

DOI: 10.12737/article_5abf30dee2c7a6.59871293

Абдразаков Ф.К., д-р техн. наук, проф.,
Поваров А.В., канд. техн. наук, доц.

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ УТЕПЛЕННЫХ ФАСАДОВ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ г. САРАТОВА

povarov-av2012@yandex.ru

При резком падении температуры наружного воздуха значительно увеличиваются тепловые потери через увлажненные наружные стены многоквартирных домов г. Саратова, утепленных по технологии «мокрый фасад». Данные теплотери на 10–20 % превышают нормативные значения. Также происходит ухудшение параметров микроклимата в помещениях квартир. Для устранения неблагоприятных последствий проводилось исследование процессов, происходящих в переувлажненных наружных каменных стенах многоквартирных домов, имеющих продолжительный срок эксплуатации. Были определены теплоэнергетические параметры увлажненного и промерзшего слоев стен. Полученные теоретические зависимости сопротивления теплопередачи находящегося в зоне отрицательных температур увлажненного слоя каменной стены, и теплотеря через данную стену, от объёмной влажности и плотности силикатного кирпича, позволили получить необходимые поправочные коэффициенты, увеличивающие точность расчетов необходимого теплоизоляционного слоя, обеспечивающего оптимальный температурно-влажностный режим помещений.

Ключевые слова: многоквартирный дом, параметры микроклимата помещений, теплоизоляционные материалы, коэффициент теплопроводности, поправочный коэффициент.

Введение. Осмотр фасадов многоквартирных жилых домов вторичного жилищного фонда г. Саратова показал яркие примеры «точечного» утепления наружных стен по технологии «мокрый фасад», где в качестве теплоизоляционного материала в 84 % случаев применяется пенопласт, толщиной 100 мм и в 16 % случаев пенополистерол, толщиной 50 мм [1].

Несколько многоквартирных домов г. Саратова с «точечным» утеплением были выбраны в качестве объектов исследований с целью выяснения причин появления конденсата, увлажнения и промерзания наружных утепленных кирпичных стен, что привело к ухудшению таких параметров микроклимата помещений квартир, как влажность и температура внутреннего воздуха. Теплотери через данные стены больше нормативных показателей на 10–20 %, что говорит о снижении энергоэффективности рассматриваемых домов [1].

Исследования показали, что переувлажнение наружных каменных стен, утепленных по технологии «мокрый фасад», происходит в результате ошибок на стадии проектирования, монтажа и последующей неправильной эксплуатации жилых многоквартирных домов, связанной с нарушением сроков и технологии проведения ремонтов. Под воздействием низких температур наружный увлажненный слой стен подвергается промерзанию на определенную толщину δ_3 , меняющуюся с течением времени [2, 3, 4].

Нормативные данные, изложенные в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», практически не позволяют оценить теплопроводность переувлажненного материала ограждающих конструкций, а также зависимость теплопроводности от фазовых превращений влаги в его структуре при тепломассопереносе. Проводилось изучение влияния климатических факторов г. Саратова на теплоизоляционные характеристики наружных каменных стен, которое показало, что в январе имеются значительные колебания амплитуды температуры наружного воздуха и упругостей водяного пара воздушных сред по обе стороны стен домов. Нормативные параметры были взяты из СП 131-13330.2012 «Строительная климатология». Результаты исследований показали большую вероятность интенсивной передачи и накопления парообразной влаги в толще наружных каменных стен, что необходимо учитывать при создании оптимальной системы теплоизоляции.

Теплообменные процессы в переувлажненных стенах зависят от фазовых превращений влаги. Влага, находящаяся в каменной кладке, замерзая, превращается в лед, который при положительных температурах наружного воздуха тает, испаряется, а за тем конденсируется. Очевидно, что данное явление приводит к изменению теплофизических показателей силикатного кирпича и кладочного раствора, теплового баланса и снижению энергоэффективности стены, постепенному снижению прочности каменной

кладки, что заметно по внешним признакам теп-



лоизоляции каменной стены одного из обследуемых многоквартирных домов г. Саратова (рис. 1).



Рис. 1. Наличие влаги в теплоизоляционном слое фасада многоквартирного дома

Слой теплоизоляции каменной стены, утепленной снаружи, позволяет удерживать ее в зоне положительных температур, что способствует увеличению срока службы стен и дома в целом [5, 6, 7].

В однослойном однородном ограждении, каковым и является каменная стена, влага может подвергаться замерзанию до границы, где линия падения температуры по толщине конструкции стены опускается ниже нуля [8].

Методология. Проводилась оценка теплопроводности увлажнённой каменной кладки домов в конструктивном слое с отрицательной температурой, определялись термическое сопротивление и тепловые потери наружной каменной стены с учётом промерзания силикатного кирпича в климатических условиях г. Саратова.

Исследования проводились в декабре 2017 г. – январе 2018 г. и основывались на использовании модели, учитывающей только промерзание увлажненной каменной кладки из силикатного кирпича и позволяющей оценить изменение коэффициента теплопроводности каменной стены [6, 9, 10].

Были приняты следующие допущения:

- с наступлением периода отрицательных температур на наружной поверхности стены температура понизилась до отрицательной величины;

- в толще стены на подвижной границе промерзания сохраняется температура начала промерзания влаги t_3 ;

- в мерзлой и во влажной зоне каменной стены изменение температуры происходит по линейному закону.

Очевидно, что для длительного и замедленного характера изменения низких температур граница промерзания движется со скоростью близкой к нулю [11, 12]. Исходя из данного утверждения уравнение теплового баланса на

границе мерзлой и влажной зон из условий стационарной теплопередачи, будет иметь следующий вид, Вт/(м·°C) [6]:

$$\lambda_3 \cdot \frac{t_3 - t_n}{\delta_3} - \lambda_b \cdot \frac{t_b - t_3}{\delta - \delta_3} = 0 \quad (1)$$

где t_3 – температура начала замерзания влаги в стене, °C; t_n – температура наружного воздуха, °C; t_b – температура внутреннего воздуха жилых помещений, °C; λ_3 , λ_b – соответственно коэффициенты теплопроводности материала в мерзлой и влажной зонах наружной стены, Вт/(м·°C).

На основании рассмотренного уравнения коэффициенты теплопроводности силикатного кирпича и кладочного раствора в зоне промерзания однослойной однородной стены, Вт/(м·°C) [6, 11]:

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_b \cdot (t_b - t_3) \cdot \delta_3}{(t_3 - t_n) \cdot (\delta - \delta_3)} \quad (2)$$

Коэффициент теплопроводности материала влажной зоны стены, Вт/(м·°C) [6, 11]:

$$\lambda_b = \lambda_c \cdot \left(1 + \omega_o \cdot \frac{\delta_{\omega}}{100}\right) \quad (3)$$

где λ_c – коэффициент теплопроводности сухого материала, Вт/(м·°C); ω_o – влажность рассматриваемого материала, % по объему; δ_{ω} – прирост коэффициента теплопроводности на 1 % влажности материала стены.

Величина прироста коэффициента теплопроводности зависит от вида кирпича стены, его плотности и очень сложно поддается систематизации для получения зависимости теплопроводности кирпича от его влажности [13, 14, 15].

Известно, что в конструкциях наружных каменных стен зданий температура начала замерзания имеющейся влаги колеблется в пределах от -1 °C до -3 °C. Была принята максимально возможная величина δ_3 , находящаяся у границы ну-

левого значения температуры на линии ее распределения по толщине каменной стены [4, 6].

Условия, принятые для проведения исследований:

- толщина кирпичной стены дома стандартная по проекту $\delta = 510$ мм;

- значения коэффициента теплопроводности кирпичной стены λ_b приняты по данным исследований;

- каменная стена оштукатурена с внутренней стороны толщиной $\delta_{ш} = 10$ мм, с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{ш} = 0,93$ Вт/(м·°C) для условий Б, приведенных в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

- температура внутреннего воздуха помещений квартир дома $t_b = 20$ °C;

- коэффициенты теплоотдачи поверхностей кирпичной стены:

внутренней – $\alpha_b = 8,7$ Вт/(м·°C);

наружной – $\alpha_n = 23$ Вт/(м·°C).

В ходе исследований были рассмотрены утепленные наружные каменные стены нескольких домов, выполненные из силикатного кирпича плотностью ρ от 1700 до 2000 кг/м³ при влажности материала до 15 %.

Основная часть. Толщина слоя не утепленной кирпичной стены, который находится в зоне положительных температур [6], составляет, м:

$$\delta_o = \lambda_b \cdot \left(\frac{t_b \cdot R}{t_b - t_n} - \frac{1}{\alpha_b} - \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} \right) = 0,72 \cdot \left(\frac{20 \cdot 0,82}{20 + 25} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,01}{0,93} \right) = 0,173 \quad (4)$$

где R_n – термосопротивление кирпичной стены, рассчитанное по нормативным значениям, приведенным в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и равное 0,82 (м²·°C)/Вт.

Толщина слоя не утепленной кирпичной стены, находящегося в зоне отрицательных температур, м:

$$\delta_3 = \delta - \delta_o = 0,51 - 0,173 = 0,337 \quad (5)$$

Расчетное значение коэффициента теплопроводности на основании выражения (2) составляет 1,13 Вт/(м·°C).

Необходимо провести сравнение термического сопротивления наружной стены без учета ее промерзания (R) и с учетом промерзания (R_c) для расчетного значения коэффициента теплопроводности λ_3 , так и для его экспериментального значения $\lambda_3^{экс}$. Также необходимо определить значение тепловых потерь через 1 м² каменной стены.

Тепловые потери через 1 м² каменной стены без учета ее промерзания составляют, Вт:

$$Q = \frac{t_b - t_n}{R} = \frac{(20 + 25)}{0,82} = 54,87 \quad (6)$$

Термическое сопротивление с учетом промерзания кирпичной стены для расчетного значения коэффициента теплопроводности, (м²·°C)/Вт:

$$R_p = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_o}{\lambda_o} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_n} = 0,67 \quad (7)$$

Тогда тепловые потери через 1 м² каменной стены с учетом промерзания для расчетного значения коэффициента теплопроводности, составят, Вт:

$$Q_c = \frac{t_b - t_n}{R_p} = \frac{(20 + 25)}{0,67} = 67,16$$

Таким образом, расхождение тепловых потерь через наружную кирпичную стену с учетом и без учета промерзания относительно расчетного коэффициента теплопроводности составит, %:

$$\Delta Q_p = \frac{Q_c - Q}{Q} \cdot 100 \% = \frac{(67,16 - 54,87)}{54,87} \cdot 100 \% = 22$$

Термическое сопротивление кирпичной стены с учетом ее промерзания для экспериментального значения коэффициента теплопроводности, (м·°C)/Вт:

$$R_c^{экс} = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_o}{\lambda_o} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_n} = 0,59 \quad (8)$$

Тепловые потери через 1 м² каменной стены с учетом ее промерзания для экспериментального значения коэффициента теплопроводности составят, Вт:

$$Q_c^{экс} = \frac{t_b - t_n}{R_c^{экс}} = \frac{(20 + 25)}{0,78} = 76,27 \quad (9)$$

Расхождение тепловых потерь через наружную кирпичную стену с учетом и без учета глубины промерзания стены относительно экспериментально полученного коэффициента теплопроводности составляет, %:

$$\Delta Q_3 = \frac{Q_c^{экс} - Q}{Q} \cdot 100 \% = \frac{(76,27 - 54,87)}{54,87} \cdot 100 \% = 37$$

Расхождение тепловых потерь с учетом промерзания для расчетного и экспериментального значений коэффициента теплопроводности составило, %:

$$\Delta Q = \frac{Q_c^{экс} - Q_c}{Q_c^{экс}} \cdot 100 \% = \frac{(76,27 - 67,16)}{76,27} \cdot 100 \% = 12$$

Анализ полученных значений указывает на возрастание расхождений расчетных и экспериментальных значений коэффициента теплопроводности силикатного кирпича рассматриваемых каменных стен в области значений объемной влажности от 5 до 15 %.

