

УДК 697.1 : 536.2

Ю.С. ВИТЧИКОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры общей и прикладной физики и химии Самарский государственный архитектурно-строительный университет

И.Г. БЕЛЯКОВ

заместитель директора центра «Энергосбережение в строительстве» Самарский государственный архитектурно-строительный университет

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕНОВЫХ КАМНЕЙ
ИЗ БЕСПЕСЧАНОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА**

*MATHEMATICAL MODELING OF HEAT-SHIELDING CHARACTERISTICS OF SAND FREE LIGHTWEIGHT
CONCRETE WALL STONES*

Представлены результаты теоретического исследования теплозащитных характеристик стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона. Расчетные значения приведенного сопротивления теплопередаче кладки из стеновых камней на цементно-песчаном и "теплом" растворах были получены с помощью метода, разработанного авторами данной статьи.

Расчет трехмерных температурных полей во фрагменте наружной стены выполнялся с помощью метода конечных элементов, реализованного в программном комплексе "ANSIS".

Ключевые слова: теплозащита, сопротивление теплопередаче, керамзитобетон, наружная стена, энергосбережение.

Принятый Государственной Думой Российской Федерации Федеральный Закон № 261-ФЗ "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" установил требования по снижению энергетических ресурсов.

Одним из эффективных направлений снижения расхода тепла на отопление зданий и сооружений является повышение теплозащитных характеристик ограждающих конструкций.

Решить поставленную задачу можно с использованием энергоэффективных стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона, применение которых в жилищном строительстве подробно рассмотрено в работах [1,2].

Анализ теплофизических характеристик обычного керамзитобетона показывает, что достичь низкого значения коэффициента теплопроводности не

The article reports on theoretical research results of sand free lightweight concrete wall stones' thermal protective properties. Calculated values of resistance referred to stone wall masonry's thermal exchange on cement-sand and "warm" mortars are got using the method worked out by the article writers

Calculation of three-dimension thermal fields in the external wall fragment was performed by using the method of finite elements provided in "ANSIS" software package.

Key words: thermal protection, resistance referred to thermal exchange, lightweight concrete, external wall, energy saving.

представляется возможным из-за относительно высокой теплопроводности растворной части.

Исключение кварцевого или керамзитного песка из состава керамзитобетона позволяет существенно повысить его теплозащитные свойства благодаря возникновению замкнутых воздушных пор между зернами керамзита, обладающих низкой теплопроводностью.

Коэффициент теплопроводности воздуха при температуре 20 °С составляет 0,0259 Вт/(м·°С). Для сравнения пенополистирол имеет теплопроводность, равную 0,041 Вт/(м·°С).

Технология изготовления крупнопористого беспесчаного керамзитобетона разработана в Московском научно-исследовательском институте ИМЭТ под руководством д.т.н., академика М.Я. Бикбау [3]. С помощью специального капсулятора зерна керамзита обволакиваются цементным молоком.

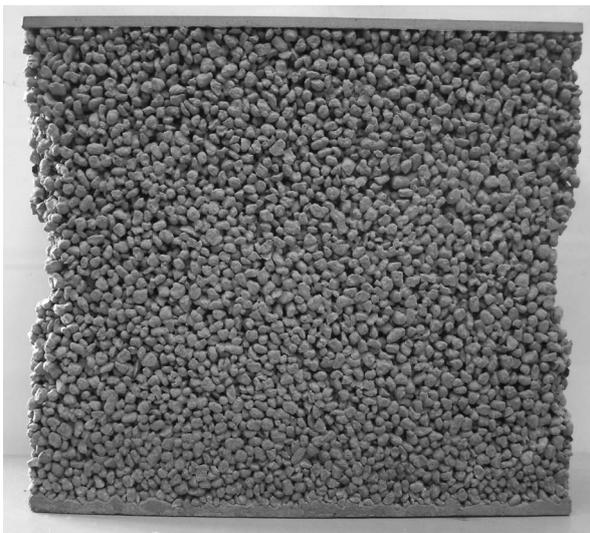


Рис. 1. Фотография стенового камня

Указанная выше технология широко используется при строительстве монолитно-каркасных зданий.

В Самарской области на предприятиях ООО “Завод керамзитного гравия” (г. Октябрьск), ООО “Экоресурс” (г. Тольятти) организовано производство стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона плотностью от 600 до 800 кг/м³.

Реализация программы энергосбережения в строительстве ставит повышенные требования по теплозащите наружных стен. Для достижения высокого класса энергетической эффективности жилых и общественных зданий возникает необходимость в увеличении приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен до значений, соответствующих предписываемому подходу при выборе уравнения теплозащиты.

Для наружных стен жилых зданий, строящихся на территории Самарской области, при реализации предписываемого подхода требуемое сопротивление теплопередаче составляет

$$R_0^{тр} = 3,19 \frac{(м^2 \cdot ^\circ C)}{Вт}$$

В ЗАО “НИИ Керамзит” (г. Самара) в настоящее время проводится работа по разработке стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона и навесных панелей, обеспечивающих повышенные теплозащитные характеристики наружных стен жилых и общественных зданий за счет уменьшения плотности керамзитобетона до 400 кг/м³.

На предприятии ООО ПСК “Атлант” организовано производство стеновых камней, разработанных ЗАО “НИИ Керамзит”.

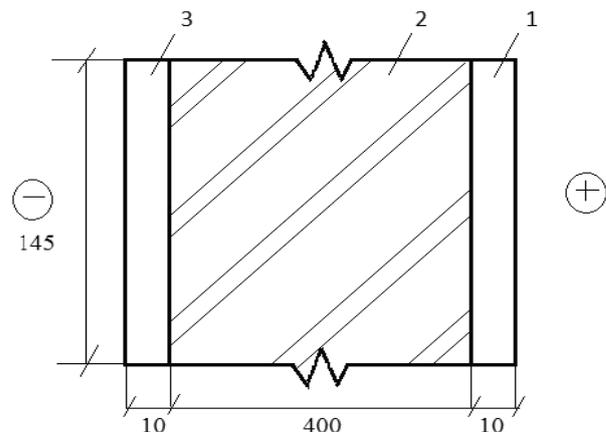


Рис. 2. Расчетная схема керамзитного камня:
1, 3 – цементно-песчаный раствор;
2 – беспесчаный керамзитобетон, D 400

На рис. 1 представлена фотография стенового камня, на рис. 2 – его расчетная схема.

Для предварительной оценки теплопроводности стеновых камней авторами данной статьи была разработана инженерная методика, базирующаяся на использовании метода конечных элементов для расчета температурных полей во фрагменте наружной стены с использованием комплексов “THERM 6.2” или ANSYS [3].

В качестве исходных данных использовались значения коэффициента теплопроводности беспесчаного керамзитобетона, полученные экспериментальным путем с помощью измерителя теплопроводности ИТП-МГЧ “250” в соответствии с требованиями ГОСТ 7076-99 [4].

Результаты испытаний трех образцов, вырезанных из полнотелого керамзитобетонного камня, размерами 250×250×250 мм, представлены в табл. 1.

Испытания на теплопроводность проводились как в сухом состоянии, так и в условиях эксплуатации А и Б.

Требуемое увлажнение достигалось путем выдерживания проб из керамзитобетона над парами воды в закрытом шкафу по методике, изложенной в [5].

Согласно ГОСТ 0133-99¹, теплопроводность бетонных камней в кладке определяется по методике, изложенной в ГОСТ 530-2007².

Теплопроводность оценивается на фрагменте наружной стены, размер которого с учетом растворо-

¹ ГОСТ 6133-99. Камни бетонные стеновые. Технические условия. М.: Госстрой России, 2001. 37 с.

² ГОСТ 530-2007. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. 34 с.

Результаты испытаний образцов из беспесчаного керамзитобетона на теплопроводность

№ пробы	Плотность беспесчаного керамзитобетона в сухом состоянии, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности керамзитобетона λ, Вт/(м·°С)		
		в сухом состоянии	в условиях эксплуатации	
			А, щ = 3,5%	Б, щ = 5%
1	362	0,105	0,115	0,126
2	358	0,100	0,112	0,124
3	365	0,102	0,116	0,128
Среднее значение	362	0,102	0,114	0,126

ных швов должен по высоте h и ширине l не менее чем в четыре раза превышать ее толщину δ .

На рис. 3 представлен чертеж фрагмента наружной стены, выполненного из керамзитобетонных камней производства ООО ПСК "Атлант".

Разбиение стены на конечные элементы, выполненное с помощью программного комплекса ANSYS, показано на рис. 4.

Расчет выполнялся для кладок из керамзитобетонных камней на цементно-песчаном и "теплом" растворах как в сухом состоянии, так и в условиях эксплуатации А и Б.

На рис. 5 в качестве примера представлено температурное поле на внутренней поверхности кладки наружной стены, выполненной из керамзитобетонных камней на "теплом" растворе в условиях эксплуатации А.

Приведенное сопротивление теплопередаче кладки наружной стены определялось по формуле

$$R_0 = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{q}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура воздуха в помещении, °С;

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха, принимаемая равной средней температуре наиболее холодного месяца, обеспеченностью 0,92, °С;

q – среднее значение удельного теплового потока, Вт/м².

$$q = \alpha_{\text{в}} \cdot (t_{\text{в}} - \bar{\tau}_{\text{в}}); \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи со стороны внутренней поверхности стены, Вт/(м·°С);

