

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУСТОТ И ПОР НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

¹Аниканова Т.В., ¹Рахимбаев Ш.М., ¹Кафтаева М.В.

¹ГБОУ ВПО Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46) e-mail: kaftaeva61@yandex.ru

Показана необходимость повышения энергоэффективности изделий для изготовления наружных ограждающих конструкций за счет изменения расположения пустот и совершенствования структуры. Расчетами установлена зависимость коэффициента теплопроводности от пустотности материалов с учетом направления теплового потока. Отмечается влияние теплового пограничного слоя на коэффициент теплопроводности пустотных и пористых стеновых материалов. При расчете коэффициента теплопроводности пустотных и пористых стеновых материалов, в условиях эксплуатации при температурах от -20оС до +40оС большее внимание необходимо уделять переносу тепла тепловым пограничным слоем, чем конвективной составляющей. Показано, что пустотные материалы будут обладать лучшим теплоизолирующим эффектом при расположении пустот перпендикулярно тепловому потоку. Так у материалов с пустотностью от 30 до 60% эффективный коэффициент теплопроводности будет значительно ниже при расположении пустот перпендикулярно направлению теплового потока. Расположение пустот с учетом представленных расчетов позволит существенно повысить сопротивление теплопередаче пустотных стеновых ограждающих конструкций.

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, тепловой поток, пустотность, тепловой пограничный слой.

THE INFLUENCE OF THE SHAPE AND ARRANGEMENT OF VOIDS AND PORES ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF WALL ENCLOSING STRUCTURES OF BUILDINGS

¹Anikanova T.V., ¹Rakhimbaev S.M., ¹Kaftaeva M.V.

¹Belgorod State Technological University named after V. Shukhov, Belgorod, Russia (308012, Belgorod, Kostyukova street, 46) e-mail: kaftaeva61@yandex.ru

The necessity of energy efficiency products for the manufacture of external fencing structures by changing the location of voids and improvement of the structure. Calculations of the dependence of the conductivity from the voidness of materials with respect to the direction of heat flow. Noted the impact of the thermal boundary layer on the thermal conductivity coefficient of hollow porous wall materials, in operation at temperatures from -20 C to +40 degrees more attention should be paid to heat transfer, thermal boundary layer than convective constituent. It is shown that void materials will have the best heat-insulating effect at the location of voids perpendicular to the heat flow. So we materials with voidness from 30 to 60% effective thermal conductivity coefficient is significantly lower than when the arrangement of voids perpendicular to the direction of heat flow. The location of voids are based on calculations will significantly improve heat resistance of hollow core wall enclosing structures.

Keywords: thermal conductivity, heat flow, voidness, thermal boundary layer

Известно, что керамический кирпич по плотности тела делят на пустотелый и полнотелый. Считается, что чем больше пустот (обычно они достигают 50 процентов), тем теплее кирпич. Масса такого кирпича меньше и, стало быть, нагрузка на фундамент тоже уменьшается. Хорошим считается кирпич с маленькими диаметрами отверстий пустот, так как при кладке его отверстия меньше будут забиваться раствором [6]. Однако, в рамках работы [2] эта проблема была решена.

Коэффициент теплопроводности глиняного пустотелого кирпича зависит не только от пустотности материала, но также от формы и расположения пустот. Внешний вид керамических кирпичей представлен на рис. 1, а размеры отверстий кирпича – на рис. 2 [7, 8].

В современной литературе нет четкого обоснования выбора такого расположения и формы пустот. Исключением является кирпич с круглыми пустотами с точки зрения удобства кладки, так как в пустоты не попадает раствор, что не ухудшает теплотехнические характеристики кладки. Однако, авторы считают, что при нынешнем многообразии составов и свойств кладочных растворов, размеры и форма пустот керамических кирпичей должны быть устроены таким образом, чтобы улучшить теплотехнические характеристики материала.



