

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ



УДК 699.86

DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.3

Ю. С. ВЫТЧИКОВ
М. Е. САПАРЁВ
А. С. ПРИЛЕПСКИЙ
Д. Д. КОНЯКИНА

ОЦЕНКА ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛОДЦЕВЫХ КЛАДОК С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПЕСЧАНОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА

ASSESSMENT OF THERMAL PROTECTIVE CHARACTERISTICS OF WELL MASONRY WITH
THE USE OF NO-FINE EXPANDED-CLAY LIGHTWEIGHT CONCRETE

В рамках реализации программ по переселению из ветхого жилья и сельскому строительству особое внимание уделяется вопросам строительства малоэтажных энергоэффективных зданий. Анализ различных технологий возведения малоэтажных зданий выявил целесообразность применения керамзитобетона в качестве конструкционного и теплоизоляционного материала в трехслойных наружных стенах и колодцевых кладках. Представленный теплотехнический расчет оригинальной конструкции колодцевой кладки показал достаточно высокие значения приведенного сопротивления теплопередаче и коэффициента теплотехнической однородности. Более высокая точность представленной инженерной методики теплотехнического расчета подтверждена сравнением полученных данных по сопротивлению теплопередаче наружной стены приближенным аналитическим методом с данными компьютерного моделирования температурных полей методом конечных элементов.

Ключевые слова: колодцевая кладка, беспесчаный керамзитобетон, сопротивление теплопередаче, теплотехническая однородность, коэффициент теплопроводности

В практике строительства в России колодцевые кладки широко использовались при возведении наружных стен. В качестве несущих слоев чаще всего применялась кладка из кирпича на цементно-песчаном растворе, а сам колодец заполнялся, как правило, засыпным материалом, обладающим относительно невысоким значением коэффициента теплопроводности.

В связи с реализацией программы энергосбережения в строительстве, начиная с 1995 г.

As part of the implementation of programs for the resettlement of dilapidated housing and rural construction, special attention is paid to the construction of low-rise energy-efficient buildings. Analysis of various technologies for the construction of low-rise buildings revealed the feasibility of using expanded clay concrete as a structural and insulating material in three-layer exterior walls and well laying. The presented heat engineering calculation of the original construction of the well masonry showed rather high values of the reduced heat transfer resistance and the coefficient of heat engineering uniformity. Rather high accuracy of the presented engineering technique of thermal engineering calculation is confirmed by comparison of the received data on resistance to heat transfer of an external wall by the approximate analytical method with data of computer simulation of temperature fields by a finite element method.

Keywords: well laying, unalloyed claydite-concrete, heat transfer resistance, heat engineering uniformity, heat conductivity coefficient

существенно возросли нормативные требования по теплозащите ограждающих конструкций, что отразилось на их конструктивных решениях.

Ввиду относительно невысоких значений коэффициента теплотехнической однородности колодцевых кладок они были заменены на слоистые с использованием эффективных полимерных теплоизоляционных материалов. В качестве утеплителей в слоистых кладках широко используются плиты из базальтовой минваты, стекловаты и пенополистирола.

В процессе эксплуатации наружных стен с указанными выше теплоизоляционными материалами происходит их увлажнение за счет конденсации водяных паров при пониженных температурах внутри слоев [1], что приводит к снижению теплозащитных свойств утеплителей. Применение пароизоляции в слоистых кладках не всегда оказывается эффективным из-за возможного ее прорыва при установке гибких связей. Одним из существенных недостатков слоистых кладок, утепленных относительно недолговечными полимерными материалами, является их ремонтнепригодность.

Весьма перспективным направлением, как показано в работах [1–5], является использование легких бетонов в строительных ограждающих конструкциях. В работах [1–4] рассмотрено применение крупнопористого керамзитобетона при производстве трехслойных стеновых панелей заводского изготовления.

При возведении наружных стен малоэтажных зданий целесообразно использовать колодцевые кладки с применением беспесчаного керамзитобетона, обладающего по сравнению с обычным керамзитобетоном более низкими значениями коэффициента теплопроводности при одинаковой плотности, что следует из результатов исследований, представленных в работах [5, 6].

Авторами настоящей работы был выполнен теплотехнический расчет наружной стены (рис. 1).

