

## ВЛИЯНИЕ МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

Заволока М. В. к.т.н., с.н.с., доц., проф., кафедры

Щавинский А. Б. магистр

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**Эта статья описывает результаты исследований теплопроводности легкого бетона с использованием разных видов мелкого заполнителя**

Дефицит и увеличение стоимости топливно-энергетических ресурсов на Украине, а также повышение требований к термическому сопротивлению наружных ограждающих конструкций, обусловленное введением с 01.04.2007 года ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» указывает на необходимость разработки комплекса мер, направленных на повышение качества жилищного строительства.

Основным направлением решения стоящей проблемы является разработка и освоение легких и облегченных материалов и конструкций, обеспечивающих требуемый уровень теплозащиты и долговечности.

Значительная часть наружных ограждающих конструкций выпускаемых на территории Украины являются однослойными. Однослойные конструкции, изготовленные из керамзитобетона, имеют ряд преимуществ по сравнению с многослойными конструкциями:

- простота изготовления;
- стабильные тепло – технические свойства конструкций на протяжении всего периода эксплуатации не изменяются;
- дешевизна при изготовлении изделий;
- комфортность жилья сопоставима с комфортность жилья из керамического кирпича.

В связи с дефицитом и высокой стоимостью мелких легких пористых заполнителей, практически все ограждающие конструкции из керамзитобетона изготавливаются на кварцевом песке. Применение в виде мелкого заполнителя кварцевого песка приводит к снижению теплозащитных свойств конструкций до 25 % по сравнению с использованием керамзитового песка, при равной плотности керамзитобетона.

Последние научно-практические разработки в России направленные на улучшение состава шихты и усовершенствование технологии обжига, дают возможность получать керамзитовый гравий

с насыпной плотностью 200 – 250 кг/м<sup>3</sup> с использованием существующего оборудования. Применение керамзитового гравия с низкой насыпной плотностью позволит повысить теплозащитные свойства ограждающих конструкций, а также снизить плотность конструктивно-теплоизоляционного керамзитобетона за счет рационального применения смесей керамзитового и кварцевого песков, с использованием эффективных воздухововлекающих добавок для поризации структуры бетона (например добавка Mareplast PT 1, фирмы Marei, Италия).

Для повышения теплозащитных свойств однослойных ограждающих конструкций исследовали влияние мелкого заполнителя кварцевый песок, керамзитовый песок, смеси кварцевого и керамзитового песка, без поризации и с поризацией растворной составляющей керамзитобетона воздухововлекающей добавкой Mareplast PT 1.

В качестве исходных материалов применяли:

- керамзитовый гравий с насыпной плотностью от 460 до 600 кг/м<sup>3</sup>;
- кварцевый песок с модулем крупности 2,3;
- керамзитовый песок с насыпной плотностью 850 кг/м<sup>3</sup>;
- воздухововлекающая добавка Mareplast PT 1;
- цемент марки ПЦ II/A-Ш-400.

