

УДК 691.33

Майсурадзе Н.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: maisuradze64@mail.ru

Морозова Н.Н. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ninamor@mail.ru

Галиев Т.Ф. – студент

E-mail: galiev.uralsk@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование влияния термолитового наполнителя на теплофизические свойства мелкозернистых бетонов

Аннотация

Приведен анализ теплоизоляционных материалов и преимущества различных фасадных и стеновых систем ограждающих конструкций зданий. Показано, что термолитовый наполнитель представляющий собой легкий порошок модифицированного диатомита с плотностью 700 кг/м^3 и размером зерен от 0,16 до 1 мм, может быть компонентом бетона ограждающих изделий. В этом случае важны их теплофизические свойства для установления толщины стен ограждения. В результате введение термолитового наполнителя в количестве 10 и 20 % взамен цемента в пескобетоне снижает его коэффициент теплопроводности на 34 % и 65 % соответственно, в керамзитобетоне – на 7 и 13 %, а в полистиролбетоне – только на 5 % при введении 20 % наполнителя.

Ключевые слова: термолит, мелкозернистый бетон, теплопроводность, наполнитель, раствор.

Введение

Устройство теплоизоляции ограждающих конструкций зданий ассоциируется преимущественно с сохранением тепла. Грамотно сделанная теплоизоляция – это защита конструкций дома от разрушительного воздействия внешних факторов, снижение эксплуатационных расходов, связанных с ремонтом, комфортным температурно-влажностным режимом в помещении. Поэтому устройство теплоизоляции ограждающих конструкций здания предполагает системный подход [1].

Сегодня на строительном рынке представлено огромное количество теплоизоляционных материалов (ТИМ). Их классифицируют по различным принципам: виду исходного сырья (органические и неорганические), внешнему виду и форме (рулонные, штучные, сыпучие), по структуре (волокнистые, ячеистые, зернистые), жесткости, теплопроводности, горючести, принципам теплопередачи и т.д. Разнообразие ТИМ еще раз подтверждает аксиому, что универсального утеплителя не существует. В каждом конкретном случае эффективность и эксплуатационная стойкость теплоизоляционного материала определяется не только его свойствами, но и способностью длительное время выдерживать эксплуатационные нагрузки [2-5].

Среди фасадных систем утепления наибольшее распространение получили вентилируемые фасады, где применяется негорючая и паропроницаемая теплоизоляция (минераловатные плиты) и тонкоштукатурные системы, в которых используются минераловатные плиты и блочный пенополистирол (ППС). Основным преимуществом блочного ППС является доступная стоимость, а вот по тепло- и звукоизоляции, водопоглощению он уступает экструдированному ППС [6].

Производители сухих строительных смесей активно продвигают на строительный рынок «теплую штукатурку» [7]. Технология утепления проста и аналогична нанесению обычной штукатурки. «Теплая штукатурка» представляет штукатурную смесь, где вместо обычного песка используется пористый наполнитель с низкой теплопроводностью: гранулы пеностекла или пенополистирольные шарики, а также древесные опилки, вспученные гранулы вермикулита или перлита и др. Физические свойства наполнителей определяют свойства каждого вида «теплой штукатурки»: теплопроводность, горючесть, водопоглощение, массу, токсичность, биологическую уязвимость, воздухопроницаемость и

др., которые значительно различаются. Например, коэффициент теплопроводности «теплых штукатурок» колеблется в пределах от 0,065 до 0,35 Вт/м·К в зависимости от наполнителя.

Характеристика материалов и методика исследования

Термолитовый наполнитель – порошок модифицированного диатомита с размером зерен от 0,16 до 1 мм. Термолит характеризовался следующими показателями:

- насыпная плотность 700 кг/м³;
- истинная плотность 2260 кг/м³.

По внешнему виду термолитовый наполнитель рыхлая неоднородная масса, частички материала около 1 мм легко разрушаются в руках.

Диатомит тонкоизмельченный – порошок однородной массы, с удельной поверхностью 4330 см²/г.

Крупный заполнитель – **керамзитовый гравий** с насыпной плотностью 560 кг/м³ Казанского завода керамзитового гравия с наибольшим размере зерен 10 мм и 480 кг/м³ Нижнекамского завода керамзитового гравия.

Мелкий заполнитель – **песок для строительных работ** (два вида песка с модулем крупности 1,4 и 2,5) в соответствии с ГОСТ 8736-2014; **пенополистирольный заполнитель** с размером зерен до 5 мм, насыпная плотность 24 кг/м³ ООО «Пластбау» г. Казань, **керамзитовый песок** Нижнекамского завода керамзитового гравия с насыпной плотностью 613 кг/м³.