Рис. 1. Внешний вид керамического кирпича

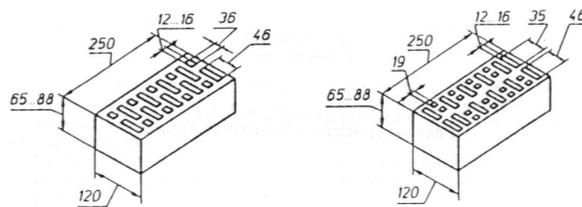


Рис. 2. Размеры отверстий керамического кирпича

В таблице представлен расчет коэффициентов теплопроводности «ложка» и «тычка» керамического кирпича в зависимости от формы и расположения пустот для кирпича с пустотностью 30% [9].

Основные показатели пустотелого кирпича

№ п/п	Тип кирпича	Пустотность			Плотность, кг/м ³		Коэффициент теплопроводности	
		количество отверстий	процент пустотности	размер отверстия в мм	черепка	кирпича	ложка	тычка
1		60	30	12x12,5	1800	1260	0,46	0,48
2		31	30	11,6x25	1800	1260	0,48	0,5
3		18	30	10x45 10x74,5	1800	1260	0,34	0,62

Из таблицы видно, что плотность кирпича составляет 1260 кг/м³ во всех трех случаях. В первом и во втором случаях, несмотря на существенное отличие в количестве отверстий в разных образцах кирпича (60 и 31), разница коэффициентов теплопроводности невелика и составляет 0,02 Вт/(м·°С) как для ложка, так и для тычка. В третьем случае кирпич имеет 18 отверстий продолговатой формы и , что на 26% меньше чем в 1-м случае и на 29% чем во 2-м. Коэффициент

теплопроводности тычка больше, чем в 1-м и во 2-м случае на 29 и 24% соответственно, и составляет . Возможно, такое большое отличие в величине λ связано с расстоянием $l_{эф}$, через которое проходит тепловой поток, который движется по черепку и пустотам. При сравнении необходимо также учитывать направление теплового потока.

В работе [10] на примере двухфазной системы рассмотрены предельные случаи наибольшего и наименьшего изолирующего эффектов. Максимальное значение коэффициента теплопроводности системы достигается при расположении материалов обеих фаз в виде чередующихся слоев, разделенных плоскостями, параллельными направлению распространения теплового потока (рис. 3. а).

а

б

Рис. 3. Принципиальная схема структуры материала (q – направление теплового потока)

В этом случае теплопроводность системы $\lambda_{эф}$ можно рассчитать по формуле 1, выведенной из условий аддитивности, т.е.:

$$\lambda_{эф} = (1-E)\lambda_1 + E\lambda_2, \quad (1)$$

где λ_1 и λ_2 - коэффициенты теплопроводности первой и второй фаз соответственно;

E – объемная концентрация твердой фазы.

Минимальное значение коэффициента теплопроводности системы достигается при разделении материалов обеих фаз плоскостями, перпендикулярными тепловому потоку (рис. 3. б). В этом случае термическое сопротивление системы рассчитывается по формуле 2:

$$1/\lambda_{эф} = (1-E)/\lambda_1 + E/\lambda_2, \quad (2)$$

Согласно проведенным расчетам зависимость коэффициента теплопроводности керамического кирпича от содержания твердой фазы можно представить в виде графика (рис. 4). При этом в расчетах коэффициент теплопроводности воздуха 0,026

Вт/(м·°С), коэффициент теплопроводности керамического кирпича полнотелого равен 0,97 Вт/(м·°С).

