

УДК 666.965:541.183

В. Б. МАРТЫНОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН ЖИЛОГО ДОМА,
ВЫПОЛНЕННЫХ КЛАДКОЙ ИЗ ГАЗОПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ
БЛОКОВ**

Приведены результаты исследований эксплуатируемой ограждающей конструкции (наружной стены) жилого дома, выполненной кладкой из газополистиролбетонных блоков. Разработаны предложения по конструктиву основного узлового соединения наружная стена-колонна. По результатам расчетов установлено энергоэффективное сопряжение наружной стены с частичным заземлением колонны. Приведенное сопротивление теплопередачи составляет $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ и коэффициент теплотехнической неоднородности $r = 0,84$. Проведены натурные исследования эксплуатируемой ограждающей конструкции. Установлено, что при уменьшении влажности конструкции снижается коэффициент теплопроводности и увеличивается термическое сопротивление $R_{\Sigma \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ при влажности $W = 14 \%$ ограждающей конструкции.

газополистиролбетонные блоки, энергоэффективность, коэффициент теплопроводности**ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ПРОБЛЕМЫ,
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

В стройиндустрии в последнее время все чаще поднимается вопрос энергоэффективности. На сегодняшний день большинство жилых зданий не соответствуют требованиям энергоэффективной эксплуатации. Теплопотери и теплотраты зданий происходят через внешние стены (30–40 % от общих потерь), через окна и балконные двери (20–30 %), через чердачные перекрытия (4–6 %), через надподвальные перекрытия и цоколи (3–5 %) и до 50 % при теплообмене в квартирах [1]. В связи с этим разрабатываются новые методики по ее учету ISO 17790, вводятся новые изменения к требованиям (зміна № 1 від 01.06.2013 р. до ДБН В.2.6-31:2006). Соответственно предъявляются новые требования к зданиям, строениям и сооружениям, конструктивным и инженерно-техническим решениям отдельных элементов, конструкциям зданий. Это вызывает необходимость разработки и внедрения в практику строительства новых материалов и конструкций с высокими теплозащитными характеристиками, обеспечивающих экономию топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации зданий и сооружений. К таким материалам можно отнести полистиролбетоны, ячеистые газо- и пенобетоны, обеспечивающие строительство комфортного жилья. Модифицированные полистиролбетоны характеризуются высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами – $\rho_0 = 250\text{--}350 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\lambda = 0,080\text{--}0,112 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$, F100-F200, усадка ϵ не более 1,5 мм/м. [2]. Комбинирование ячеистых бетонов с полистирольным утеплителем обеспечивает получение эффективных стеновых изделий – газополистиролбетонов, которые по сравнению с традиционными ячеистыми бетонами характеризуются повышенными теплофизическими свойствами [3].

Использование в составе газобетонной смеси с расчетной плотностью 800–900 кг/м³ гранул вспененного полистирола как заполнителя позволит получать газополистиролбетоны марок Д 400–Д 600. Ранее в работе [4] изучены физико-механические свойства газополистиролбетона. Изделия из газополистиролбетона можно использовать при возведении самонесущих стен, перегородок, заполнения наружных стен при каркасно-монолитном домостроении. Поэтому особый интерес представляет изучение эксплуатационных свойств ограждающей конструкции (наружной стены), выполненной из газополистиролбетонных блоков.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование влияния ограждающей конструкции, выполненной кладкой из газополістиролбетонных блоков, на показатели энергоэффективности.

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении экспериментов в качестве смешанного вяжущего применяли портландцемент М 500 Балаклеевского комбината, известь негашеную первый сорт с содержанием СаО+МgО не менее 80 %, кремнеземистый компонент – золу-унос Кураховской ТЭС, алюминиевую пудру ПАП-2. В качестве заполнителя использовали гранулы вспененного полистирола – отход дробления обрезков пенополистирольных массивов. Средняя плотность используемого вспененного полистирола составляет 33 кг/м³.

Формовали газополістиролбетонные блоки с размерами 0,500×0,300×0,300 м с расчетной средней плотностью 900 кг/м³. Фактическая марка по средней плотности блоков Д500, класс по прочности при сжатии В2.

