

М. Е. САПАРЁВ  
Ю. С. ВЫТЧИКОВ  
А. С. ПРИЛЕПСКИЙ  
М. И. УРЯДОВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОТНОСТИ МОНОЛИТНОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE DENSITY OF MONOLITHIC EXPANDED-CLAY CONCRETE ON THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS OPERATED UNDER VARIABLE HEAT MODE

Представлены результаты теоретического исследования влияния плотности монолитного керамзитобетона на удельные энергозатраты при эксплуатации загородных коттеджей в условиях прерывистого отопления. Ввиду того, что наружные стены выполнены в виде колодезной кладки из различных материалов, в целях упрощения решения задачи произведено осреднение их основных теплофизических характеристик. При определении влияния нагрева наружной стены и удельных энергозатрат использовался авторский приближенный аналитический метод, удобный для инженерных расчетов. Проведенное исследование показало, что использование беспесчаного керамзитобетона значительно сокращает удельные энергозатраты по сравнению с обычным крупнопористым керамзитобетоном. Наименьшие энергозатраты по результатам расчета относятся к минимальной плотности беспесчаного керамзитобетона, равной 300 кг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** керамзитобетон, колодец, время нагрева, энергозатраты, отопление, сопротивление теплопередаче, аналитический метод

This article presents the results of a theoretical study of the impact of the density of monolithic expanded clay concrete on the specific energy consumption in the operation of the cottage building in conditions of intermittent heating. In view of the fact that the outer walls are made in the form of well masonry of various materials, in order to simplify the solution of the problem, averaging of their main thermal characteristics is made. In determining the effect of heating the outer wall and the specific energy used the author's approximate analytical method, convenient for engineering calculations. The study showed that the use no-fine expanded-clay lightweight concrete significantly reduces the specific energy consumption compared to conventional large-porous expanded clay. The lowest energy consumption according to the calculation results refers to the minimum density of sandless no-fine expanded-clay lightweight concrete, equal to 300 kg/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** expanded clay concrete, well, heating time, energy consumption, heating, heat transfer resistance, analytical method

Снижение энергетических затрат на отопление зданий и сооружений является одной из приоритетных задач современного строительства. Значительная часть жилых и производственных зданий эксплуатируется в настоящее время в условиях переменного теплового режима, вызванного периодическим пребыванием в них людей, а также не круглосуточной работой производственных предприятий.

Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» в зданиях с периодическим пребыванием людей, к которым относятся загородные коттеджи, лыжные базы, дома вахтовиков и т. д., должны в обязательном порядке

выполняться санитарно-гигиенические и comfortные требования к ограждающим конструкциям, а условие энергосбережения на них не распространяется. Несмотря на отсутствие нормативных требований по энергетической эффективности, вопросы экономии тепловой энергии при эксплуатации указанных выше зданий весьма актуальны.

Особенность теплотехнического расчета строительных ограждающих конструкций при прерывистом отоплении зданий заключается в том, что в процессе натопа помещений процесс теплопередачи в них является нестационарным. В связи с этим значительная часть тепловой энергии аккумулируется ограждаю-

щими конструкциями и лишь незначительная передается в окружающую среду.

Обзор научных работ [1–6] по оптимизации прерывистого отопления в жилых зданиях показал, что в настоящее время отсутствует доступная инженерная методика теплотехнического расчета.

Аналитические решения рассматриваемой задачи, представленные в работах [1, 2], получены при упрощающих допущениях. Начальная температура стенки в процессе натопа помещения принята равной температуре наружного воздуха. Решения задач нестационарной теплопередачи, приведенные в работах [5, 6], получены численными методами, поэтому воспользоваться ими не представляется возможным при проектировании зданий с прерывистым отоплением.

Авторский приближенный аналитический метод определения удельных энергозатрат на натоп помещений и времени нагрева подробно описан в работах [7, 8]. Он позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью выполнить расчет нестационарной теплопередачи в многослойных строительных ограждающих конструкциях без использования специализированных программ.

При строительстве малоэтажных зданий керамзитобетон нашел широкое применение в Российской Федерации. К достоинствам данного материала следует отнести его долговечность, экологичность и высокие теплоизоляционные свойства. В работах [9, 10] подробно рассмотрено применение керамзитобетона в строительстве. В качестве теплоизоляционного материала, как правило, используется беспесчаный и крупнопористый керамзитобетон малой плотности. В статье рассматривается применение указанных выше материалов в колодцевой кладке, представленной на рис. 1.

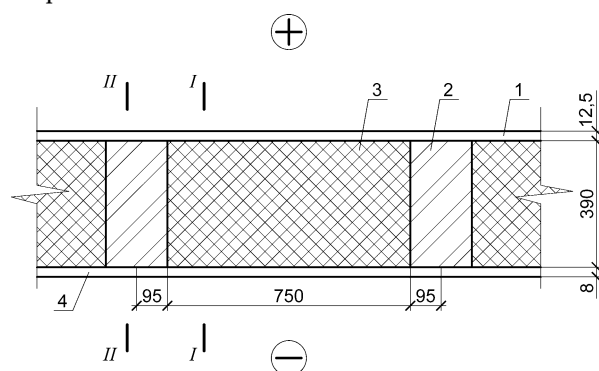


Рис. 1. Сечение по наружной стене:  
1 – гипсокартон; 2 – стеновой камень из беспесчаного керамзитобетона производства ООО «Вита-терм»; 3 – беспесчаный монолитный керамзитобетон; 4 – латонит

Высота колодца составляет 0,5 м, объем заполняемого монолитного керамзитобетона –  $0,39 \times 0,75 \times 0,5 = 0,146 \text{ м}^3$ . В вертикальной плоскости фрагменты колодцевой кладки (см. рис. 1) связаны между собой цементно-песчаной стяжкой толщиной 10 мм, выполняемой по монтажной сетке.

В работе [8] представлены зависимости для определения удельных энергозатрат и времени нагрева для многослойных конструкций, состоящих из слоев, выполненных из однородных материалов. В рассматриваемой кладке промежуточный слой состоит из трех различных материалов – беспесчаного монолитного керамзитобетона, стеновых блоков и цементно-песчаной стяжки. Поэтому в целях упрощения расчета были определены осредненные значения плотности, теплопроводности и теплоемкости, руководствуясь методикой, изложенной в [11].

В качестве примера рассмотрим расчет теплового режима загородного коттеджа, эксплуатируемого в условиях прерывистого отопления. Недельный цикл эксплуатации зданий состоит из четырех характерных стадий:

I стадия ( $0 \leq \tau \leq \tau_1$ ) характеризуется эксплуатацией здания при наличии дежурного отопления;

II стадия ( $\tau_1 < \tau < \tau_2$ ) – стадия натопа помещения;

III стадия ( $\tau_2 < \tau < \tau_3$ ) – стадия эксплуатации здания при наличии в нем людей;

IV стадия ( $\tau_3 \leq \tau \leq \tau_4$ ) – стадия охлаждения помещения при неработающей системе отопления.

В качестве исходных данных температура внутреннего воздуха помещений при дежурном отоплении принята равной  $t_{в1} = 12^\circ\text{C}$ , при расчетном режиме –  $t_{в2} = 22^\circ\text{C}$ . Район строительства – Самарская область. Удельные энергозатраты на нагрев наружной стены в процессе натопа помещений рассчитывались согласно [8] по формуле

$$Q_n = \sum_{i=1}^n c_i \cdot \rho_i \cdot \delta_i \cdot \Delta\tau_i, \text{ кДж/м}^2, \quad (1)$$

где  $c_i$  – удельная теплоемкость  $i$ -го слоя стены, кДж/кг $\cdot^\circ\text{C}$ ;  $\rho$  – плотность  $i$ -го слоя наружной стены, кг/м $^3$ ;  $\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя наружной стены, м;  $\Delta\tau_i$  – изменение температуры  $i$ -го слоя наружной стены,  $^\circ\text{C}$ .

$$\Delta\tau_i = t_{e2} - t_{e1} - \frac{t_{e2} - t_{e1}}{R_0^{уч}} \left( \frac{2}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n R_i \right), ^\circ\text{C},$$

где  $R_0^{уч}$  – сопротивление теплопередаче глади наружной стены, (м $^2\cdot^\circ\text{C}$ )/Вт;  $\alpha_e$  – коэффициент теплопередачи со стороны внутренней поверх-

ности стены, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $R_i$  – термическое сопротивление слоя наружной стены, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт.

Время нагрева наружной стены определялось по формуле

$$\tau_n = \frac{Q_n \cdot 10^3}{q_{om}} \cdot \frac{1 + 2\varphi}{1 + \varphi}, \text{ с}, \quad (2)$$

где  $q_{om} = \frac{t_s - t_n}{R_0}$  – удельный тепловой поток,

передаваемый от системы отопления, Вт/м<sup>2</sup>;  $\varphi$  – безразмерный критерий граничных условий.

Результаты теплотехнического расчета, выполненного с использованием формул (1) и (2), представлены в табл. 1 и 2 для 5 вариантов исполнения наружных стен. В вариантах 1–3 в колодцы заливается монолитный беспесчаный керамзитобетон плотностью 300, 400 и 500 кг/м<sup>3</sup> соответственно, в вариантах 4, 5 – крупнопористый керамзитобетон плотностью 500 и 600 кг/м<sup>3</sup>.

Удельные энергозатраты за неделю эксплуатации здания рассчитывались по формуле

$$Q_\Sigma = Q_I + Q_{II} + Q_{III} \text{ кДж/м}^2, \quad (3)$$

где  $Q_I$ ,  $Q_{II}$ ,  $Q_{III}$  – удельные энергозатраты на I–III стадиях эксплуатации здания соответственно, кДж/м<sup>2</sup>;

$$Q_I = q_{om}^I \Delta\tau_I;$$

$$Q_{II} = Q_{II};$$

$$Q_{III} = q_{om}^{III} \Delta\tau_{III}$$

где  $q_{om}^I$ ,  $q_{om}^{III}$  – удельный тепловой поток от системы отопления при эксплуатации здания на I и III стадиях соответственно, Вт/м<sup>2</sup>;  $\Delta\tau_I$  – продолжительность работы дежурной системы отопления, с;  $\Delta\tau_{III}$  – продолжительность работы системы отопления на расчетном режиме, с.

Таблица 1

Результаты теплотехнического расчета наружных стен загородного коттеджа

| № варианта исполнения | Материал для заполнения колодца       | Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | Средний коэффициент теплопроводности исследуемой кладки $\bar{\lambda}_{cp}$ , Вт/(м·°C) | Сопротивление теплопередаче $R_0$ (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт | Время прогрева наружной стены $\tau_n$ , ч |
|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| 1                     | Монолитный беспесчаный керамзитобетон | $\frac{300}{398,7}$                  | 0,126  | 3,36  | 26,1                                       |
| 2                     | Монолитный беспесчаный керамзитобетон | $\frac{400}{477}$                    | 0,134  | 3,18  | 29,63                                      |
| 3                     | Монолитный беспесчаный керамзитобетон | $\frac{500}{555,1}$                  | 0,145  | 2,96  | 30,9                                       |
| 4                     | Крупнопористый керамзитобетон         | $\frac{500}{555,1}$                  | 0,176  | 2,48  | 25,8                                       |
| 5                     | Крупнопористый керамзитобетон         | $\frac{600}{633}$                    | 0,199  | 2,23  | 26,2                                       |

Примечание. В знаменателе приведены осредненные значения плотности исследуемой кладки, в числителе – плотности монолитного керамзитобетона.

Таблица 2

Результаты расчета удельных энергозатрат  
при недельной эксплуатации загородного коттеджа

| №<br>варианта исполнения | Материал<br>для заполнения колодца    | Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | Энергозатраты, кДж/м <sup>2</sup> |                                 |                            |                           |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                          |                                       |                                      | на прогрев стены $Q_{II}$         | на компенсацию<br>теплопотерь   |                            | суммарные<br>$Q_{\Sigma}$ |
|                          |                                       |                                      |                                   | в расчетном<br>режиме $Q_{III}$ | в дежурном<br>режиме $Q_I$ |                           |
| 1                        | Монолитный беспесчаный керамзитобетон | 300                                  | 717,7                             | 2674,9                          | 3051                       | 6443,6                    |
| 2                        | Монолитный беспесчаный керамзитобетон | 400                                  | 842,6                             | 2825,3                          | 3221,8                     | 6889,7                    |
| 3                        | Монолитный беспесчаный керамзитобетон | 500                                  | 962,9                             | 3036,1                          | 3465,9                     | 7464,9                    |
| 4                        | Крупно-<br>пористый керамзитобетон    | 500                                  | 955                               | 3624                            | 5118,4                     | 9697                      |
| 5                        | Крупно-<br>пористый керамзитобетон    | 600                                  | 1078                              | 4026                            | 5691,9                     | 10796                     |

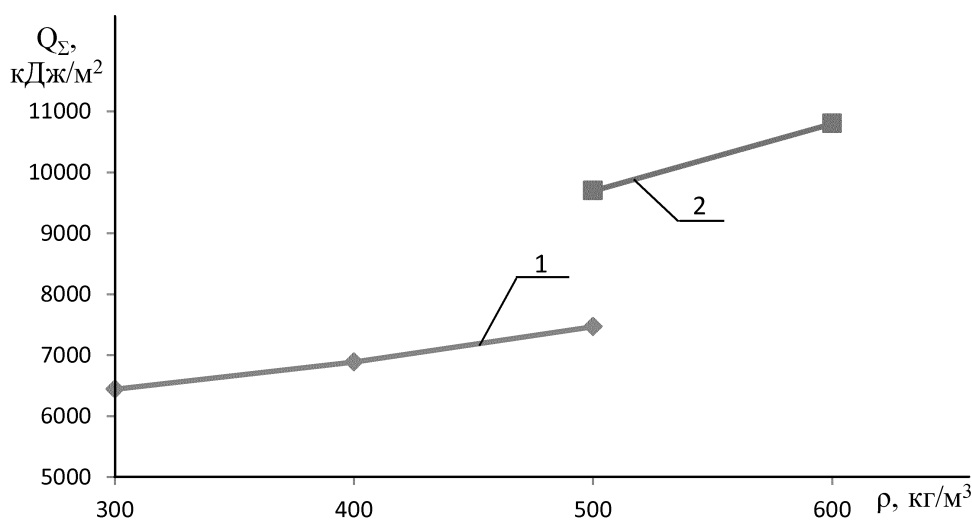


Рис. 2. Зависимость удельных энергозатрат  
при недельной эксплуатации здания:  
1 – беспесчаный керамзитобетон;  
2 – крупнопористый керамзитобетон

Результаты расчета удельных энергозатрат, определенных по формуле (3), представлены в табл. 2 и на рис.2.

Из приведенных на рис. 2 данных следует, что с увеличением плотности керамзитобетона удельные энергозатраты на отопление здания возрастают.

**Выводы.** 1. Представлена методика расчета удельных энергозатрат на нагрев ограждающих конструкций и компенсации теплопотерь для зданий с прерывистым отоплением.

2. С увеличением плотности монолитного керамзитобетона, заливаемого в колодцевую кладку, увеличивается время нагрева наружных

стен и повышаются энергозатраты на отопление помещений.

