

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕН ИЗ МЕЛКИХ БЛОКОВ С ВОЗДУШНЫМИ ПУСТОТАМИ

К.т.н., доцент М. Махмудов, магистрант М. Султанова

Стены из мелких блоков, даже из полнотелых, изготавливаемых из легких и ячеистых бетонов обладают большим термическим сопротивлением по сравнению со стенами, выполненными из бетонов, например мелкозернистого бетона. Коэффициент теплопроводности мелкозернистого бетона почти в 5 раз превышает коэффициент теплопроводности керамзитобетона плотностью $\gamma_0=1000 \text{ кг/м}^3$, в 4 раза превышает коэффициент теплопроводности пенобетона такой же плотности [1]. Поэтому несмотря высокой прочности мелких стеновых блоков из мелкозернистого бетона нельзя использовать для наружных стен отапливаемых зданий.

Одним из распространенных путей повышения термического сопротивления стен из мелких блоков из мелкозернистого бетона является устройство в их толще воздушной прослойки. Её используют в различных целях во многих конструкциях: для повышения сопротивления теплопередаче в конструкциях окон, витражей. В наружных стенах и покрытиях воздушную прослойку часто используют для предупреждения переувлажнения и чтобы дать возможность высыхания увлажненного теплоизоляционного слоя. В этом случае воздушная прослойка бывает вентилируемой. Когда воздушная прослойка используется в целях повышения сопротивления теплопередаче конструкции, она должна быть герметичной, т.е. замкнутой.

Из курса физики известно, что теплопроводность неподвижного воздуха очень мала. Однако результаты опытов Нуссельта показали, что воздух обладает переменным коэффициентом теплопроводности. Он зависит от ширины прослойки и изменяется в пределах от $\lambda=0,023$

Вт/(м·°С) при бесконечно тонких прослойках, до $\lambda=0,081$ Вт/(м·°С) при прослойках до 0,14 м толщины [2]. Поэтому сопротивление теплопередаче воздушной прослойки $R_{в.п}$ не может быть определено как термическое сопротивление воздуха.

Если бы в воздушных прослойках воздух находился бы в состоянии покоя, то их термическое сопротивление было бы очень высоким. В действительности, в воздушных прослойках ограждающих конструкций воздух всегда движется, например, у более теплой поверхности вертикальных прослоек он перемещается вверх, а у холодной – вниз, т.е. получается циркуляция воздуха. В прослойках с движущимся воздухом количество тепла, передаваемое путем теплопроводности, очень мало по сравнению с теплопередачей путем конвекции.

При увеличении толщины воздушной прослойки количество тепла, передаваемого путем конвекции, возрастает, поскольку влияние трения воздушных струек о стенки уменьшается. Количество лучистого тепла, передаваемого от более теплой поверхности к более холодной, не зависит от толщины воздушной прослойки; оно определяется коэффициентом излучения поверхностей и разностью, пропорциональной четвертым степеням их абсолютных температур.

Для применения в практических расчетах в КМК [1] приведены значения термических сопротивлений замкнутых воздушных прослоек, указанные в табл.1. Величины $R_{в.п}$, приведенные в табл.1, соответствуют разности температур на поверхностях прослоек, равной 10°С. В работе [3], [4] предлагается при других значениях разности температур ввести к значениям $R_{в.п}$ поправки: при разности температур 8°, величину $R_{в.п}$ умножит на коэффициент 1,05, а при разности 6° - на 1,10. Однако в КМК [1] оговорок о таких поправках не имеется.

Наиболее эффективным методом увеличения термического сопротивления прослойки является разделение его тонкими стенками на ряд узких слоев.

Таблица 1.

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{в.п.}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$			
	горизонтальной прослойки при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной прослойки при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положи- тельной	отрица- тельной	положи- тельной	отрица- тельной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,21
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Приведенные данные о термическом сопротивлении относятся к замкнутым плоским воздушным прослойкам. Поскольку легкие и ячеистые бетоны являются относительно воздухопроницаемыми, к замкнутым могут быть отнесены воздушные прослойки в стеновых блоках из более плотного мелкозернистого бетона. Он практически не пропускает воздуха при тех величинах разности давлений, наблюдаемых в эксплуатируемых зданиях.