В качестве вяжущего использовали **портландцемент** Мордовского завода ПАО «Мордовцемент» марки ЦЕМ II/A-II 42,5 Б с 5 % минеральной добавки по ГОСТ 31108-2003.

Определение теплопроводности и сопротивления теплопередаче исследуемых материалов выполняли в соответствии с ГОСТ 7076-99 на измерителе теплопроводности ИТП-МГ4 «100», предназначенном для измерения теплопроводности и термического сопротивления строительных и теплоизоляционных материалов при стационарном тепловом режиме. Прибор собран по асимметричной схеме в соответствии с ГОСТ 7076-99. Прибор обеспечивает определение коэффициента теплопроводности в диапазоне 0,02...1,5 Вт/(м·К) и термического сопротивления в диапазоне 0,01...1,5 м²·К/Вт.

Принцип работы прибора заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым граням образца.

Образцы для испытаний изготавливали в виде прямоугольного параллелепипеда (пластин), наибольшие (лицевые) грани которого имеют форму квадрата со стороной 100x100 мм. Длину и ширину образца в плане измеряли металлической линейкой с погрешностью не более 0,5 мм. Грани образца, контактирующие с рабочими поверхностями плит прибора, имели плотное прилегание. Отклонение лицевых граней жесткого образца от параллельности составляло не более 0,5 мм.

Перед испытанием образцы высушивали до постоянной массы. По окончании сушки определяли массу образца и его плотность, после чего помещали в прибор для определения его коэффициента теплопроводности и термического сопротивления.

Обсуждение результатов испытаний

Как было выше замечено, использование крупного заполнителя для изготовления образцов – пластин на исследование теплофизических свойств приводит к значительному разбросу и невозможности установления четкого влияния исследуемого наполнителя. Поэтому были изготовлены образцы с применением только мелкого заполнителя (песка) – мелкозернистый бетон.

С этой целью изготовлены бетонные образцы – пластины размером 100x100 мм и толщиной 16±7 мм с различными заполнителями (керамзитовый гравий с размером до 10 мм, вспученный пенополистирольный заполнитель с размером зерен до 5 мм и строительный песок с М_{кр}=1,4). Составы бетонов приведены в табл. 1. После тепловой обработки все образцы были высушены до постоянной массы и подвергнуты испытанию на теплофизические свойства. Результаты испытаний бетонов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Составы бетонов с термолитовым наполнителем

Вид бетона	Расход материалов на замес, г			В/Т
	портландцемент	заполнитель	наполнитель	
Керамзитобетон	300	300	0	0,42
	270		30	
	240		60	
Полистиролбетон	300	12	0	0,32
	270		30	
	240		60	
Пескобетон (раствор)	300	900	0	0,33
	285		15	
	270		30	
	240		60	

Таблица 2

Теплофизические показатели бетонов с термолитовым наполнителем (ТН)

Вид бетона	Доля ТН, % от массы цемента	В/Т	№ образца	Плотность бетона, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/м К	Сопротивление теплопередаче, м ² К/Вт	
Керамзитобетон	0	0,42	1	1203	0,190	0,115	
			2	1214	0,203	0,113	
			3	1282	0,281	0,081	
				<i>Среднее:</i>	1233	0,225	0,103
	10	0,42	1	1133	0,159	0,113	
			2	1206	0,254	0,078	
			3	1169	0,219	0,086	
				<i>Среднее:</i>	1170	0,210	0,092
	20	0,42	1	1138	0,219	0,073	
			2	1137	0,182	0,118	
			3	1159	0,188	0,109	
				<i>Среднее:</i>	1145	0,196	0,100
Полистиролбетон	0	0,32	1	648	0,119	0,189	
			2	628	0,115	0,173	
			3	608	0,111	0,171	
				<i>Среднее:</i>	628	0,115	0,173
	10	0,32	1	502	0,117	0,196	
			2	543	0,114	0,192	
			3	532	0,116	0,169	
				<i>Среднее:</i>	525	0,116	0,186
	20	0,32	1	480	0,096	0,177	
			2	525	0,113	0,150	
			3	557	0,117	0,179	
				<i>Среднее:</i>	521	0,109	0,169
Пескобетон	0	0,33	1	1950	0,529	0,039	
			2	1970	0,528	0,037	
			3	2007	0,746	0,028	
				<i>Среднее:</i>	1976	0,600	0,035
	5	0,33	1	2010	0,319	0,056	
			2	1969	0,440	0,035	
			3	2025	0,445	0,041	
				<i>Среднее:</i>	2001	0,401	0,044
	10	0,33	1	1909	0,429	0,037	
			2	1948	0,464	0,038	
			3	1957	0,292	0,057	
				<i>Среднее:</i>	1938	0,395	0,044
20	0,33	1	1867	0,172	0,058		
		2	1851	0,235	0,046		
		3	1796	0,213	0,042		
			<i>Среднее:</i>	1838	0,207	0,049	