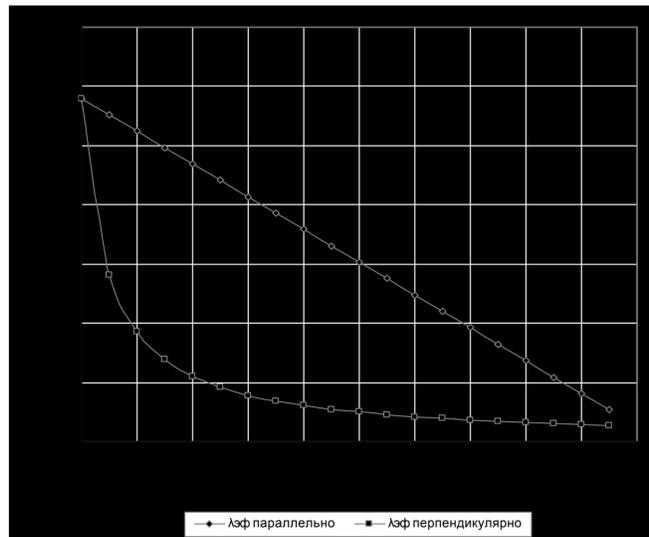
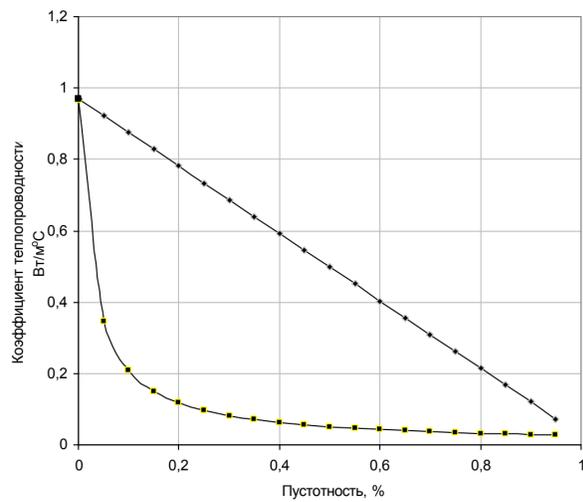


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопроводности системы при расположении материалов обеих фаз в виде чередующихся слоев

Наибольший интерес для производства представляет область с пустотностью от 30 до 60 %. Видно, что коэффициент теплопроводности будет существенно ниже при расположении слоев перпендикулярно. Следует отметить, что керамический кирпич имеет развитый тепловой пограничный слой, что связано с донорно-акцепторным взаимодействием, происходящим между кислородом воздуха в пустотах и черепком, получаемым из легкоплавких глин и суглинков. Таким образом, тепловой поток будет перемещаться по теплому пограничному слою [1, 5], при этом наличие конвективной составляющей в отверстиях при температурах от -20°С до +40°С не играет существенной роли.

Из изложенного следует вывод, что целесообразно изготовления кирпича с пустотами, расположенными перпендикулярно тепловому потоку. Это позволит существенно повысить сопротивление конструкции потерям тепла. Указанные закономерности объясняются тем, что в большей части известных публикаций по важнейшим теплотехническим характеристикам различных пустотных и пористых материалов чрезмерно преувеличена роль конвективной составляющей и мало учитывается роль теплового пограничного слоя на теплотехнические характеристики материалов [2, 4]. При учете его роли легче понять влияние пустотности материала на теплотехнические характеристики. Концепция теплового пограничного слоя позволяет понять причину того, что при одинаковой поровой структуре материалов их теплотехнические характеристики сильно отличаются.

Список литературы

1. Аниканова Т.В. Теплоизоляционные пенобетоны с ускоренным схватыванием. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Белгород, 2007. 22с.
2. Литовский Е.Я., Пучкевич Н.А. Теплофизические свойства огнеупоров. Справочное изд. М.: Металлургия, 1982. 152с.
3. Оноприенко Н.Н. Кладочные растворы на основе минеральных вяжущих с полимерными добавками. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Белгород, 2004. 22с.
4. Пучка О.В., Сергеев С.В., Вайсера С.С., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С.51-55.
5. Рахимбаев Ш.М., Аниканова Т.В. Некоторые вопросы снижения энерго- и материалоемкости, повышения качества строительных материалов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. №1. С.23-25.
6. Сайт по вопросам применения современных строительных материалов и технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bronerol.ru/>
7. Сайт проектировщиков России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.proektant.ru/content/3133.html>
8. Сайт «Стройка своими руками» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://svouimirukami.ru/articles/kirpich-krasnyj-proizvodstvo-primenenie-kak-vybrat.html>
9. Справочник по производству строительной керамики. Под ред. М.М. Наумова и К.А. Нахратяна. М.: Госстрой, 1962.
10. Харламов А.Г. Теплопроводность высокотемпературных теплоизоляторов. М.: Атомиздат, 1980. 100с.

Рецензенты:

Ильина Т.Н., д.т.н., профессор кафедры «Теплогоснабжение и вентиляция» ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», г.Белгород.

Черватова А.В., д.т.н., профессор кафедры «Материаловедения и технологии материалов» ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород.