

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-4-46-54

***Поваров А.В., Трушин Ю.Е.**Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова

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

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ
СТЕН МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ ВТОРИЧНОГО
ЖИЛИЩНОГО ФОНДА Г. САРАТОВА**

Аннотация. Техническое состояние многих многоквартирных домов вторичного жилищного фонда г. Саратова, построенных с 1977 г. по 1999 г., не соответствует действующим нормативным требованиям в области создания оптимальных параметров микроклимата помещений. Система наружной теплоизоляции «мокрого» типа с жестким креплением утеплителя является очень распространенной для утепления наружных стен данных домов. Установлено, что по причине незаполненности раствором швов каменной кладки и ее неровностей, заниженной толщины утеплителя, тонкого слоя защитного слоя штукатурки, а также нарушения технологии монтажа системы теплоизоляции образуются зазоры между плитами утеплителя и стенами, появляется доступ холодного воздуха к каменной кладке стен, что приводит к появлению конденсата, промерзанию стен, увеличению влажности и снижению температуры внутреннего воздуха в квартирах. Проникновение холодного воздуха через стены приводит к повышенным теплопотерям, охлаждению массива каменной кладки и смещению «точки росы». В результате приборного обследования домов было установлено, что промерзание увлажненных утепленных стен приводило к увеличению их теплопотерь на 10–20 %. Исследована альтернативная система точечной теплоизоляции, в которой плиты утеплителя крепятся к стене с помощью шарнирных крепежных элементов, исключая деформацию и разрушение слоя защитной штукатурки толщиной 10–20 мм и утеплителя. Определена оптимальная толщина утеплителя марки ПСБ-С 25 для климатических условий г. Саратова. Была усовершенствована технология монтажа подвижной системы теплоизоляции с применением грунтовки глубокого проникновения и клея для нанесения на плиты утеплителя, что позволяет уменьшить массу конструкции и снизить стоимость выполнения монтажных работ. Показана эффективность применения подвижной системы теплоизоляции для повышения энергоэффективности многоквартирных домов вторичного жилищного фонда в климатических условиях г. Саратова.

Ключевые слова: параметры микроклимата, теплопотери, система теплоизоляции, теплоизоляционный материал, технология монтажа.

Введение. Многие многоквартирные дома вторичного жилищного фонда г. Саратова, построенные с 1977 года по 1999 год, не имеют надлежащей системы теплоизоляции ограждающих конструкций, в частности, наружных стен [1, 2]. В данных жилых домах нарушена основная функция энергоэффективного здания, заключающаяся в обеспечении оптимального микроклимата помещений квартир [3, 4].

В отопительный период года происходят большие теплопотери, снижение температуры внутренней поверхности стен и внутреннего воздуха в квартирах домов. Собственники квартир многих домов вынуждены прибегнуть к устройству наружной «точечной» теплоизоляции «мокрого» типа с жестким креплением утеплителя (рис. 1) [1]. После 2–3 лет эксплуатации данной системы теплоизоляции в управляющие компании стали поступать жалобы на отсыревание утепленных стен и образование плесени внутри квартир [1, 5].

Методы и материалы. Проводились исследования для выяснения причин появления конденсата, увлажнения и промерзания наружных кирпичных стен нескольких многоквартирных домов вторичного жилищного фонда г. Саратова, защищенных наружной теплоизоляцией «мокрого» типа с жестким креплением утеплителя.

Наружные стены исследуемых домов по проекту выполнены из силикатного кирпича толщиной 520 мм (510 мм – толщина кладки в 2 кирпича и слой штукатурки – 10 мм).

Визуальный осмотр и инструментальный контроль утепленных участков стен позволил выявить следующие отклонения от проектных решений в системе теплоизоляции:

1 – наружная поверхность стен имеет случаи «пустошовки», с незаполненностью раствором швов каменной кладки от 50 до 150 мм;

2 – неровности каменной кладки с перепадами от 5 до 8 мм, в результате чего плиты пенопласта (установленного в качестве утеплителя) неплотно примыкают к стене, образуя воздушные пустоты;

3 – заниженная толщина утеплителя пенопласта марки ПС-1 плотностью 25 кг/м^3 – 50 мм;

4 – заниженная толщина защитного слоя штукатурки, составившая от 1,5 до 2 мм (рис. 2);

5 – отслаивание штукатурки и оголение утеплителя, что происходит по причине постоянного намокание торцевой части теплоизоляции и разрушения клеевой основы.