Иногда в бетонных или керамических блоках предусматривают прямоугольные пустоты небольшой длины, часто приближающиеся к квадратной форме. В таких пустотах передача лучистого тепла возрастает за счет дополнительного излучения боковых стенок. Прирост величины α_d незначителен при отношении длины прослойки к ее толщине, равной 3:1 или более; в пустотах квадратной или круглой формы этот прирост достигает 20%. По мнению многих авторов [3], [5], эквивалентный коэффициент теплопроводности, учитывающий передачу тепла конвекцией и излучением в квадратных и круглых пустотах значительных размеров (70-100 мм) существенно возрастает, в связи с чем использование таких пустот в материалах с небольшой теплопроводностью (0,50

$Bm/(m \cdot ^\circ C)$ и менее) не имеет смысла. Применение квадратных или круглых пустот крупного размера в изделиях из тяжелых бетонов имеет цель уменьшения расхода материала и веса.

В противоположность этому, применение плоских тонких воздушных прослоек, особенно при многорядном их расположении в шахматном порядке (рис.2), целесообразно.

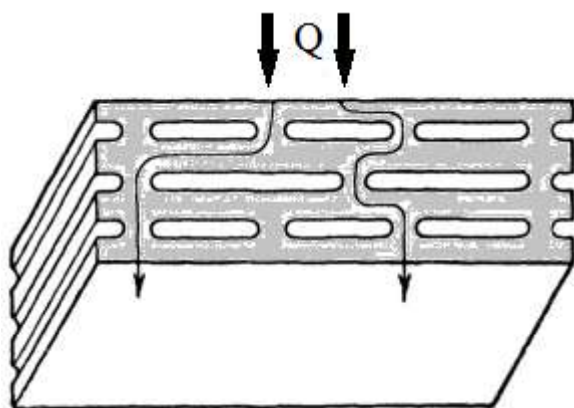


Рис.2. Целесообразное, в теплотехническом отношении, многорядное расположение воздушных прослоек в шахматном порядке: Q – поток тепла (стрелками показан извилистый путь прохождения тепла через сплошной материал).

При однорядном размещении воздушных прослоек более эффективно их расположение в наружной части конструкции (если обеспечена ее воздухо непроницаемость), поскольку, термическое сопротивление таких прослоек в холодный период года возрастает. Но, в случае проникновения холодного наружного воздуха в прослойку теплоизоляционные качества сводятся на нет.

Теплофизическая эффективность воздушных прослоек в летних условиях (защита от перегрева помещений) снижается по сравнению с холодным периодом года.

Основываясь на результаты многочисленных экспериментальных и теоретических исследований эксплуатационных качеств мелких стеновых блоков из различных бетонов, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко при участии НИИЖБ (Россия) разработан межгосударственный стандарт (ГОСТ 6133-99) на «Камни бетонные стеновые», где установлены технические условия на изготовление, оценку качества этих блоков - камней. Этот ГОСТ согласован с Госархитектстроем Республики Узбекистан и действует на территории нашей республики.

Положения этого стандарта распространяется на стеновые бетонные камни, изготовленные вибропрессованием, прессованием, формованием или другими способами из легких, тяжелых и мелкозернистых бетонов, применяемых при возведении стен и других конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Согласно положению стандарта камни изготавливают, как правило, в форме прямоугольного параллелепипеда. Номинальные размеры камней, используемых для кладки стен, приведены в табл.2.

Таблица 2.

Номинальные размеры камней [6]

Тип камней	Размеры камней, мм		
	Длина l	Ширина b	Высота h
Для кладки стен	288	288	138
	288	138	138
	390	190	188
	290	190	188
	190	190	188
	90	190	188

Торцы у камней могут быть плоскими, с пазами или иметь шпунт и гребень. Допускается изготавливать камни с одной плоской торцевой гранью. Углы у камней могут быть прямыми или закругленными. Опорные поверхности камней могут быть плоскими или иметь продольные пазы, расположенные на расстоянии не менее 20 мм от боковой поверхности камня.