Полученные графические зависимости теплопроводности силикатного кирпича от его плотности и влажности представлены на рис. 2 и 3.

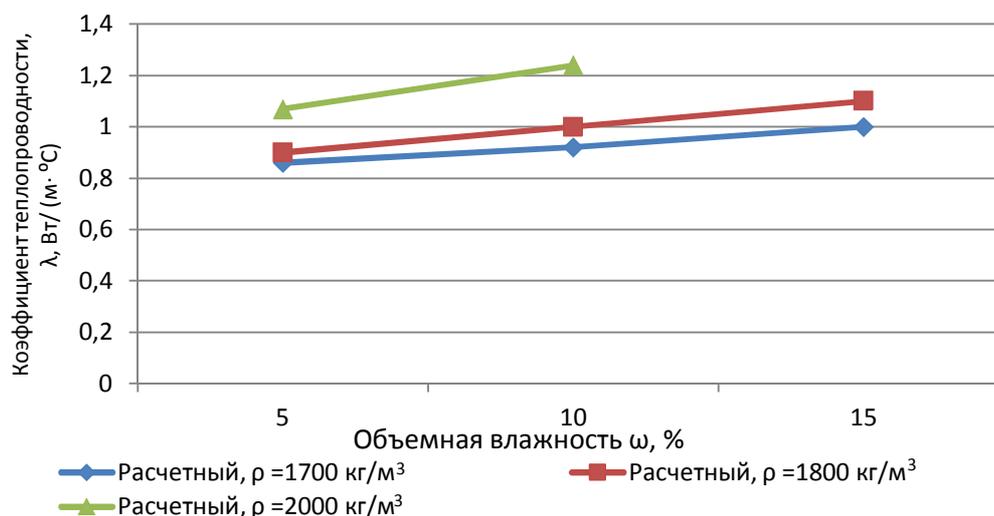


Рис. 2. Зависимость экспериментального коэффициента теплопроводности силикатного кирпича от плотности и влажности

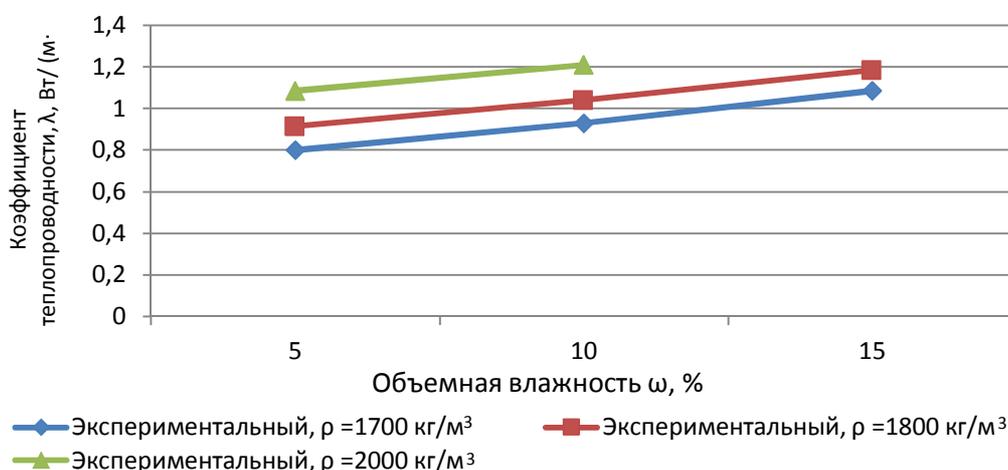


Рис. 3. Зависимость расчетного коэффициента теплопроводности силикатного кирпича от плотности и влажности

Для учета полученного расхождения между расчетными и экспериментальными значениями коэффициента теплопроводности в практических расчетах при создании оптимальной системы теплоизоляции были получены значения поправочных коэффициентов для силикатного кирпича, которые представлены в таблице 1.