Выбор приведенных в табл. 1 видов бетонов обоснован различными факторами. Во-первых, в недалеком прошлом широко использовали керамзитобетон для индустриального домостроения. На его основе изготавливали ограждающие конструкции для каркасной, монолитной, панельной технологий строительства и смешанных архитектурно-строительных систем. Из-за ужесточения требований теплоизоляции ограждений стали использовать многослойные конструкции стен. Однако, разработки последних лет в области материаловедения и технологии позволяют вновь вернуться к однослойным керамзитобетонным ограждениям стен [8]. Поэтому в работе проведен анализ влияния термолитового наполнителя на керамзитобетон. Другим уникальным теплоизоляционным материалом для эффективного процесса теплоэнергосбережения считается полистиролбетон [9], который востребован для быстрого возведения зданий. Приведенные эти два вида легкого бетона могут быть использованы для производства мелких стеновых изделий, которые, в свою очередь, соединяются в конструкцию клеевым раствором. Поэтому для полного цикла изготовления стен зданий все элементы должны обладать сравнимо низкими теплотехническими показателями [10, 11].

В связи с этим в работе исследован пескобетон, который может быть использован в качестве строительного раствора.

Анализ экспериментальных результатов табл. 2 показывает, что введение термолитового наполнителя 10 и 20 % взамен цемента в керамзитобетон снижает плотность на 5 и 7 % , а коэффициент теплопроводности – на 7 и 13 % соответственно. Введение термолитового наполнителя 10 и 20 % взамен цемента в полистиролбетон снижает плотность на 16 и 17 % соответственно, но коэффициент теплопроводности его снижается только на 5 % при введении 20 % наполнителя.

В случае, введения термолитового наполнителя в пескобетон в количестве 10 и 20 % взамен цемента снижает его плотность лишь на 2 и 7 % , а коэффициент теплопроводности его снижается на 34 % и 65 % соответственно. Этот факт очень важен для кладочных растворов, позволяющий на доступных, недорогих материалах получить конструкции стен, которые вписываются в идеологию эффективного процесса теплоэнергосбережения современных зданий, в том числе и для высотных.

Следует также заметить, что термолитовый наполнитель более существенные изменения вносит в изменение коэффициента теплопроводности, но мало изменяет плотность исследуемых бетонов, что связано с заполнением пустот в структуре бетона.

Полученные теплотехнические показатели керамзитобетона позволяют сделать заключение о толщине стен на его основе. Так, требуемое сопротивление теплопередаче, согласно условия СНиП 23-02-2003, составит:

$$R_{01}^{mp} = \frac{n(t_g - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_g} = \frac{1(20 + 32)}{4 \cdot 8,7} = 1,49 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Величина градусо-суток отопительного периода для г. Казани составляет:

$$\text{ГСОП} = (20 + 5,2) \cdot 215 = 5418 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ сут.}$$

Тогда требуемое термическое сопротивление из условия энергосбережения наружной стены для г. Казани составит $R_{02}^{mp} = 3,29 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. В этом случае толщина стены из керамзитобетонных изделий с плотностью 1200 кг/м³ составит 740 мм, при применении модифицированного керамзитобетона добавкой термолита в количестве 20 % позволит уменьшить толщину стены на 13 %. При использовании в качестве ограждающих изделий из полистиролбетона уменьшение толщины стены составит лишь 5,3 %.

Таким образом, не сложный технологический прием – введение термолитового наполнителя при приготовлении бетонной смеси на заводах, способствует улучшению теплофизических свойства изделий на цементных бетонах. Как видно из результатов исследований термолитовый наполнитель наиболее эффективен в бетонах с большей плотностью. Наиболее реализуемым из числа исследованных бетонов может стать мелкозернистый бетон в виде теплого кладочного раствора и керамзитобетон в виде мелких стеновых блоков, изготавливаемых методом вибропрессования.