Камни изготавливают пустотелыми и полнотелыми, но масса камня, по требованиям РСТ [6], должна быть не более 31 кг, чтобы один человек мог поднимать. В пустотелых блоках воздушные пустоты необходимо располагать перпендикулярно опорной поверхности камня и распределять равномерно по его сечению.

Толщина наружных стенок и вертикальных диафрагм пустотелых камней должна быть не менее 20 мм, горизонтальной диафрагмы для камней с несквозными пустотами - не менее 10 мм.

Несмотря на установленные требования к теплотехническим качествам стеновых блоков из различных бетонов, фирмы, занимающиеся изготовлением стеновых бетонных блоков, в целях экономии материала, продолжают производить их с крупными пустотами различных конфигураций (рис.3).

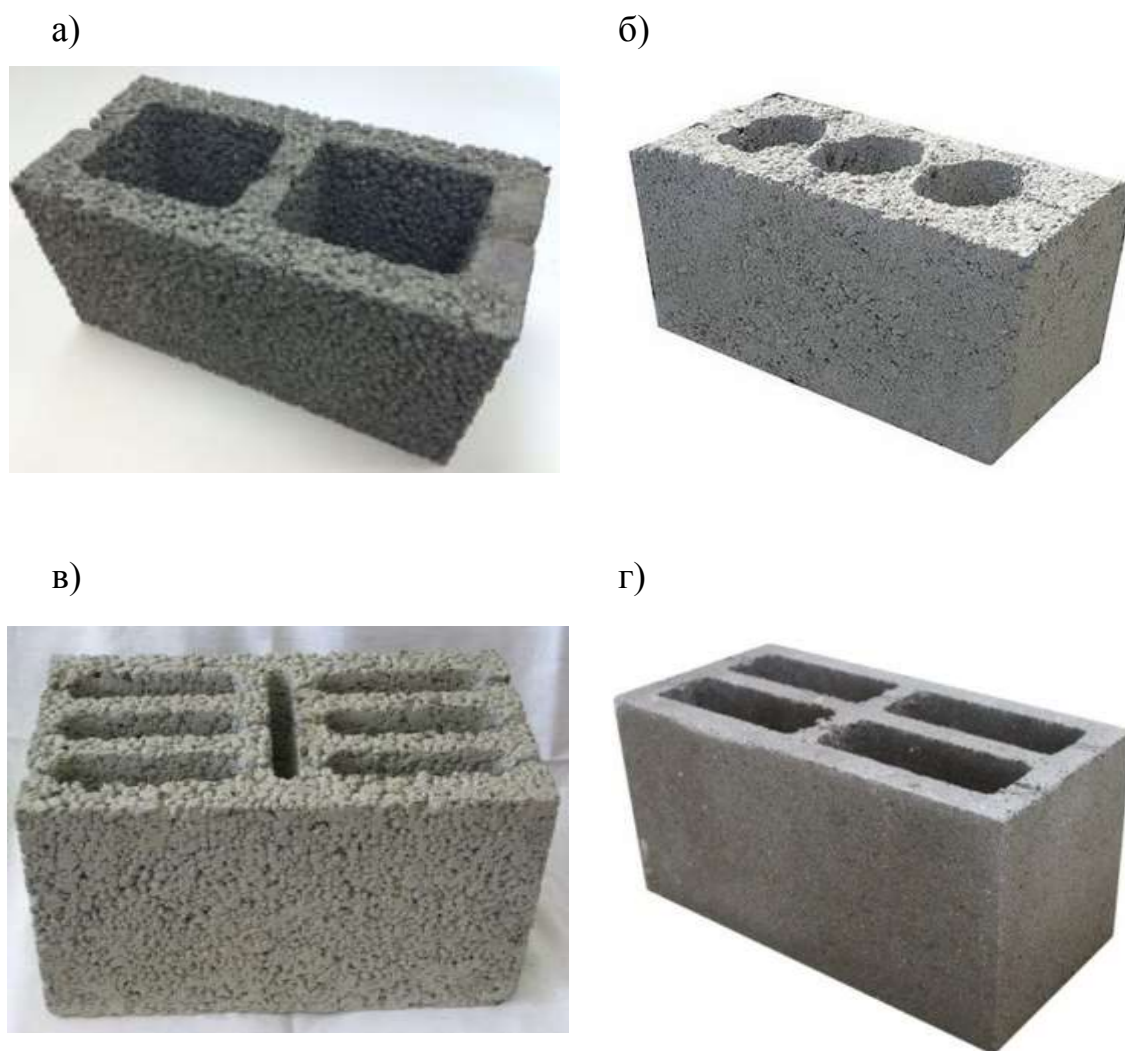


Рис.3. Разновидности мелких стеновых блоков с воздушными пустотами: а - двухпустотный блок из керамзитобетона; б - то же, трехпустотный блок; в - то же, семищелевой блок из керамзитобетона; г - четырехщелевой блок из пескобетона.

Масса одного такого блок колеблется в пределах от 11 до 14 кг, а коэффициент теплопроводности по проекту – в пределах от 0,19 до 0,27 $Вт/(м \cdot ^\circ C)$ [7].

Анализ состава бетона (в основном мелкозернистого), используемых частными фирмами для изготовления мелких стеновых блоков, показывает, что при проектном классе прочности В7,5 (М100) на 1 м³ бетона расходуется цемент М400 250...260 кг, щебень фракции 5...10 мм 1000-1050 кг, песок фракции менее 5 мм 760...780 кг вода 220-230 л.

Многие фирмы выпускают в основном двухпустотные блоки, габаритные размеры которых в некоторых случаях отличаются от размеров, регламентированных в нормативных документах. О теплозащитных свойствах таких стеновых блоков говорить не приходится. Их практически нельзя использовать в наружных стенах отапливаемых зданий, особенно жилых.