Оптимальная толщина необходимого слоя теплоизоляционного материала, соответствующая нормативным параметрам энергосбережения каменных стен домов, определяется исходя из значения термического сопротивления, определенного по выражению 6, и равного $R_p = 0,67 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Количество градусо-суток отопительного периода составляет, $\text{°C} \cdot \text{сут/год}$:

$$G_{СОП} = (t_b - t_n) \cdot n_{от} = (20 - (-3,5)) \cdot 188 = 4474 \quad (10)$$

где t_n – средняя температура наружного воздуха,

равная $t_n = -3,5 \text{ °C}$; $n_{от}$ – продолжительность отопительного периода, составляющая 188 сут./год. Данные взяты из СП 131-13330.2012 «Строительная климатология».

Полученное значение ГСОП отличается от приведенного в таблице 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», поэтому пересчет базового значения требуемого сопротивления теплопередаче каменной стены производится по выражению, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$:

$$R_o^{TP} = a \cdot G_{СОП} + b = 0,00035 \cdot 4474 + 1,4 = 2,97 \quad (11)$$

где a , b – коэффициенты, принимаемые из таблицы 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Нормируемое значение термического сопротивления кирпичной стены составляет $R_o^{норм} = 3,01 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Таблица 1

**Поправочные коэффициенты
для силикатного кирпича**

Плотность, кг/м ³	Влажность, %	Поправочный коэффициент
1700	5	0,73
	10	
	15	
1800	5	0,67
	10	
	15	
2000	5	0,58
	10	

Сравнение полученного расчетного показателя с нормируемым значением показало разницу, равную, (м²·°C)/Вт:

$$\Delta R_0 = 2,97 - 0,67 = 2,3$$

Полученную разницу необходимо компенсировать за счет установки утеплителя, необходимая толщина которого определяется по выражению, м:

$$\delta_y = \lambda_i \cdot \Delta R_0$$

где λ_i – коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/(м °C). Для пенопласта было принято значение $\lambda_{п.п.}=0,052$ Вт/(м °C), для пенополистерола – $\lambda_{п.п.}=0,041$ Вт/(м °C) (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»).

Проведенные исследования показали, что применение в климатических условиях г. Саратова в качестве утеплителя плит пенопласта толщиной 100 мм, вместо расчетных 120 мм, является необоснованным и способствующим переувлажнению и повышенным энергопотерям через наружные каменные стены домов. Применение пенополистерола толщиной 100 мм будет полностью соответствовать нормативным требованиям к теплоизоляции наружных стен (толщиной 510 мм) многоквартирных каменных домов.

Выводы. В результате проведенных исследований были установлены зависимости коэффициента теплопроводности силикатного кирпича в зоне промерзания утепленных наружных каменных стен многоквартирных домов от влажности и плотности. Были получены поправочные коэффициенты расчета коэффициентов теплопроводности силикатного кирпича, введение которых способствует достижению наименьших погрешностей в расчетах оптимальной системы теплоизоляции каменных стен разной плотности и влажности, что позволит повысить их энергоэффективность и улучшить параметры микроклимата в помещениях многоквартирных домов, длительное время эксплуатирующихся в климатических условиях г. Саратова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдразаков Ф.К., Поваров А.В. Состояние вторичного жилищного фонда города Саратова // Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Под ред. Ф.К. Абдразакова, (Саратов, 17-18 ноября 2016 г.), Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2016. С. 17–20.
2. Абдразаков Ф.К., Поваров А.В. Современные методы обследования технического состояния зданий // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Под ред. Ф.К. Абдразакова. (Саратов, 17-18 марта 2016 г.), Саратов: ООО «Амирит», 2016. С. 21–25.
3. Куприянов В.Н. Конденсация парообразной влаги в наружных стенах при суточных колебаниях температуры наружного воздуха // Приволжский научный журнал. 2013. №2. С.17–22.
4. Куприянов В.Н., Петров А.С. Влажностное состояние ограждающих конструкций с учетом переменного значения паропроницаемости материалов // Строительные материалы. 2016. № 6. С. 40–43.
5. Абдразаков Ф.К., Поваров А.В., Сирота В.Т. Экологическая экспертиза проекта строительства современного многоэтажного жилого дома // Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Под ред. Ф.К. Абдразакова, (Саратов, 17-18 ноября 2016 г.), Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2016. С. 13–17.
6. Мальцев А.В., Сорокин Д.С. Энергосбережение в многоэтажных жилых зданиях при инфильтрации воздуха через наружную стену // Новый университет. 2015. № 3–4 (37–38). С. 87–90.
7. Chi Feng, Qinglin Meng, Ya Feng, Hans Janssen. Influence of pre-conditioning methods on the cup test results // 6 th International Building Physics Conference. 2015. Vol. 78. Pp. 1383–1388.
8. Пастушков П.П., Лушин К.И., Павленко Н.В. Отсутствие проблемы выпадения конденсата на внутренней поверхности стен со скрепленной теплоизоляцией // Жилищное строительство. 2014. № 6. С. 42–44.
9. Гайсин А.М., Самоходова С.Ю., Пайметькина А.Ю., Недосеко И.В. Сравнительная оценка удельных теплопотерь через элементы наружных стен жилых зданий, определяемых по различным методикам // Жилищное строительство. 2016. № 5. С. 36–40.
10. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботова

рев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 19–23.

11. Пастушков П.П., Павленко Н.В., Коркина Е.В. Использование расчетного определения эксплуатационной влажности теплоизоляционных материалов // Строительство и реконструкция. 2015. № 4 (60). С. 168–172.

12. Король Е.А., Пугач Е.М., Харькин Ю.А. Влияние технологических факторов на формирование связи слоев многослойной ограждающей конструкции // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 67–75.

Информация об авторах

Абдразаков Фярид Кинжаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения.

E-mail: abdrzakov.fk@mail.ru

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова.
Россия, 410012. Саратов, Театральная пл., 1.

Поваров Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения.

E-mail: povarov-av2012@yandex.ru

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова.
Россия, 410012. Саратов, Театральная пл., 1.

Поступила в февраль 2018 г.

© Абдразаков Ф.К., Поваров А.В., 2018

F.K.Abdrazakov, A.V. Povarov

RESEARCH OF THE REASONS FOR EXCESSIVE MOISTENING OF HEAT-INSULATED FACADES OF MULTICOMPARTMENT BUILDINGS IN SARATOV

With a sharp drop of the outside air temperature, the heat losses through the moistened exterior walls of apartment buildings in Saratov insulated using the "wet facade" technology, increase significantly. These heat losses are 10–20% higher than the normative values. It also causes deterioration in the indoor climate parameters in apartments. In order to eliminate the adverse consequences, a research of the processes taking place in the waterlogged outer stone walls of multi-compartment houses with a long service life was conducted. Thermal energy parameters of the moistened and frozen layers of walls were determined. The obtained theoretical dependences of the heat transfer resistance of the moistened layer of the stone wall in the area of negative temperatures, and the heat losses through this wall, on the volume humidity and density of silicate brick, allowed obtaining the necessary correction factors increasing the accuracy of calculations of the necessary heat-insulating layer providing the optimum temperature and humidity conditions in the premises.

Keywords: apartment house, indoor climate parameters of premises, heat-insulating materials, thermal conductivity coefficient, correction factor.

REFERENCES

1. Abdrazakov F.K., Povarov A.V. The condition of the secondary housing stock of the city of Saratov // Research in construction, heat and gas supply and energy supply: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Ed. F.K. Abdrazakova. (Saratov, 17-18 November 2016). Saratov: FGBOU in the Saratov State University, 2016, pp. 17–20.

2. Abdrazakov F.K., Povarov A.V. Modern methods of inspection of the technical condition of

13. Ройфе В.С. Некоторые проблемы определения влажности материалов ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 23–25.