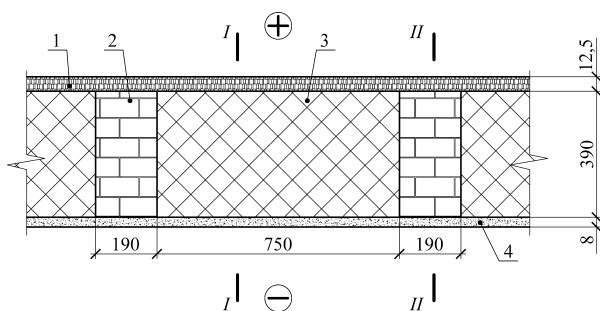


Рис. 1. Разрез по наружной стене (исполнение 1): 1 – гипсокартон, $\delta_1=0,0125$ м; $\gamma_1=800$ кг/м³; $\lambda_1=0,19$ Вт/(м·°С); $\mu_1=0,075$ мг/(м·ч·Па); 2 – стеновой камень из беспесчаного керамзитобетона производства ООО «Вита терм», $\delta_2=0,39$ м; $\gamma_2=650$ кг/м³; $\lambda_2=0,142$ Вт/(м·°С); $\mu_2=0,15$ мг/(м·ч·Па); 3 – беспесчаный монолитный керамзитобетон, $\delta_3=0,39$ м; $\gamma_3=300, 350, 400, 450, 500$ кг/м³; 4 – латонит, $\delta_4=0,009$ м; $\gamma_4=1790$ кг/м³; $\lambda_4=0,21$ Вт/(м·°С); $\mu_4=0,019$ мг/(м·ч·Па)

Показанная на рис. 1 наружная стена выполнена в виде колодцевой кладки с размерами колодца 0,39×0,75×0,5 м. Заливка колодцев беспесчаным керамзитобетоном выполняется по всему периметру коттеджа на высоту $h = 0,5$ м. После набора необходимой прочно-

сти беспесчаным керамзитобетоном (при его затвердевании) укладывается сетка и выполняется стяжка цементно-песчаным раствором толщиной 10 мм. Далее в изложенной выше последовательности устанавливается следующий ряд стеновых камней, к которому крепятся шурупами листы гипсокартона и латонита.

Теплофизические характеристики беспесчаного керамзитобетона определялись по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», а латонита – по экспериментальным данным, полученным в аккредитованной лаборатории теплотехнических испытаний СамГТУ.

Сопrotивление теплопередаче колодцевой кладки определялось по методике, подробно изложенной в [7]. Согласно [7] термическое сопротивление рассматриваемого фрагмента кладки наружной стены рассчитывалось по формуле

$$R = R_1 + R_2 + R_3, \text{ (м}^2\cdot\text{°С)/Вт}, \quad (1)$$

где R_1 – термическое сопротивление слоя гипсокартона, (м²·°С)/Вт; R_2 – термическое сопротивление второго слоя, выполненного из монолитного беспесчаного керамзитобетона и стеновых камней, (м²·°С)/Вт; R_3 – термическое сопротивление слоя латонита, (м²·°С)/Вт.

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,0125}{0,19} = 0,066 \text{ (м}^2\cdot\text{°С)/Вт};$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,009}{0,21} = 0,043 \text{ (м}^2\cdot\text{°С)/Вт}.$$

Так как во втором слое однородность материала нарушена, средний коэффициент теплопроводности его материалов был определен согласно [7] по формуле

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_3 F_I + \lambda_2 F_{II}}{F_I + F_{II}}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)}, \quad (2)$$

где F_I, F_{II} – площади, занимаемые на фрагменте наружной стены беспесчаным монолитным керамзитобетоном и стеновыми камнями соответственно, м².

В качестве примера подробно рассмотрим определение сопротивления теплопередаче колодцевой кладки с монолитным керамзитобетоном плотностью $\gamma = 500$ кг/м³.

$$\lambda_{cp} = \frac{0,13 \cdot 0,75 \cdot 0,5 + 0,142 \cdot 0,19 \cdot 0,5}{0,75 \cdot 0,5 + 0,19 \cdot 0,5} = 0,133 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)}.$$

В целях проверки точности изложенного выше приближенного аналитического метода был выполнен расчет температурного поля в горизонтальном сечении фрагмента наружной стены при различных плотностях моно-