Рис. 1. Теплоизоляция «мокрого» типа наружных стен кирпичных домов в г. Саратове

Вследствие малой толщины защитной штукатурки масса холодного наружного воздуха под воздействием ветра инфильтрируется в швы плит утеплителя, а далее поступая в имеющиеся воздушные прослойки между каменной стеной и

утеплителем, вызывает дополнительное охлаждение наружной стены здания. Данное обстоятельство является основной причиной появления конденсата на откосах и внутренней поверхности стен квартир.



Рис. 2. Повреждения защитного тонкого слоя штукатурки системы теплоизоляции. Обнажение утеплителя

Наличие «пустошовки» в наружных кирпичных стенах обследуемых домов также сильно снижает уровень их тепловой защиты. Данное обстоятельство связано со значительной разницей сопротивлений воздухопроницанию имеющейся каменной кладки и кладочного раствора,

поскольку кирпичные стены на кладочном растворе толщиной 52 см имеют малую величину сопротивления воздухопроницанию [6, 7]. В результате инфильтрации большое количество холодного воздуха возникает ряд неблагоприятных теплоэнергетических и санитарно-гигиенических факторов, проявляющихся в виде повышенных

тепловых потерь, охлаждения массива кладки и смещения плоскости конденсации водяного пара в сторону к внутренней поверхности ограждающих конструкций [1, 8, 9].

Приборное обследование домов проводилось в январе 2022 г. с помощью тепловизора «Testo 875-1», пирометра «ADA TemPro 550», измерителя параметров микроклимата «МЕТЕО-СКОП - М». Для определения условий возникновения точки росы на ограждающих конструкциях

(стенах) температура поверхности измерялась с помощью термометра контактного цифрового ТК-5.03, в труднодоступных местах применялся пирометр инфракрасный С-110. Влажность материала стен определялась влагомером МГ4У. Замерялись относительная влажность воздуха в помещениях квартир, температура внутренней поверхности утепленных стен и определялась температура точки росы (табл. 1).

Таблица 1

Результаты обследования утепленных стен многоквартирных жилых домов

Наименование параметра	Стена каменная из силикатного кирпича					Окна ПВХ				
	74	77,5	75	79	80	74	75	75	72	73
Влажность воздуха, φ (%)	74	77,5	75	79	80	74	75	75	72	73
Температура точки росы, $t_{т.р.}$ (°C)	5,3	4,5	5,1	5,4	5,0					
Температура наружной поверхности, $t_{н.п.}$ (°C)	-7,0	-7,9	-8,1	-7,7	-8,0	-7,7	-7,6	-7,8	-7,5	-7,9
Температура внутренней поверхности, $t_{в.п.}$ (°C)	19,5	19,3	19,1	19,0	19,2	17,1	17,3	17,8	17,0	17,7
Температура наружного воздуха, $t_{н.}$ (°C)	-2,0	-1,9	-2,2	-2,3	-1,8	-2,0	-2,1	-1,9	-2,2	-2,1
Температура внутреннего воздуха, $t_{в.}$ (°C)	20,7	20,4	20,5	20,7	20,5	20,4	20,8	21,1	20,2	21,2
Плотность теплового потока, $q_{т.п.}$ (Вт/м ²)	26,5	26,8	24,8	25,0	25,8	48,8	48,7	49,1	48,5	49,3
Фактическое значение сопротивления теплопередаче, R (м ² ·°C/Вт)	2,15	2,20	2,21	2,16	2,15	0,5	0,48	0,5	0,47	0,5
Среднее фактическое значение сопротивления теплопередаче, $R_{ср.}$ (м ² ·°C/Вт)	2,17					0,49				
Нормируемое сопротивление теплопередаче, $R_{н.}$ (м ² ·°C/Вт)	3,04					0,53				

Месторасположение в квартирах пластиковых окон из двойных стеклопакетов вровень с наружной поверхностью утепленной стены, имеющей «пустошовку», также привело к тому, что охлажденный в период отрицательных температур массив каменной кладки остается с внутренней стороны откосов оконного проема. Данное явление, в свою очередь, приводило к снижению температуры откосов до температуры точки росы и вызывало выпадение конденсата на их поверхностях. Большая воздухопроницаемость наружных каменных стен обследованных зданий и повышенная герметичность оконных стеклопакетов привели к воздухообмену, являющемуся неконтролируемым, и влекущему за собой существенное ухудшение внутреннего микроклимата помещений квартир.