Расчетное термическое сопротивление наружной стены из газополістиролбетонных блоков на клеевом растворе толщиной 5 мм составило R = 3,29 м²·К/Вт. Наружная стена облицована с внутренней и внешней сторон теплоизоляционной штукатуркой «Тепловер» толщиной 20 мм.

Коэффициент теплопроводности определяли измерителем теплопроводности материалов «МИТ-1», который предназначен для оперативного определения теплопроводности теплоизоляционных материалов зондовым методом.

Прибор «МИТ-1» (рис. 1) состоит из электронного блока (1), измерительного зонда (2) и внешнего источника питания (3) с выходным напряжением 9В. На лицевой панели корпуса электронного блока расположены клавиатура и окно графического дисплея. Принцип действия прибора основан на измерении изменения температуры измерительного зонда за определенное время при его нагреве постоянной мощностью. Рабочие условия эксплуатации прибора таковы: диапазон температуры –10...+40 °С, относительная влажность воздуха до 80 %, атмосферное давление 84,0...106,7 кПа.

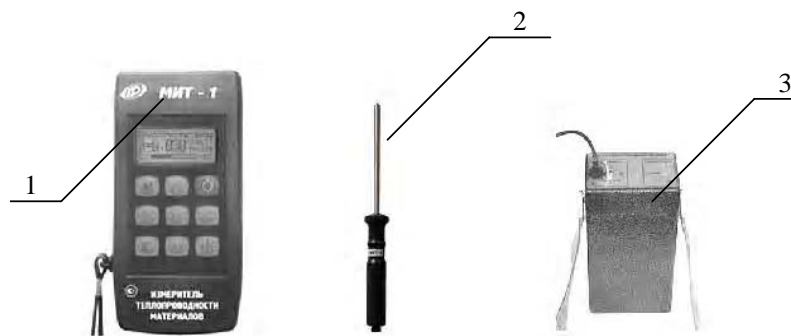


Рисунок 1 – Измеритель теплопроводности материалов «МИТ-1»: 1 – электронный блок; 2 – измерительный зонд; 3 – внешний источник питания.

Измерение параметров окружающей среды осуществляется при помощи прецизионного термогигрометра «Meterman TRH22» (рис. 2). Диапазон измерения температуры от –20 до +60 °С и относительной влажности воздуха от 0 до 100 %.

Температура поверхности исследуемой наружной стены определяется термометром с ИК-технологией измерений «Meterman IR608» (рис. 3). ИК-технология позволяет термометру не касаться объекта при измерении его температуры. Диапазон измерения температуры от –18 до +400 °С.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ

Как правило, для снижения энергетических затрат при проектировании наружных стен здания одним из основных решений является увеличение толщины теплоизоляционного или конструктивно-теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции. В то же время известно, что при увеличении сопротивления теплопередаче наружных стен возрастает сток теплоты через теплопроводные включения, откосы проемов, стыки с плитами перекрытия, покрытия, колонн. При этом резко снижается величина приведенного сопротивления теплопередаче по сравнению с сопротивлением теплопередаче, рассчитанным по «глади» конструкции [5].



Рисунок 2 – Термогигрометр «Meterman TRH22».



Рисунок 3 – Термометр «Meterman IR608».

Произведен расчет приведенного сопротивления теплопередачи фрагмента сопряжения наружной стены из газополстиролбетонных блоков и железобетонной колонны с полным и частичным заземлением. Размеры сечения колонны 0,300×0,300 м.

Приведенное сопротивление теплопередачи рассчитывалось для каждого узлового соединения наружной стены и колонны с помощью численного моделирования температурных полей с использованием программы THERM 7.0.

Данный метод сечений позволяет учитывать в полной мере влияние всех теплопроводных включений и дополнительных теплопотерь через участки конструкции, а также отражает трансмиссионные потери теплоты через наружную стену.

Результаты расчетов представлены на рис. 4 и табл. 1. Анализ полученных результатов показывает, что значительны стоки теплоты через участки примыкания колонны внутри наружной стены, что не наблюдается при сопряжении частичного размещения колонны в наружной стене.