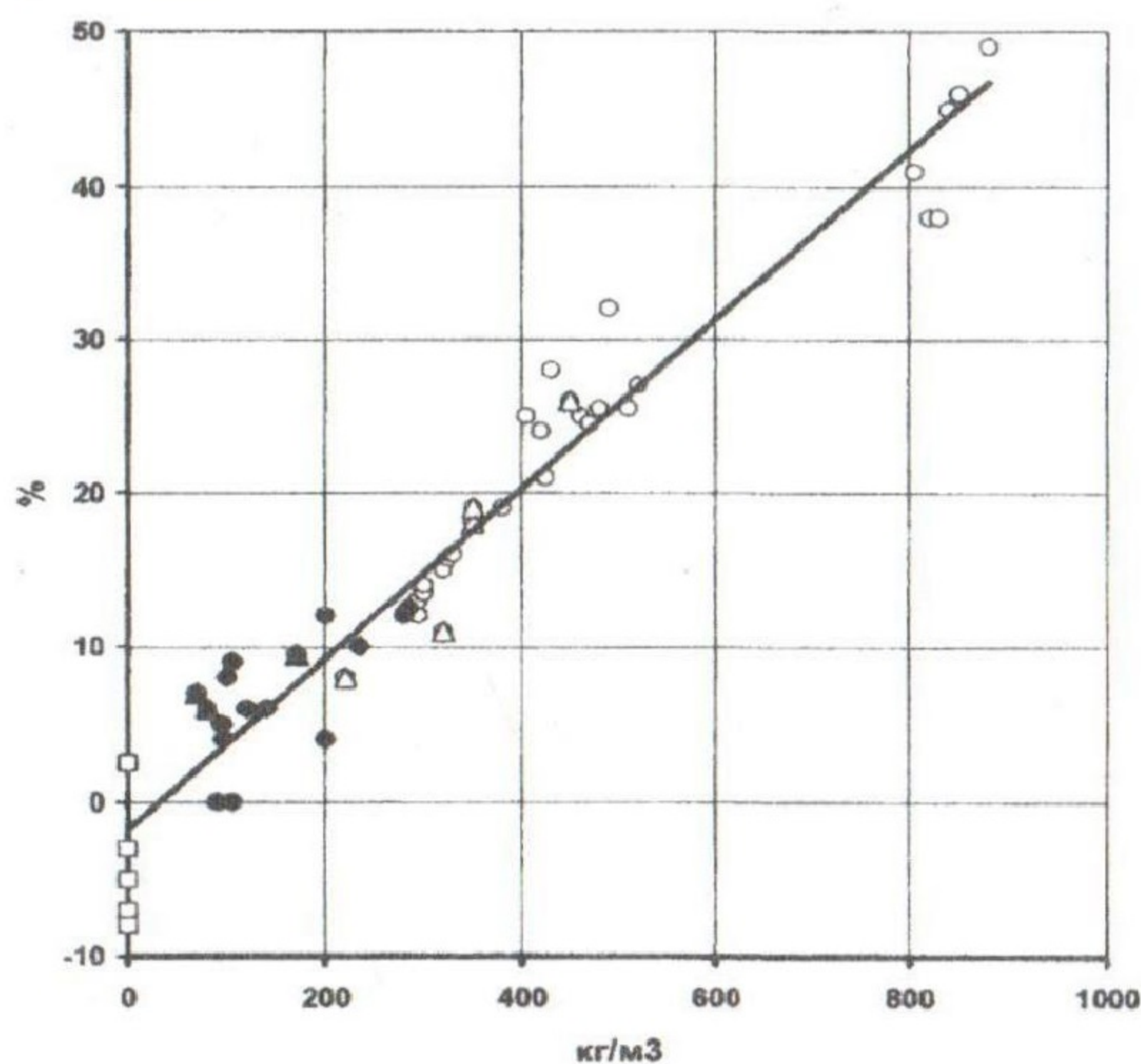


Рис. 1. Приращение  $\Delta\lambda$  керамзитобетона в % от теплопроводности керамзитобетона на керамзитовом песке в зависимости от количества кварцевого песка:  
 - кварцевый песок без поризации и с поризацией  
 - смеси керамзитового и кварцевого песка без поризации и с поризацией

Анализ полученных данных свидетельствует, что применение кварцевого песка в качестве мелкого заполнителя является одной из основных причин ухудшения теплозащитных свойств керамзитобетона, причем для равноплотных бетонов теплопроводность тем выше, чем больше расход кварцевого песка рис. 1.

Зависимость, связывающая коэффициент тепло-проводности  $\lambda$  (Вт/м °С) легких бетонов с их плотностью  $\gamma$  (кг/м<sup>3</sup>) в сухом состоянии определена в виде

$$\ln \lambda = \ln \lambda_{\text{э.в.}} + \mu \cdot \gamma \quad (1)$$

где:  $\lambda_{\text{э.в.}}$  – эффективный коэффициент тепло-проводности воздуха;  
 $\mu$  – эмпирический коэффициент пропорциональности. Получена экспериментальная зависимость (2) в диапазоне плотности 800-1200 кг/м<sup>3</sup> керамзитобетона на смесях керамзитового и кварцевого песка с расходом кварцевого песка (коэффициент корреляции 0,98)