С целью изучения воздействия климатических факторов на температурно-влажностные характеристики и воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций жилых домов

был проведен анализ климатограмм для Саратовского региона 2-го климатического района. Проведенный на основании СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» анализ показал, что на территории г. Саратова в январе разница между средней и максимальной температурами составляет 13 °C, а упругость водяного пара в наружном воздухе в 9 раз меньше, чем в воздухе помещений [1]. Отмечаются значительные колебания амплитуды температуры наружного воздуха и упругостей водяного пара воздушных сред по обе стороны стен жилых зданий. Данное обстоятельство также указывает на интенсивную передачу и накопление парообразной влаги в толще ограждающих конструкций рассматриваемых домов. Также существует возможность фазовых переходов влаги в структуре материала ограждающих конструкций со стороны их наружной утепленной поверхности [10, 11, 12].

Установлено, что под действием отрицательных температур увлажненные стены подвергались промерзанию на определенную толщину,

после чего влага испарялась и конденсировалась на внутреннюю поверхность стен. Данное явление приводило к изменению теплофизических параметров силикатного кирпича (кирпич увлажнялся), теплового баланса и снижению энергоэффективности наружной стены дома, а теплопотери утепленных стен домов оказались выше нормативных значений на 10–20 % [6].

Проведено сравнение сопротивления теплопередаче увлажненных наружных каменных стен из силикатного кирпича без учета их промерзания R и с учетом промерзания $R_{пр}$ для расчетного значения коэффициента теплопроводности λ_3 (полученного по нормативным значениям) при определении тепловых потерь через 1 м^2 стены [1]. Расхождение тепловых потерь через наружную кирпичную стену с учетом и без учета промерзания относительно расчетного коэффициента теплопроводности составили 22 % [6].

Нанесение более толстого слоя защитной штукатурки до 10–20 мм с целью уменьшения инфильтрации воздуха через стены приведет к утяжелению и неизбежной деформации, а за тем и разрушению самой системы теплоизоляции «мокрого» типа.

Помимо рассмотренной системы теплоизоляции с жестким креплением утеплителя была исследована более эффективная современная система, в которой плиты теплоизоляционного материала крепятся к стене механическим путем с помощью шарнирных крепежных элементов, за счет чего вся система теплоизоляции может беспрепятственно перемещаться вдоль утепляемой стены здания (рис. 3). Таким образом, исключается передача осадочных деформаций (рис. 4) на отделочный слой штукатурки; температурное воздействие и ветровые нагрузки на поверхность толстого слоя штукатурки (до 20 мм) не передается на стены здания; в штукатурке не возникают напряжения, которые могли бы привести к разрушению и образованию трещин.

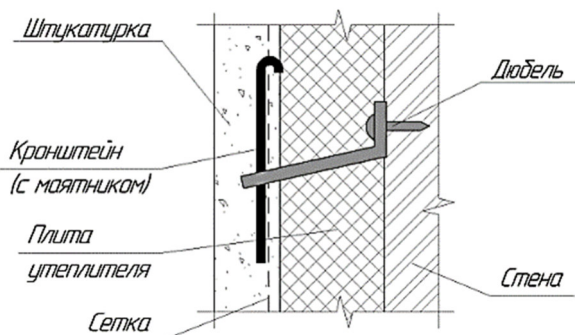


Рис. 3. Схема системы теплоизоляции с подвижными элементами крепления утеплителя

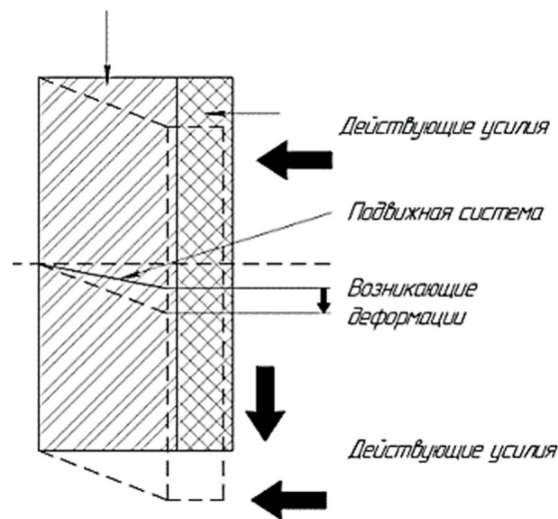


Рис. 4. Схема действующих усилий от системы теплоизоляции с подвижными элементами крепления утеплителя

Основная часть. При определении необходимой толщины теплоизоляционного материала для системы теплоизоляции с подвижными элементами крепления утеплителя в теплотехнических расчетах была принята следующая конструкция стен исследуемых многоквартирных домов г. Саратова [6, 13, 14]:

- штукатурка с внутренней стороны стен – $\delta_{шт} = 0,01 \text{ м}$. Коэффициент теплопроводности штукатурки $\lambda_{шт} = 0,87 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
- наружные кирпичные стены (по проекту) – $\delta_{н} = 0,510 \text{ м}$. Коэффициент теплопроводности каменной стены из сплошного силикатного кирпича составляет $\lambda_{н} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ [1];
- коэффициенты теплоотдачи поверхностей кирпичных стен: внутренней – $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, наружной – $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
- утеплитель экструдированный пенополистерол марки ПСБ-С 25 плотностью $25 \text{ кг}/\text{м}^3$, толщиной $\delta_{ут} = ?$, с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{ут} = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ [2, 4] и полностью соответствующий нормативным требованиям, предъявляемым к теплоизоляции «мокрого» типа [5, 14, 15];
- штукатурка с наружной стороны стен по утеплителю толщиной $\delta_{шт.н} = 0,02 \text{ м}$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{шт.н} = 0,87 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ [1, 2].

Требуемое сопротивление теплопередаче, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$:

$$R_{тр} = \frac{(t_{в} - t_{н.х}) \cdot n}{\Delta t^H \cdot \alpha_{в}} = \frac{(20 - (-24)) \cdot 1}{4 \cdot 8,7} = 1,26 \quad (1)$$

где $t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в квартирах домов, $^{\circ}\text{C}$: $t_{в} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$t_{н.х}$ – расчетная зимняя температура, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, $^{\circ}\text{C}$: $t_{н.х} = -24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (СП 131.13330.2020 «Строительная климатология»);

Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С. Для наружных стен жилых зданий $\Delta t^H=4$ °С.

$$GCOП = (t_B - t_H) \cdot n_{от} = (20 - (-3,2)) \cdot 189 = 4385 \quad (2)$$

t_H – средняя температура наружного воздуха °С: $t_H = -3,2$ °С (СП 131.13330.2020);

$n_{от}$ – продолжительность отопительного периода в г. Саратове, сут./год: $n_{от}=189$ сут./год (СП 131.13330.2020).

На основании $GCOП=4385$ °С·сут. нормируемое значение сопротивления теплопередаче

$$\begin{aligned} \delta_{ут} &= \left[R_0^{норм} - \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{н}}{\lambda_{н}} + \frac{\delta_{ш.н}}{\lambda_{ш.н}} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \right] \cdot \lambda_{ут} = \\ &= [3,04 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{0,51}{0,93} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{1}{23} \right)] \cdot 0,039 = 0,09 \end{aligned} \quad (3)$$

Уточнение общего фактического сопротивления теплопередаче R_0^ϕ для всех слоев

$$R_0^\phi = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{н}}{\lambda_{н}} + \frac{\delta_{ш.н}}{\lambda_{ш.н}} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{0,51}{0,93} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,09}{0,039} + \frac{1}{23} = 3,04 \quad (4)$$

Таким образом, выполняется условие $R_0^\phi \geq R_0^{норм}$.

Передаваемая через наружные каменные стены домов средняя за отопительный период тепловая мощность составляет, Вт [2, 16, 17]:

$$Q_{ср.м} = (t_B - t_H) \cdot \frac{F}{R_{ср}} \quad (5)$$

где F – площадь теплоизолируемых стен дома, м².

Общая площадь теплоизолируемых стен определена на примере одного типового подъезда жилого дома за вычетом оконных проемов, балконов и лоджий.

Расчеты проведены для двух вариантов:

- каменная стена дома без наружной теплоизоляции;
- каменная стена дома после проведения теплоизоляции.

$$\Delta Q = 0,86 \cdot 10^{-3} (Q_{ср.м.1} - Q_{ср.м.2}) \cdot n_{от} \cdot n_{ч} = 0,86 \cdot 10^{-3} (19,126 - 5,159) \cdot 189 \cdot 24 = 54,48 \quad (6)$$

где $n_{ч}$ – время работы системы отопления в течение суток, ч/сут.

Годовая экономия от энергосберегающих мероприятий, руб./год:

$$\Delta C = \Delta Q \cdot T_{т.э} = 54,48 \cdot 1780,54 = 97004 \quad (7)$$

где $T_{т.э}$ – тариф на тепловую энергию, руб./Гкал. Тариф на тепловую энергию от ПАО «Т Плюс» г. Саратов с 1 января 2022 г. составил 1780,54 руб./Гкал.

Количество градусо-суток отопительного периода в год, °С·сут:

наружных стен жилых домов составило $R_0^{норм}=3,04$ (м²·°С)/Вт. После сравнения $R_{тр}=1,26$ (м²·°С)/Вт и $R_0^{норм}=3,04$ (м²·°С)/Вт для дальнейших расчетов принято большее значение $R_0^{норм}$.

Предварительная толщина утеплителя пенополистерола марки ПСБ-С 25 составила, м:

ограждающей конструкции при толщине утеплителя $\delta_{ут} = 0,09$ м, (м²·°С)/Вт:

Сопротивление теплопередаче для не утепленной стены из силикатного кирпича составило $R_{ср}=0,82$ (м²·°С)/Вт.

Передаваемая через наружные неутепленные каменные стены подъезда дома средняя за отопительный период тепловая мощность составила, Вт:

$$Q_{ср.м.1} = (20 - (-3,2)) \cdot \frac{676}{0,82} = 19126$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче каменной стены $R_0^{норм}=3,04$ (м²·°С)/Вт, поэтому передаваемая через наружные теплоизолированные каменные стены подъезда дома средняя за отопительный период тепловая мощность составила, Вт:

$$Q_{ср.м.2} = (20 - (-3,2)) \cdot \frac{676}{3,04} = 5159 \text{ Вт}$$

В результате проведения мероприятий по эффективной теплоизоляции экономия тепловой энергии одним подъездом дома за отопительный период составила, Гкал/год, [18, 19]:

На основании полученных результатов была усовершенствована технология монтажа системы теплоизоляции «мокрого» типа с подвижными элементами крепления утеплителя к стенам дома:

- 1 – очистка поверхности стен от загрязнений;
- 2 – заполнение пустот в каменной кладке цементно-песчаным раствором марки М 300 до стадии зачеканки;

3 – выравнивание стен слоем штукатурки толщиной 5–10 мм;

4 – нанесение на штукатурку грунтовки глубокого проникновения Ceresit СТ 17 слоем 0,5 мм;

5 – крепление неподвижной части кронштейнов к стене с помощью дюбелей;

6 – крепление снизу-вверх плит утеплителя пенополистерола марки ПСБ-С-25 на подвижную часть кронштейнов. Особое внимание следует уделить плотному (без образования пустот) примыканию плит утеплителя к поверхности стены и к друг другу. Небольшие зазоры между плитами утеплителя необходимо заполнить мастикой на основе пенополиуретана с помощью шприц-туба;

7 – нанесение грунтовки глубокого проникновения Ceresit СТ 17 и клея Ceresit СТ-85 на поверхность теплоизоляционных плит;

8 – монтаж армирующей полимерной сетки;

9 – нанесение двух слоев защитной штукатурки (общая толщина слоев может быть до 15–20 мм) с монтажом армирующей полимерной сетки между двумя последовательно нанесенными слоями штукатурки;

10 – нарезка горизонтальных и вертикальных деформационных швов шириной 6 мм с шагом по длине стены не более 5 м;

11 – заделка швов силиконовой мастикой;

12 – нанесение декоративной краски слоем 0,5 мм.

Усовершенствованная технология основана на применении грунтовки глубокого проникновения Ceresit СТ 17, которой осуществляется пропитка плит пенополистерола, чем достигается его упрочнение и повышение паропроницаемости [20]. Таким образом, поверхность плит утеплителя имеет большую адгезирующую способность, что позволяет закреплять армирующую сетку одним слоем клеевого состава, уменьшающим общую массу утепляющей системы, и снижающей стоимость выполнения работ.

Применение системы теплоизоляции «мокрого» типа с гибкими элементами крепления утеплителя повысит энергоэффективность жилых домов вторичного жилищного фонда г. Саратова, сократит затраты на тепловую энергию и улучшит показатели микроклимата помещений квартир.

Снижение энергопотребления жилого многоквартирного дома связано со значительным экологическим эффектом, поскольку потребуются меньшее количество природного газа для работы отопительных котельных, а значит, снизится количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу города.

Выводы

1. Установлено, что увлажнение кирпичных стен ряда многоквартирных домов г. Саратова, утепленных с помощью «точечной» теплоизоляции «мокрого» типа, происходит, во-первых, из-за нарушения технологии монтажа системы теплоизоляции, во-вторых, по причине заниженной толщины утеплителя пенопласта марки ПС-1.

2. Принята для монтажа система теплоизоляции с подвижными элементами крепления утеплителя пенополистерола марки ПСБ-С 25 толщиной 90 мм с учетом климатических условий г. Саратова.

3. Усовершенствована технология монтажа энергосберегающей системы теплоизоляции к стенам дома, которая уменьшает потери тепла и количество требуемой тепловой энергии от источника теплоснабжения с целью обеспечения нормативных показателей микроклимата в квартирах. Данные мероприятия напрямую влияют на уменьшение затрат на отопление домов вторичного жилищного фонда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдразаков Ф.К., Поваров А.В. Исследования причин переувлажнения утепленных фасадов многоквартирных домов г. Саратова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. С. 39–45.

2. Гнездилова О.А., Разаков М.А., Чернова Р.В. Энергосбережение в жилых многоквартирных домах // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2019. № 6 (210). С. 78–81.

3. Крахина В.А., Кононенко В.В. Экономические аспекты энергосбережения и энергоэффективности в строительстве // Теоретическая экономика. 2018. №3 (45). С.81–88.

4. Дюрменова С.С., Махов А.Ю. Пути повышения энергоэффективности в зданиях [Электронный ресурс]. Молодой ученый. 2020. № 31 (321). С. 18–21. URL: <https://moluch.ru/archive/321/72917/> (дата обращения: 06.12.2022).

5. Касьянов В.Ф., Козлов А.С. Энергосберегающие технологии в архитектурно-планировочных решениях при строительстве, реконструкции и технической эксплуатации жилых зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. №3 (1003). С. 41–43.

6. Поваров А.В., Бирюкова К.Ш. Исследование системы теплоизоляции «мокрого» типа с целью определения ее недостатков // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы XI Национальной конференции с международным участием. Под ред. А.Н. Никишанова. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2021. С. 44–46.

7. Грибач Ю.С., Грибач Д.С., Поддаева О.И. Сравнительный анализ результатов расчета инфильтрационных потерь на примере жилого здания в г. Москве // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2018. № 2. С. 63–72. DOI:10.32464/2618-8716-2018-1-2-52-62
8. Агаханова К.М., Тертичник Е.И. О методике расчета фильтрационных потоков воздуха в квартирах секции многоэтажного жилого здания // Научное обозрение. 2017. № 11. С. 19–24.
9. Caesar Abi Shdid, Chadi Younes. Validating a new model for rapid multidimensional combined heat and air infiltration building energy simulation // Energy and Buildings. 2015. Vol. 87. № 1. Pp. 185–198. DOI: /10.1016/j.enbuild.2014.11.038
10. Rudnik K, Kasprzak D. Fuzzy TOPSIS method with ordered fuzzy numbers for flow control in a manufacturing system // Applied Soft Computing. 2017. Vol. 52. Pp. 1020–1041. DOI:10.1016/j.asoc.2016.09.027
11. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Thermophysical field testing of residential buildings made of autoclaved aerated concrete blocks // Magazine of Civil Engineering. 2016. № 64 (4). Pp. 10–25. DOI:10.5862/MCE.64.2
12. Кривошеин А.Д. Обеспечение регулируемого притока воздуха в жилых зданиях: проблемы и решения // АВОК. 2018. №4. С. 32–38.
13. Чулков А.А. Исследование теплозащитных характеристик двухслойных наружных стен зданий с прерывистым отоплением // Градостроительство и Архитектура. 2018. №4. С. 15–18. DOI:10.17673/Vestnik.2018.04.3
14. Гушин С.В., Семенов А.С., Шень Чхао. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. №5. С. 31–43. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43
15. Бобрышев В.В. Основные способы утепления зданий, их достоинства и недостатки [Электронный ресурс]. Молодой ученый. 2018. № 47 (233). С. 31–34. URL: <https://moluch.ru/archive/233/54195/> (дата обращения: 06.12.2022).
16. Lai D., Karava P., Chen Q. Study of outdoor ozone penetration into buildings through ventilation and infiltration // Building and Environment. 2015. Vol. 93. Part 2. Pp. 112–118. DOI:10.1016/j.buildenv.2015.06.015
17. Cheng P.L., Li X. Air infiltration rates in the bedrooms of 202 residences and estimated parametric infiltration rate distribution in Guangzhou, China // Energy and Buildings. 2018. Vol. 164. Pp. 219–225. DOI:10.1016/j.enbuild.2017.12.062
18. Brinks P., Kornadt O., Oly R. Air infiltration assessment for industrial buildings // Energy and Buildings. 2015. Vol. 86. Pp. 663–676. DOI:10.1016/j.enbuild.2014.10.040
19. Деркач В.Н., Демчук И.Е., Орлович Р.Б. Механизм повреждаемости несущей облицовки многослойных каменных стен // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №3 (54). С. 64–70. DOI: 10.18720/CUBS.54.5
20. Абдразаков Ф.К., Поваров А.В. Разработка технологии производства работ по монтажу оптимальной энергосберегающей системы теплоизоляции многоквартирного дома // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы X Национальной конференции с международным участием. Под ред. Ф.К. Абдразакова. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2020. С. 13–17.

Информация об авторах

Поваров Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры гидромелиорации, природообустройства и строительства в АПК. E-mail: povarov-av2012@yandex.ru. Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова. Россия, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3.

Трушин Юрий Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры гидромелиорации, природообустройства и строительства в АПК. E-mail: yura.truschin@yandex.ru. Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова. Россия, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3

Поступила 21.12.2022 г.

© Поваров А.В., Трушин Ю.Е., 2023

*Povarov A.V., Trushin Y.E.

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

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

IMPROVEMENT OF THE THERMAL INSULATION SYSTEM WALLS OF APARTMENT BUILDINGS OF THE SECONDARY HOUSING OF THE CITY OF SARATOV

Abstract. *The technical condition of many apartment buildings of the secondary housing stock in Saratov, built from 1977 to 1999, does not meet the current regulatory requirements in the field of creating optimal indoor climate parameters. The system of external thermal insulation of the "wet" type with a rigid fastening of the insulation is very common for the insulation of the external walls of these houses. It has been established that due to the fact that the masonry joints and its irregularities are not filled with mortar, the underestimated thickness of the insulation, a thin layer of the protective layer of plaster, as well as violations of the installation technology of the thermal insulation system, gaps are formed between the insulation plates and the walls, there is an access of cold air to the masonry of the walls, which leads to the appearance of condensate, freezing of walls, an increase in humidity and a decrease in the temperature of the indoor air in apartments. The penetration of cold air through the walls leads to increased heat loss, cooling of the masonry mass and a shift in the "dew point". As a result of the instrumental examination of houses, it is found that the freezing of moistened insulated walls led to an increase in their heat loss by 10-20%. An alternative system of point thermal insulation has been studied, in which the insulation boards are attached to the wall using hinged fasteners, excluding deformation and destruction of the protective plaster layer 10–20 mm thick and the insulation. The optimal thickness of the insulation brand PSB-S 25 for the climatic conditions of the city of Saratov is determined. The technology of mounting a movable thermal insulation system is improved using a deep penetration primer and glue for applying insulation to the plates, which makes it possible to reduce the mass of the structure and reduce the cost of installation work. The effectiveness of the use of a movable thermal insulation system to improve the energy efficiency of multi-apartment buildings of the secondary housing stock in the climatic conditions of Saratov is shown.*

Keywords: *microclimate parameters, heat losses, thermal insulation system, thermal insulation material, installation technology.*