Чтобы получить возможность применения мелких стеновых блоков из мелкозернистого бетона в наружных ограждающих конструкциях отапливаемых зданий, необходимо будет разработать вариант блоков с многорядными узкими щелями, располагаемыми перпендикулярно направлению теплового потока, для повышения их приведенного термического сопротивления.

В республике с каждым годом растет объем строительства зданий и сооружений. Для осуществления этих грандиозных задач требуется увеличение объема производства стеновых материалов. В настоящее время при строительстве зданий, например, жилых используется в основном кирпич. Производство кирпича является очень энергоёмким процессом. По этому следует разработать альтернативные методы производства других, менее энергоёмких мелкоштучных стеновых элементов, например мелких стеновых блоков из мелкозернистых бетонов, не уступающих кирпичным стенам по теплозащитным качествам.

Использованная литература:

1. КМК 2.01.04-97*. Строительная теплотехника / Госкомархитекстрой РУз. – Тошкент : АКАТМ, 2011. – 98 с.

2. Последние достижения в строительстве из бетонитовых камней [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tehne.com/event/arhivsyachina/arhiv-sa-poslednie-dostizheniya-v-stroitelstve-iz-betonitovyh-kamney-1928>.

3. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции микроклимат зданий) : [Учебное пособие для инж. строительных вузов] / В.М. Ильинский. –М.: Высшая школа, 1974. - 320 с.

4. Термическое сопротивление воздушных прослоек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arhplan.ru/reference/thermophysics/termicheskoe-soprotivlenie-vozdushnyh-prosloek>.

5. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): [Учебник для вузов] / В.Н. Богословский. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Высшая школа, 1982. - 415 с.

6. РСТ.УЗ 530-95. Кирпич и камни керамические. Технические условия [Текст] / - Ташкент: Госкомархитекстрой РУз, 1996. -28 с.

7. Организация производства бетонных строительных блоков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.megaresearch.ru/work_examples/biznes-plany/252.