14. Черепанов В.И., Некрасова Е.В., Черных Н.А., Панченко Ю.Ф. Водостойкость силикатного кирпича // Строительные материалы. 2013. № 9. С. 10–11.

15. Blanco F., García P., Mateos P., Ayala J. Characteristics and properties of lightweight concrete manufactured with cenospheres // Cement and Concrete Research. 2012. №. 30. Pp. 1715–1722.

buildings // Trends in the development of construction, heat and gas supply and energy supply: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Ed. F.K. Abdrazakova. Saratov: Amirit LLC, 2016, pp. 21–25.

3. Kupriyanov V.N. Condensation of vaporous moisture in the outer walls with diurnal fluctuations in the temperature of the outside air // Privolzhsky Scientific Journal, 2013, no. 2, pp. 17–22.

4. Kupriyanov V.N., Petrov A.S. Vliyanostnoe state of enclosing structures with allowance for the variable value of vapor permeability of materials //

Stroitel'nye Materialy, 2016, no. 6, pp. 40–43.

5. Abdrazakov F.K., Povarov A.V., Sirota V.T. Ecological examination of the project for the construction of a modern multi-story apartment house // Research in construction, heat and gas supply and energy supply: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Ed. F.K. Abdrazakova (Saratov, 17-18 November 2016). Saratov: FGBOU in the Saratov State University, 2016, pp. 13–17.

6. Maltsev A.V., Sorokin D.S. Energy saving in multi-storey residential buildings with air infiltration through the outer wall // New University, 2015, no. 3-4 (37-38), pp. 87–90.

7. Chi Feng, Qinglin Meng, Ya Feng, Hans Janssen. Influence of pre-conditioning methods on the cup test results // 6 th International Building Physics Conference, 2015, vol. 78, pp. 1383–1388.

8. Pastushkov P.P., Lushin K.I., Pavlenko N.V. Absence of the problem of condensate precipitation on the inner surface of walls with bonded thermal insulation // Housing construction, 2014, no. 6, pp. 42–44.

9. Gaisin A.M., Samokhodova S.Yu., Paimetkina A.Yu., Nedoseko I.V. Comparative evaluation of specific heat loss through elements of the

exterior walls of residential buildings, determined by different methods // Housing construction, 2016, no. 5, pp. 36–40.

10. Umnyakova N.P., Butovskiy I.N., Chebotarev A.G. Development of methods for rationing thermal protection of energy-efficient buildings // Housing construction, 2014, no. 7, pp. 19–23.

11. Pastushkov P.P., Pavlenko N.V., Korkina E.V. Use of the design definition of operational humidity of heat-insulating materials // Construction and reconstruction, 2015, no. 4 (60), pp. 168–172.

12. King E.A., Pugach E.M., Kharkin Yu.A. Influence of technological factors on the formation of the bonding of layers of a multi-layered enclosing structure // Vestnik MGSU, 2014, no. 3, pp. 67–75.

13. Roife V.S. Some problems of determining the moisture content of building envelope structures // Stroitel'nye Materialy, 2015, no. 6, pp. 23–25.

14. Cherepanov V.I., Nekrasova E.V., Chernykh N.A., Panchenko Yu.F. Water resistance of silica brick // Stroitel'nye Materialy, 2013, no. 9, pp. 10–11.

15. Blanco F., García P., Mateos P., Ayala J. Characteristics and properties of lightweight concrete manufactured with cenospheres // Cement and Concrete Research, 2012, no. 30, pp. 1715–1722.

Information about the authors

Fyarid K. Abdrazakov, PhD, Professor.

E-mail: abdrazakov.fk@mail.ru.

Saratov State Agricultural University N.I. Vavilova.

Russia, 410600, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Andrey V. Povarov, PhD, Assistant professor.

E-mail: povarov-av2012@yandex.ru.

Saratov State Agricultural University. N.I. Vavilova.

Russia, 410600, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Received in February 2018