Таблица 1 – Результаты расчета приведенных сопротивлений теплопередачи

Виды конструкции наружной стены	Вид сопряжения	Тепловой поток U, Вт/(м ² ·К)	Коэффициент теплотехнической однородности g	Сопротивление теплопередачи, м ² ·К/Вт	
				по основному полю, R _Σ	приведенное, R _{Σпр}
Кладка из газополстиролбетонных блоков	I	0,69	0,40	3,61	1,45
	II	0,33	0,84		3,32

В то же время температура поверхности конструкции для II вида сопряжения составляет 18,6 °С, что соответствует нормативным требованиям, а температура поверхности конструкции для I вида сопряжения составляет 4 °С, что не допустимо.

При этом коэффициент теплотехнической однородности составил для I вида сопряжения $r = 0,4$, что значительно ниже допустимого согласно [6] и II вида сопряжения $r = 0,84$.

Приведенное сопротивление теплопередачи для II вида сопряжения также значительно выше $R_{\Sigma пр} = 3,32$ м²·К/Вт, чем для I вида сопряжения $R_{\Sigma пр} = 1,45$ м²·К/Вт.

Кроме того, проведены натурные исследования ограждающей конструкции. Измеряли коэффициент теплопроводности и по результатам измерений температуры как внутренней, так и наружной поверхности стены, рассчитывали сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции.

Также определяли влажность образцов-цилиндров стандартным методом.

Образцы выпиливались из ограждающей конструкции. Схема размещения точек измерений элемента ограждающей конструкции представлена на рис. 5. Результаты расчетов сведены в табл. 2.

В начальный момент проведения натурных исследований зафиксировано термическое сопротивление $R_{\Sigma, ср} = 2,984$ м²·К/Вт при влажности $W = 27$ % ограждающей конструкции. При уменьшении влажности конструкции наблюдается снижение коэффициента теплопроводности и увеличение термического сопротивления $R_{\Sigma, ср} = 3,932$ м²·К/Вт при влажности $W = 14$ % ограждающей конструкции. В то же время наблюдается снижение термического сопротивления от $R_{\Sigma, ср} = 4,763$ м²·К/Вт до $R_{\Sigma, ср} = 4,006$ м²·К/Вт. Это

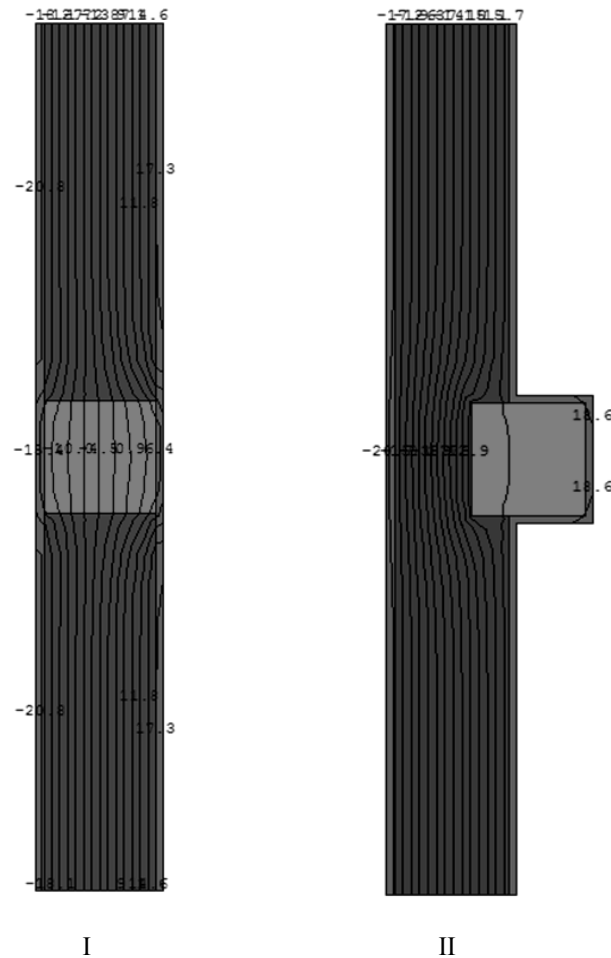


Рисунок 4 – Распределение плотности теплового потока по сечению наружной стены и колонны: I – размещение колонны внутри наружной стены; II – частичное размещение колонны в наружной стене.