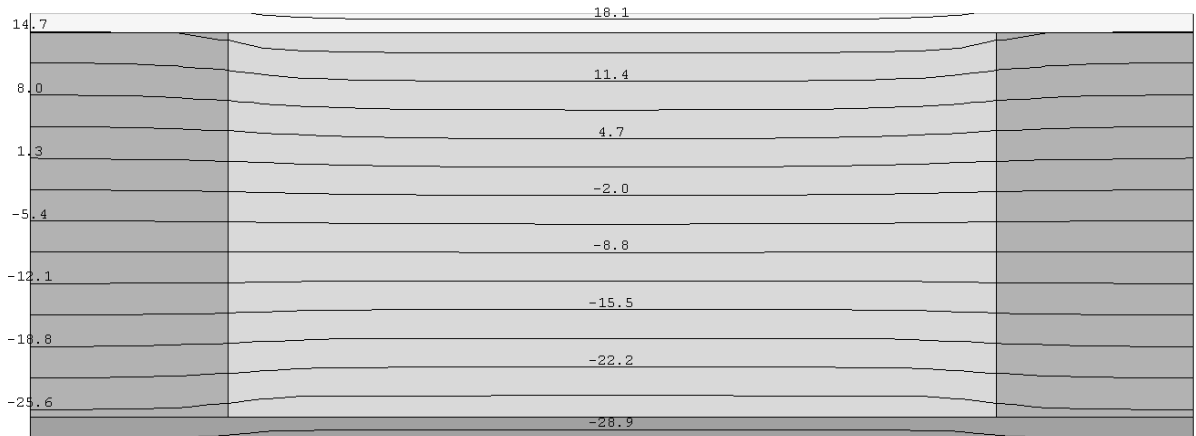


Рис. 2. Температурное поле в наружной стене

литного беспесчаного керамзитобетона по программе THERM 7.6.1.0 с помощью метода конечных элементов.

В качестве примера на рис. 2 представлено температурное поле в наружной стене.

По полученным температурным полям были определены значения среднего коэффициента теплопроводности в сечении колодезной кладки, которые практически совпали с данными приближенного аналитического метода, что подтверждает достаточную для инженерных расчетов точность рассматриваемого выше приближенного метода.

Для того чтобы учесть влияние цементно-песчаной стяжки между отдельными фрагментами колодезной кладки по высоте здания на значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены, необходимо определить осредненное значение коэффициента теплопроводности второго слоя по высоте здания.

$$\bar{\lambda}_{cp} = \frac{\lambda_{cp} F_{фп} + \lambda_{cm} F_{cm}}{F_{фп} + F_{cm}}, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}), \quad (3)$$

где λ_{cm} – коэффициент теплопроводности стяжки из цементно-песчаного раствора, Вт/(м·°С); $F_{фп}$, F_{cm} – площади фрагмента колодезной кладки и стяжки соответственно, м².

$$\bar{\lambda}_{cp} = \frac{0,133 \cdot 0,47 + 0,76 \cdot 0,0094}{0,47 + 0,0094} = 0,145 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}).$$

Термическое сопротивление наружной стены рассчитывалось по формуле

$$R = R_1 + \frac{\delta_2}{\bar{\lambda}_{cp}} + R_3 = 0,066 + \frac{0,39}{0,145} + 0,043 = 2,8 \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{С)}/\text{Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены составило 2,96 (м²·°С)/Вт.

Результаты теплотехнического расчета наружных стен, утепленных беспесчаным керамзитобетоном, представлены в таблице и на рис. 3.

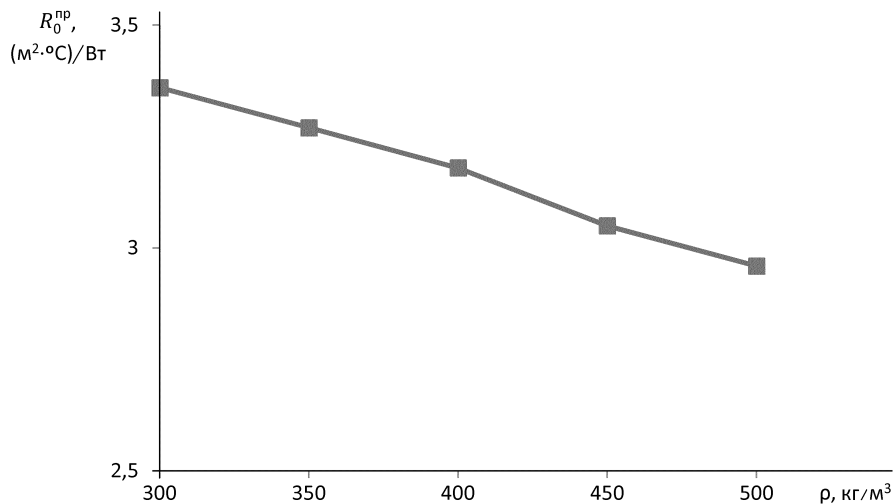


Рис. 3. Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены от плотности беспесчаного керамзитобетона

Результаты теплотехнического расчета наружной стены

Плотность беспесчаного керамзитобетона ρ , кг/м ³	Сопротивление теплопередаче наружной стены R_0^{ycl} , (м ² ·°С)/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены R_0^{np} , (м ² ·°С)/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности $r = R_0^{np} / R_0^{ycl}$
300	3,98	3,36	0,844
350	3,81	3,27	0,858
400	3,66	3,18	0,869
450	3,44	3,05	0,887
500	3,27	2,96	0,905

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче наружной стены жилого здания, строящегося в Самаре, при расчетной температуре внутреннего воздуха $t_g = 22$ °С, согласно СП 50.13330.2012, составило $R_0^{mp} = 3,33$ (м²·°С)/Вт.