3. При окончательном выборе плотности заливаемого монолитного керамзитобетона необходимо учитывать наряду с теплотехническими характеристиками несущую способность возводимых наружных стен.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковалевский В.И., Бойков Г.П. Методы теплового расчета экранной изоляции. М.: Энергия, 1974. 199 с.
2. Семенов Б.А. Нестационарная теплопередача и эффективность теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 1996. 176 с.
3. Анисимова Е.Ю. Энергоэффективность теплового режима здания при использовании оптимального режима прерывистого отопления // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2012. № 38. С. 55–59.
4. Дацюк Т.А., Ивлеву Ю.П., Пухкал В.А. Моделирование теплового режима жилых помещений при прерывистом отоплении // Современные предметы науки и образования. М., 2014. № 6. С. 40–45.
5. Малавина Е.Г., Петров Д.Ю. Сопряженный расчет нестационарного теплового режима водяной системы отопления и здания // Жилищное строительство. 2012. № 6. С. 66–69.
6. Малавина Е.Г., Асатов Р.Р. Влияние теплового режима наружных ограждающих конструкций на нагрузку системы отопления при прерывистой подаче теплоты // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 324–327.
7. Vytychikov Yu.S., Belyakov I.G., Saparev M.Ye. Investigation of the thermal effect of building envelopes of individual building under intermittent heating // Procedia Engineering, 2016. T. 153. Pp. 856–861.
8. Выходчиков Ю.С., Беляков И.Г., Сапарев М.Е. Математическое моделирование процесса нестационарной теплопередачи через строительные ограждающие конструкции в условиях прерывистого отопления // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6 (48). С. 42–48.
9. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. М.: АСВ, 2008. 320 с.
10. Комиссаренко Б.С. Перспективы развития производства керамзитобетона с учетом современных задач стройиндустрии // Строительные материалы. 2000. № 6. С. 22–23.
11. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
12. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
13. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
14. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
15. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
16. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
17. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
18. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
19. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
20. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
21. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
22. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
23. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
24. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
25. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
26. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
27. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
28. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
29. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
30. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
31. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
32. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
33. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
34. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
35. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
36. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
37. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
38. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
39. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
40. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
41. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
42. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
43. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
44. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
45. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
46. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
47. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
48. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
49. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
50. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
51. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
52. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
53. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
54. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
55. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
56. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
57. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
58. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
59. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
60. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
61. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
62. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
63. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
64. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
65. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
66. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
67. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
68. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
69. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
70. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
71. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
72. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
73. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
74. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
75. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
76. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
77. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
78. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
79. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
80. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
81. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
82. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
83. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
84. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
85. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
86. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
87. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
88. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
89. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
90. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
91. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
92. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
93. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
94. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
95. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
96. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
97. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
98. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
99. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
100. Фокин К.Ф. [Теплотехника ограждающих частей зданий]. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.

## REFERENCES

1. Kovalevskij V.I., Bojkov G.P. *Metody teplovogo rascheta ekrannoj izoljacii* [Methods of thermal calcu-

Об авторах:

**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

**ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович**

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

**ПРИЛЕПСКИЙ Андрей Сергеевич**

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

**УРЯДОВ Максим Игоревич**

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

**VYTCHIKOV Yuri S.**

PhD in Engineering Science, 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: git.2008@mail.ru

**PRILEPSKY Andrey S.**

Postgraduate Student 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: git.2008@mail.ru

**URYADOV Maxim I.**

Student  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194  
E-mail: uryadovmaxim@yandex.ru

Для цитирования: Сапарёв М.Е., Вытчиков Ю.С., Прилепский А.С., Урядов М.И. Исследование влияния плотности монолитного керамзитобетона на энергоэффективность зданий, эксплуатируемых в условиях переменного теплового режима // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 3. С. 50–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.7. For citation: Saparev M.E., Vytkhikov Yu.S., Prilepsky A.S., Uryadov M.I. Investigation of the Influence of the Density of Monolithic Expanded-Clay Concrete on the Energy Efficiency of Buildings Operated under Variable Heat Mode // Urban Construction and Architecture. 2019. V.9, 3. Pp. 50–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.7. УДК 697.7

Уважаемые читатели!

Научно-технический центр «Геотехника» с лабораторией «Механика грунтов»  
приглашает к сотрудничеству.

Основные направления деятельности Центра:

- инженерные изыскания
- обследования зданий и сооружений
- судебная экспертиза
- консультационные услуги

Руководитель Мальцев Андрей Валентинович

Контакты:

443001, Россия, г. Самара, Молодогвардейская, 194, корпус 13, каб. 0304 Б  
тел. (846) 339-14-69  
E-mail: geotechnika@ya.ru