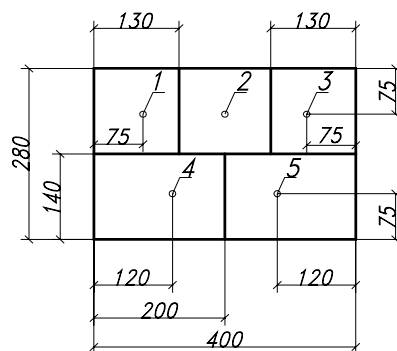


Рисунок 5 – Схема размещения точек измерений элемента ограждающей конструкции.

связано с изменением температурно-влажностного режима наружной стены. Недооценка температурно-влажностного режима эксплуатируемого ограждения может привести к выпадению конденсата, систематическому влагонакоплению в толще конструкции, снижению долговечности, а иногда и разрушению [7].

По результатам исследования можно сделать следующие выводы: ограждающая конструкция (наружная стена) выполненная кладкой из газополстиролбетонных блоков с видом сопряжения частичного размещения колонны в наружной стене отвечает современным требованиям строительства Украины по энергоэффективности. Приведенное сопротивление теплопередачи составляет $R_{\Sigma пр} = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ и коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,84$. Для остальных видов сопряжения конструкций необходимо предусмотреть теплоизоляцию, что требует дополнительных капиталовложений. При

Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов ограждающей конструкции

Дата, месяц, год	№ точки	Температура внутренней поверхности ограждения, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Температура внешней поверхности ограждения, $t_{вн}, ^\circ\text{C}$	Влажность воздуха внутри помещения, $W_{в}, \%$	Влажность наружного воздуха, $W_{н}, \%$	Температура внешней поверхности ограждения, $t_{вн}, ^\circ\text{C}$	Температура наружной поверхности ограждения, $t_{н}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент теплопроводности, $\lambda_{в}, \text{Вт}\cdot\text{м}^2/\text{}^\circ\text{C}$	Коэффициент теплопроводности, $\lambda_{н}, \text{Вт}\cdot\text{м}^2/\text{}^\circ\text{C}$	Среднее значение коэффициента теплопроводности, $\lambda_{ср}, \text{Вт}\cdot\text{м}^2/\text{}^\circ\text{C}$	Термическое сопротивление, $R_{\Sigma}, \text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$	Среднее термическое сопротивление, $R_{\Sigma,ср}, \text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$
07.05.13 г.	1	21,2	17,4			0,0898	0,1083	0,0991	3,18		2,984	
	2	21,2	18,1			0,0944	0,1046	0,0995	2,59			
	3	21,6	17,9	35		0,0884	0,1032	0,0958	3,2			
	4	20,8	17,8			0,0832	0,0925	0,0879	2,83			
	5	21,2	17,6			0,0863	0,1050	0,096	3,11			
17.05.13 г.	1	24,2	25,4			0,1060	0,0903	0,0982	4,61		4,763	
	2	24,4	25,6			0,1046	0,0933	0,099	4,57			
	3	24,6	26	51		0,1070	0,1034	0,1052	5,02			
	4	24	25,1			0,0956	0,0891	0,0924	4,5			
	5	24,2	25,6			0,1044	0,1031	0,1038	5,09			
31.05.13 г.	1	25,8	30			0,0958	0,1099	0,103	3,96		4,006	
	2	25,8	29,6			0,0882	0,0906	0,0894	4,13			
	3	26,2	30,4	28,1		0,0957	0,1193	0,1075	3,8			
	4	25,8	29,8			0,0846	0,1215	0,1031	3,77			
	5	25,8	30,2			0,0942	0,101	0,0976	4,37			
05.06.13г.	1	23,8	21,4			0,0927	0,0988	0,0958	3,7		4,05	
	2	24	21,2			0,0903	0,0897	0,0900	4,1			
	3	24,4	22,2	68,9		0,089	0,0958	0,0924	3,52			
	4	23,8	19,6			0,0764	0,1139	0,0952	4,35			
	5	23,8	19,6			0,0938	0,0868	0,0903	4,58			
14.06.13г.	1	26,4	32,8			0,0913	0,1030	0,0972	3,07		3,932	
	2	26,6	32,6			0,0899	0,1059	0,0979	2,85			
	3	26,8	36,2	30,6		0,0895	0,0999	0,0947	4,62			
	4	26,8	36,2			0,0822	0,1046	0,0934	4,68			
	5	26,8	36,2			0,0938	0,1031	0,0985	4,44			