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче определялось по формуле

$$R_0^{norm} = R_0^{mp} m_p, \text{ (м}^2\cdot\text{°С)/Вт,}$$

где m_p – районный коэффициент, принимаемый согласно СП 50.13330.2012 от 0,63 до 1,0 в зависимости от величины удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.

Минимально допустимое значение теплопередаче наружной стены при значении $m_p = 0,63$ составляет 2,1 (м²·°С)/Вт. Следовательно, конструкция наружной стены, представленная на рис. 3, соответствует нормируемым требованиям по теплозащите.

Расчет влажностного режима рассматриваемой конструкции наружной стены при плотности беспесчаного керамзитобетона, принимаемой в пределах от 300 до 500 кг/м³, выполненный согласно СП 50.13330.2012, показал на отсутствие накопления влаги за годовой период эксплуатации здания. Накопление влаги в наружной стене за период с отрицательными температурами не выходит за пределы сорбционного увлажнения.

Выводы. 1. Разработана упрощенная методика теплотехнического расчета колодцевых кладок, позволяющая учесть влияние цементно-песчаной стяжки на значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены.

2. На основе выполненных расчетов установлены зависимости для определения коэффициента теплотехнической однородности

и приведенного сопротивления теплопередаче при различных значениях плотности беспесчаного монолитного керамзитобетона, заливаемого в колодцевых кладках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю. М., Король Е. А., Ерофеев В. Т., Митина Е. А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. М.: АСВ, 2008. 320 с.
2. Баженов Ю.М., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. и др. Ограждающие конструкции на основе каркасного керамзитобетона для производственных зданий. М.: АСВ, 2005. 200 с.
3. Комиссаренко Б.С. Перспективы развития производства керамзитобетона с учетом современных задач стройиндустрии // Строительные материалы. 2000. №6. С. 22–23.
4. Горин В.М., Токарева С.А., Вытчиков Ю.С., Беляков И.Т., Шиянов Л.П. Применение стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона в жилищном строительстве // Строительные материалы. 2010. №5. С. 15–18.
5. Вытчиков Ю.С., Горин В.М., Токарева С.А. Исследование теплофизических характеристик стеновых панелей из беспесчаного керамзитобетона // Строительные материалы. 2011. №8. С.42–43.
6. Вытчиков Ю.С., Черенева А.В. Экспериментальное исследование воздухопроницаемости беспесчаного керамзитобетона // Строительные материалы. 2011. №7. С. 10–11.
7. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.

Об авторах:

ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович

кандидат технических наук, профессор кафедры общей и прикладной физики и химии Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: git.2008@mail.ru

САПАРЁВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: msx072007@yandex.ru

ПРИЛЕПСКИЙ Андрей Сергеевич

аспирант кафедры общей и прикладной физики и химии Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: git.2008@mail.ru

КОНЯКИНА Дарья Денисовна

студентка группы Т-61 Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: d.konyakina@yandex.ru

VYTCHEKOV Yuri S.

PhD in Engineering Science, Professor of the General and Applied Physics and Chemistry Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: git.2008@mail.ru

SAPAREV Mikhail E.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: msx072007@yandex.ru

PRILEPSKY Andrey S.

Postgraduate Student of the General and Applied Physics and Chemistry Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: git.2008@mail.ru

KONYAKINA Darya D.

Student of the Faculty of Engineering Systems and Environmental Construction Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: d.konyakina@yandex.ru

Для цитирования: Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Прилепский А.С., Конякина Д.Д. Оценка теплозащитных характеристик колодезных кладок с применением беспесчаного керамзитобетона // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, №1. С. 15–19. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.3.

For citation: Vytcikov Yu.S., Saparev M.E., Prilepsky A.S., Konyakina D.D. Evaluation of Heat-Protective Characteristics of Well Masonry with the Application of No-Fine Expanded-Clay Lightweight Concrete// Urban Construction and Architecture. 2019. V. 9, 1.Pp. 15–19. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.3.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»
ПРИГЛАШАЕТ ВАС ОПУБЛИКОВАТЬ СТАТЬЮ.
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ,
ИНДЕКСИРУЕТСЯ В РИНЦ, CROSSREF И ERIN PLUS.
ПО ВОПРОСАМ, СВЯЗАННЫМ С ПУБЛИКАЦИЕЙ СТАТЕЙ,
ОБРАЩАТЬСЯ VESTNIKSGASU@YANDEX.RU
ПОЛНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЖУРНАЛЕ НА САЙТЕ JOURNAL.SAMGASU.RU