$$\ln \lambda \cdot 10^3 = 3,83 + 0,00181 \cdot \gamma \quad (2)$$

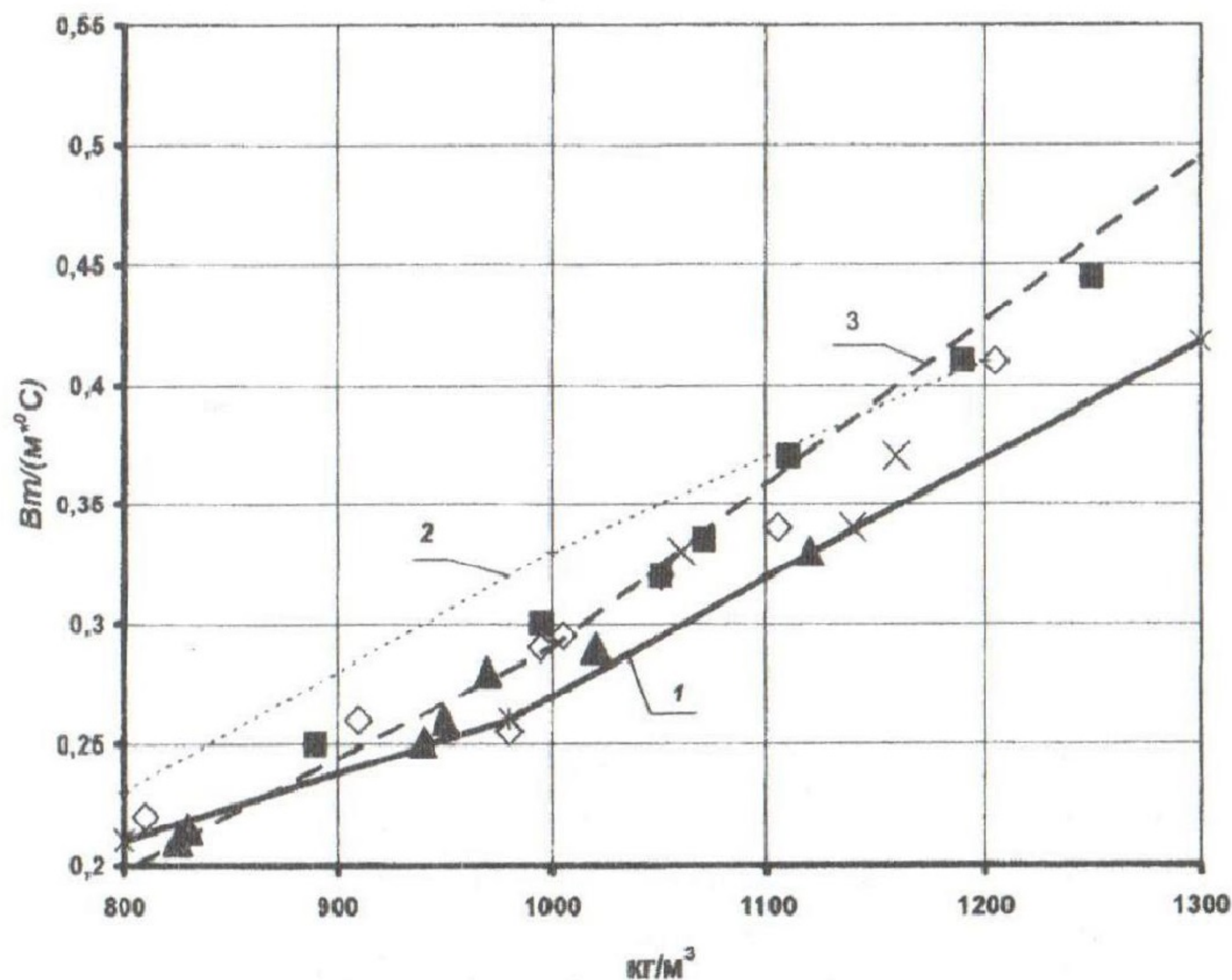


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности от плотности керамзитобетона на разных видах мелкого заполнителя  
 1 и 2-по данным ДБН В.2.6-31:2006 соответственно на керамзитовом и кварцевом песке;  
 3-на смесях керамзитового и кварцевого песков по формуле 2;  
 - то же по результатам эксперимента;  
 × - то же по литературным данным

При построении зависимости учтены результаты измерения теплопроводности керамзитобетона на смесях керамзитового и кварцевого песка с расходом кварцевого песка до  $400 \text{ кг/м}^3$  без поризации и с поризацией при различном воздухо-содержании и при изменении насыпной плотности керамзитового гравия от 460 до  $600 \text{ кг/м}^3$ . Как видно из рисунка 3 при плотности бетона  $800-950 \text{ кг/м}^3$  теплопроводность керамзитобетона на смесях песков совпадает с расчетной тепло-проводностью по ДБН В.2.6-31:2006 на керамзитовом песке, а при плотности  $1100-1200 \text{ кг/м}^3$  приближается к теплопроводности керамзитобетона на кварцевом песке.

Для уточнения количественного влияния насыпной плотности керамзитового гравия, количества и качества мелкого заполнителя, а также степени поризации растворной составляющей воздухововлекающими добавками на теплопроводность керамзитобетона был построен план эксперимента и уровни варьирования переменных табл. 1

Табл. 1. Уровни варьирования переменных

№ п/п	Переменные	Един. изм.	Код	Уровни варьирования переменных			Интервалы варьирования
				-1	0	+1	
1	Насыпная плотность керамзита	$\text{кг/м}^3$	$x_1$	460	530	600	70
2	Содержание керамзитового песка в смеси с кварцевым песком	%	$x_2$	0	50	100	50
3	Объем вовлеченного воздуха,	%	$x_3$	б.п.	8	16	8

Примечание: б.п.- бетон без позирующей добавки Mareplast PT 1.