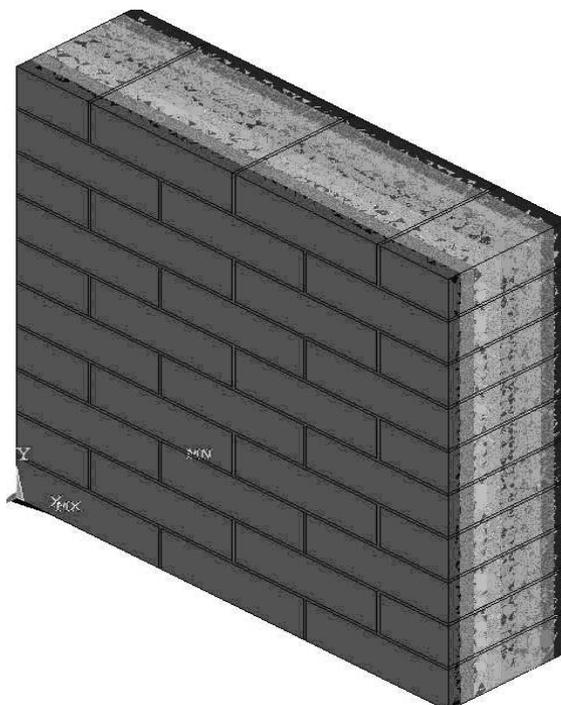


Рис. 3. Чертеж фрагмента наружной стены

—
 τ_v – среднее значение температуры внутренней поверхности фрагмента наружной стены, °С.

Результаты расчета теплозащитных характеристик кладок из керамзитобетонных камней, выпол-

ненного по изложенной выше методике, сведены в табл. 2.

Из представленных данных в табл. 2 следует, что кладки из керамзитобетонных камней на цементно-песчаном и “теплом” растворах соответствуют нор-

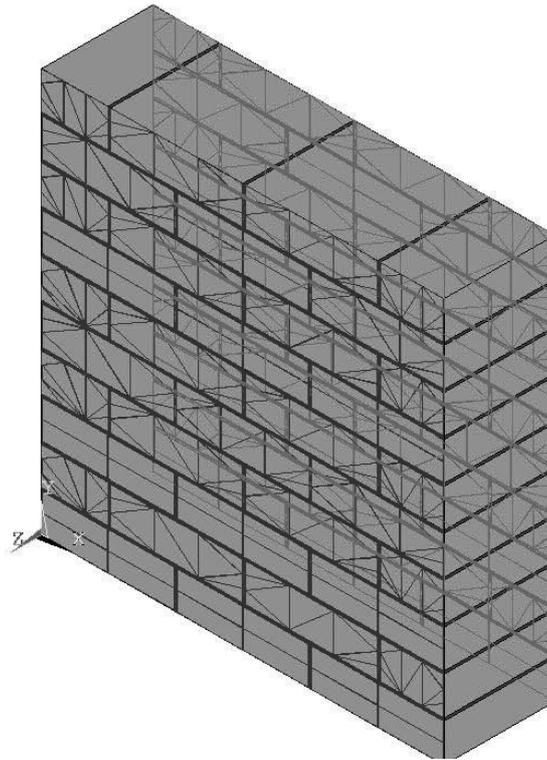


Рис. 4. Разбиение фрагмента кладки наружной стены на конечные элементы



Рис. 5. Температурное поле на внутренней поверхности кладки наружной стены, выполненной из керамзитобетонных камней на “теплом” растворе в условиях эксплуатации А

Теплотехнические характеристики кладок из керамзитобетонных камней

Наименование исполнений	Теплопроводность кладки из керамзитобетонных камней, Вт/(м·°С)			Сопротивление теплопередаче кладки наружной стены, (м·°С)/Вт		
	в сухом состоянии	в условиях эксплуатации		в сухом состоянии	в условиях эксплуатации	
		А	Б		А	Б
Кладка из керамзитобетонных камней на цементно-песчаном растворе	0,14	0,152	0,17	3,32	2,91	2,59
Кладка из керамзитобетонных камней на «теплом» растворе	0,12	0,13	0,15	3,66	3,5	2,96

мативным требованиям по теплозащите жилых и общественных зданий, строящихся на территории

Самарской области³, ($R_0^{тп} = 2,0 \frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горин, В.М. Современные ограждающие конструкции из керамзитобетона для энергоэффективных зданий [Текст] / В.М. Горин, С.А. Токарева, Ю.С. Вытчиков // Строительные материалы. - 2011. - № 3. - С. 34-36.
2. Горин, В.М. Применение стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона в жилищном строительстве [Текст] / В.М. Горин, С.А. Токарева, Ю.С. Вытчиков, И.Г. Беляков, Л.П. Шиянов // Строительные материалы. - 2010. - № 2. - С. 15-18.

3. Вытчиков, Ю.С. Применение компьютерного моделирования для определения теплофизических характеристик стеновых строительных материалов [Текст] / Ю.С. Вытчиков, И.Г. Беляков // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: Труды X Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2009 .

4. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном режиме [Текст]. – М.: Минстрой России, 1999. – 39 с.

5. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]. – М.: Госстрой России, 2004. – 140 с.

© Вытчиков Ю.С., Беляков И.Г., 2013

³ СНИП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, 2004. 40 с.