона. – 1972 г. – с. 109