уменьшении влажности эксплуатируемой ограждающей конструкции от $W = 27\%$ до $W = 14\%$ снижается коэффициент теплопроводности и повышается термическое сопротивление от $R_{\Sigma, \text{ср}} = 2,984 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ до $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$, что превосходит по требованиям значения коэффициента сопротивления теплопередачи для жилых зданий в некоторых европейских странах, таких как Нидерланды, Германия, Италия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиротин, О. В. Актуальные проблемы и перспективы массового применения автоклавного газобетона в строительстве Украины [Текст] / О. В. Сиротин // Технологии бетонов. – 2012. – № 9–10. – С. 47–49.
2. Сахаров, Г. П. Теплоизоляционные экологически безопасные материалы для ограждающих конструкций зданий [Текст] / Г. П. Сахаров // Технологии бетонов. – 2005. – № 1. – С. 20–22.
3. Влагоденос в многослойных изделиях из полистиролгазобетона [Текст] / А. А. Пак, Р. Н. Сухорукова, Д. А. Андреев, А. М. Цирлин // Строительные материалы. – 2007. – № 6. – С. 48–49.
4. Мартынова, В. Б. Неавтоклавные ячеистые бетоны с повышенными физическими и механическими свойствами [Текст] : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / Мартынова В. Б. ; ДонНАБА. – Макеевка, 2008. – 23 с.
5. Детлеф Вернеке. Энергоэффективное строительство – это мировая тенденция [Текст] / Детлеф Вернеке // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 10. – С. 26–27.
6. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – На заміну СНиП II-3-79 ; чинні від 2007-04-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 71 с.
7. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К. Ф. Фокин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1973. – 287 с.

Получено 18.10.2013

В. Б. МАРТИНОВА РІВЕНЬ ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ СТІН ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ, ВИКОНАНИХ КЛАДКОЮ З ГАЗОПОЛІСТИРОЛБЕТОННИХ БЛОКІВ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Наведені результати досліджень експлуатованої огорожувальної конструкції (зовнішньої стіни) житлового будинку, виконаної кладкою з газополістиролбетонних блоків. Розроблені пропозиції з конструктиву основного вузлового з'єднання зовнішньої стіна-колона. За результатами розрахунків встановлено, енергоефективне з'єднання зовнішньої стіни з частковим защемленням колони. Приведений опір теплопередачі складає $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,03 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ та коефіцієнт теплотехнічної неоднорідності $r = 0,84$. Проведено натурні дослідження експлуатованої огорожувальної конструкції. Встановлено, що при зниженні вологості конструкції знижується коефіцієнт теплопровідності та збільшується термічний опір $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ при вологості $W = 14\%$ огорожувальної конструкції.
газополістиролбетонні блоки, енергоефективність, коефіцієнт теплопровідності

VITA MARTYNOVA LEVEL OF HEAT COVER OF OUTWARD SHEENS OF DWELLING-HOUSE, EXECUTED LAYING FROM GASPOLYSTYROLCONCRETE BLOCKS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The results of researches of on-the-road non-load-bearing construction (out wall) of dwelling-house are Resulted, executed laying from gaspolystyrolconcrete blocks have been given. Suggestions on constructive basic key connections outward wall-column have been developed. On results calculations, energy effective interface of out wall with partial jamming of column have been found out. Given resistance of heat transfer makes $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,03 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ and coefficient of heating engineering heterogeneity of $r = 0,84$. Model researches of on-the-road non-load-bearing construction have been carried out. Is has been found out that at diminishing of humidity of construction the coefficient of heat conductivity backs off and thermal resistance of $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ at humidity of $W = 14\%$ of the non-load-bearing construction increases.
gaspolystyrolconcrete blocks, energy effectiveness, coefficient of heat conductivity

Мартынова Віта Борисівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури промислових та цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: ніздрюваті бетони з підвищеними фізико-механічними властивостями.

Мартынова Вита Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: ячеистые бетоны с повышенными физическими и механическими свойствами.

Martynova Vita – PhD (Eng.), Associate Professor, Architecture of Industrial and Civil Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concrete with increased physical and mechanical properties.