На основе экспериментальных данных получены математические модели теплопроводности керамзитобетона, которые с учетом только значимых коэффициентов имеют вид:

$$\lambda = 0,342 + 0,051x_1 - 0,120x_2 + 0,061x_2x_3 + 0,038x_2^2 \quad (3)$$

$$\Delta\lambda = 8,5 + 3,0x_1 - 14,6x_2 - 7,5x_3 + 5,6x_2x_3 + 3,4x_2^2 \quad (4)$$

Модель  $\lambda$  Вт/м  $^\circ\text{C}$  (3) отражает влияние факторов на теплопроводность керамзитобетона. Модель  $\Delta\lambda$  характеризует величину отклонения фактического значения теплопроводности от значений, приведенных в ДБН для керамзитобетона на керамзитовом

песке при соответствующей плотности бетона. Из моделей (3) и (4) следует, что при равных условиях увеличение насыпной плотности керамзита с 460 до 600 кг/м<sup>3</sup> приводит к повышению теплопроводности керамзитобетона в среднем на 6 %. При поризации керамзитобетона на кварцевом песке воздухововлекающей добавкой Mareplast PT 1 с объемом вовлеченного воздуха 8 % отклонение  $\Delta\lambda$  составляет 24-30 %, и только увеличение объема вовлеченного воздуха до 15-16 % обеспечивает соответствие теплопроводности керамзитобетона на кварцевом песке расчетным теплопроводности керамзитобетона этого вида по ДБН В.2.6-31:2006, если расход кварцевого песка в составе керамзитобетона не превышает 300 кг/м<sup>3</sup>.

Анализ моделей (3), (4) показал, что использование смесей керамзитового и кварцевого песков в сочетании с поризацией керамзитобетона воздухововлекающей добавкой позволяет существенно снизить теплопроводность по сравнению с использованием кварцевого песка и при определенных условиях получить керамзитобетон, теплопроводность которого приближается к теплопроводности керамзитобетона на керамзитовом песке. Смеси керамзитового и кварцевого песков, использование которых в составе поризованного керамзитобетона позволяет обеспечить теплопроводность, не более чем на 5 % превышающую теплопроводность керамзитобетона на керамзитовом песке при равной плотности бетонов, следует считать рациональными смесями. К рациональным смесям можно отнести смеси, в которых содержание кварцевого песка составляет 50 % по абсолютному объему, а максимальная поризация керамзитобетона воздухововлекающей добавкой должна составлять не менее 12-15 % объема вовлеченного воздуха

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Экспериментально подтверждена возможность существенного повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций из керамзитобетона за счёт использования рациональных смесей керамзитового и кварцевого песков и модификации поровой структуры керамзитобетона эффективной воздухововлекающей добавкой Mareplast PT 1.

2. Основными условиями получения рациональных смесей (с теплотехнической точки зрения) керамзитового и кварцевого песков в составе керамзитобетона является ограничение количества кварцевого песка до 150 кг/м<sup>3</sup> и поризация керамзитобетона воздухововлекающей добавкой Mareplast PT 1. При этом теплопроводность поризованного

керамзитобетона на оптимальных смесях керамзитового и кварцевого песков не будет превышать более чем на 5 % соответствующие значения теплопроводности равноплотного керамзитобетона на керамзитовом песке по данным ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»
2. ДСТУ Б В.2.7-41-95 (ГОСТ 30290-94) Будівельні матеріали. Матеріали і виробу будівельні. Метод визначення теплопровідності поверхневим перетворювачем.
3. ДСТУ Б В.2.7-18-95 «Будівельні матеріали. Бетони легкі. Загальні технічні умови»
4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: Стройиздат, 1973. – 287 с
5. Хуторной А. Н. Закономерности теплопереноса в неоднородных теплоэффективных стенах зданий. «Строительная физика в XXI веке. Материалы научно-технической конференции» М. 2006. – 91-95 с.
6. Емельянов А.Н. Совершенствование технологии керамзита для однослойных стеновых панелей. СГАСА, Самара, 2001г. с. 7-10.
7. Заволока Ю.М., Выровой В.Н. Особенности процессов теплопередачи в гетерогенных материалах. М.: 1997.- 272-275 с
8. Комохов П.Г., Грызлов В.С. Структурная механика и теплофизика лёгкого бетона. Вологодский научный центр 1992. – 318 с.
9. Комохов П.Г., Грызлов В.С. Структурная механика и теплофизика легкого бетона. Вологодский научный центр 1992. – 318 с.