Список библиографических ссылок

1. Куприянов В.Н. Основные принципы конструирования наружных стен с

- ограничением конденсации в них парообразной влаги // Строительство и реконструкция. 2015, № 2 (58). – С. 120-127.
2. Матыева А.К., Озубекова Р.С. Современные энергосберегающие теплоизоляционные материалы для пассивных домов // Вестник КГУСТА, 2014, № 4. – С. 35-40.
 3. Рахимов Р.З., Шелихов Н.С. Современные теплоизоляционные материалы. Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2006. – 392 с.
 4. Морозова Н.Н., Майсурадзе Н.В., Галиев Т.Ф., Потапова Л.И. Эффективность применения воздухововлекающих добавок в гипсовых материалах // Вестник Казанского технологического университета, 2016, т. 19, № 2. – С. 31-33.
 5. Морозова Н.Н., Кузнецова Г.В., Голосов А.К. Влияние цементов разных производителей на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона // Строительные материалы, 2014, № 5. – С. 49-51.
 6. Рязанова Г.Н., Нетишина К.А. Анализ существующих систем вентилируемых фасадов // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство СГАСУ. – Самара, 2016. – С. 287-289.
 7. Воронкина Е.П. Фасадная теплоизоляционная штукатурка // В сборнике: Образование, наука, производство Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 1913-1916.
 8. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К. Стеновые керамзитобетонные конструкции – перспективный материал для индустриального домостроения // Жилищное строительство, 2011, № 3. – С. 55-59.
 9. Есипова А.А., Комарова Н.Д. Полистиролбетон – оправданное решение для утепления // Новый университет. Серия: Технические науки, 2016, № 1 (47). – С. 29-33.
 10. Могушков Р.Т., Бойков И.В., Скориков Р.Е. Применение полистиролбетона в строительстве // В сборнике: Развитие технических наук в современном мире Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, 2015. – С. 135-138.
 11. Лещенко М.В., Семко В.А. Теплотехнические свойства стеновых ограждающих конструкций из стальных тонкостенных профилей и полистиролбетона // Инженерно-строительный журнал, 2015, № 8 (60). – С. 44-55.

Maisuradze N.V. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: maisuradze64@mail.ru

Morozova N.N. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: ninamor@mail.ru

Galiev T.F. – student

E-mail: galiev.uralsk@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The study of influence of filler material on the thermal properties of fine-grained concrete

Resume

The analysis of thermal insulation materials and facade systems of buildings and constructions, which are important for the thermophysical properties was shown. With this aim the article presents the research on the influence of filler material on the thermal conductivity coefficient and the thickness of the enclosure walls. The conductivity coefficient was measured by the method of heat flow on the ITP-MG4 device. The filler material is a lightweight powder of a modified diatomite with a density of 700 kg/m³ and a grain size from 0,16 to 1 mm. Considered only fine-grained concrete. As a result, the introduction of the filler material in an amount of 10 and 20 % instead of cement in sand concrete reduces its conductivity by 34 % and 65 %, respectively, in the expanded clay lightweight concrete by 7 and 13 %, and in the polystyrene only by 5 % with the introduction of 20 % of the filler. This fact is very important for mortars, allowing by using available, inexpensive materials to design walls that fit into the ideology of the efficient

heat energy saving of modern buildings, including high-rises.

The use of filler material is most effective in concrete with higher density.

Keywords: termolit, fine concrete, the thermal conductivity, a filler, a solution of.

Reference list

1. Kupriyanov V.N. Basic principles of designing external walls with the limitation of condensation in them of moisture vapor // Construction and reconstruction, 2015, № 2 (58). – P. 120-127.
2. Matieva A.K., Ozubekova R.S. Modern energy-saving thermal insulation materials for passive houses // Bulletin KSUCTA, 2014, № 4. – P. 35-40.
3. Rakhimov R.Z., Shelikhov N.S. Modern insulation materials. Textbook. – Kazan: KSUAE, 2006. – 392 p.
4. Morozova N.N., Maisuradze N.In., Galiev T.F., Potapova L.I. Efficiency of application of air-entraining additives in the gypsum materials // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2016, Vol. 19, № 2. – P. 31-33.
5. Morozova N.N., Kuznetsova G.V., Golosov A.K. the Influence of cements from different manufacturers on the properties of cellular-concrete autoclaved aerated concrete // Building materials, 2014, № 5. – P. 49-51.
6. Ryazanova G.N., Netesina K.A. Analysis of existing systems of ventilated facades // In the book: Tradition and innovation in construction and architecture. The construction of Samara state University of architecture and construction. Samara, 2016. – P. 287-289.
7. Voronina E.P., Shukhov V.G. Facade thermo-insulation plaster // In the book: Education, science, production, Belgorod state technological University, 2015. – P. 1913-1916.
8. Gorin V.M., Tokarev S.A., Kabanova M.K. Wall claydite-concrete construction – a promising material for industrial Housing construction, 2011, № 3. – P. 55-59.
9. Esipova A.A., Komarov N.D. The polystyrene – viable solution for insulating New University. Series: Technical Sciences, 2016, № 1 (47). – P. 29-33.
10. Mogushkov R.T., Boykov I.V., Skorikov R.E. Use of polystyrene concrete in construction // In the book: the Development of technical Sciences in the modern world the Collection of scientific papers on the results of international scientific-practical conference, 2015. – P. 135-138.
11. Leshchenko V.M., Semko V.A. Thermal properties of the wall enclosing structures made of steel thin-walled profiles and polystyrene concrete // Journal of Civil Engineering, 2015, № 8 (60). – P. 44-55.