REFERENCES

1. Abdrazakov F.K., Povarov A.V. Studies of the causes of waterlogging of insulated facades of apartment buildings in Saratov [Issledovaniya prichin pereuvlazhneniya uteplennykh fasadov mnogokvartirnykh domov g. Saratova]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 3. Pp. 39–45. (rus)
2. Gnezdilova O.A., Razakov M.A., Chernova R.V. Energy saving in residential apartment buildings [Energoberezheniye v zhilykh mnogokvartirnykh domakh]. Plumbing, heating, air conditioning. 2019. No. 6 (210). Pp. 78–81. (rus)
3. Krakhina V.A., Kononenko V.V. Economic aspects of energy saving and energy efficiency in construction [Ekonomicheskiye aspekty energoberezheniya i energoeffektivnosti v stroitel'stve]. Teoreticheskaya ekonomika. 2018. No. 3 (45). Pp. 81–88. (rus)
4. Durmenova S.S., Makhov A.Yu. Ways to improve energy efficiency in buildings [Electronic resource] [Puti povysheniya energoeffektivnosti v zdaniyakh]. Young scientist. 2020. No. 31 (321). Pp. 18–21. URL: <https://moluch.ru/archive/321/72917/> (date of access: 06.12.2022). (rus)
5. Kasyanov V.F., Kozlov A.S. Energy-saving technologies in architectural and planning decisions in the construction, reconstruction and technical operation of residential buildings [Energoberegayushchiye tekhnologii v arkhitekturno-planirovochnykh resheniyakh pri stroitel'stve, rekonstruktsii i tekhnicheskoy ekspluatatsii zhilykh zdaniy]. BST: Bulletin of construction equipment. 2018. No. 3 (1003). Pp. 41–43. (rus)
6. Povarov A.V., Biryukova K.Sh. Study of the "wet" type thermal insulation system in order to determine its shortcomings [Sovremennyye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva, teplogazosnabzheniya i energoobespecheniya]. Materialy XI Natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Pod red. A.N. Nikishanova. Saratov: FGBOU VO Saratovskiy GAU. 2021. Pp. 44–46. (rus)
7. Gribach Yu.S., Gribach D.S., Poddaeva O.I. Comparative analysis of the results of calculation of infiltration losses on the example of a residential building in Moscow [Srvnitel'nyy analiz rezul'tatov rascheta infil'tratsionnykh poter' na primere zhilogo zdaniya v g. Moskve]. Power and energy equipment. Autonomous systems. 2018. No. 2. Pp. 63–72. DOI:10.32464/2618-8716-2018-1-2-52-62 (rus)
8. Agakhanova K.M., Tertchnik E.I. On the method of calculating air filtration flows in the apartments of a section of a multi-storey residential building [O metodike rascheta fil'tratsionnykh potokov

vozdukha v kvartirakh sektsii mnogoetazhnogo zhi-
logo zdaniya]. Scientific Review. 2017. No. 11. Pp.
19–24. (rus)

9. Shdid C.A., Younes C. Validating a new
model for rapid multidimensional combined heat and
air infiltration building energy simulation. Energy
and Buildings. 2015. Vol. 87. No 1. Pp. 185–198.
DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.11.038

10. Rudnik K, Kacprzak D. Fuzzy TOPSIS
method with ordered fuzzy numbers for flow control
in a manufacturing system. Applied Soft Computing.
2017. Vol. 52. Pp. 1020–1041.
DOI:10.1016/j.asoc.2016.09.027

11. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov
A.S. Thermophysical field testing of residential
buildings made of autoclaved aerated concrete
blocks. Magazine of Civil Engineering. 2016. No.
64 (4). Pp. 10–25. DOI:10.5862/MCE.64.2

12. Krivoshein A.D. Providing controlled air
flow in residential buildings: problems and solutions
[Obespecheniye reguliruyemogo pritoka vozdukha v
zhilykh zdaniyakh: problemy i resheniya]. ABOK.
2018. No. 4. Pp. 32–38. (rus)

13. Chulkov A.A. Investigation of heat-shield-
ing characteristics of two-layer outer walls of build-
ings with intermittent heating // Town-planning and
Architecture. 2018. No. 4. Pp. 15–18. (rus)
DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.3

14. Gushchin S.V., Seminenko A.S., Shen
Chhao. World trends in the development of energy-
saving technologies [Mirovyye tendentsii razvitiya
energoberegayushchikh tekhnologiy]. Bulletin of
the Belgorod State Technological University named
after V.G. Shukhov. 2020. No.5. Pp. 31–43.
DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43 (rus)

15. Bobryshev V.V. The main methods of
building insulation, their advantages and disad-
vantages [Osnovnyye sposoby utepleniya zdaniy, ikh

dostoinstva i nedostatki] [Electronic resource].
Young scientist. 2018. No. 47 (233). Pp. 31–34.
URL: <https://moluch.ru/archive/233/54195/> (date of
access: 12/06/2022). (rus)

16. Lai D., Karava P., Chen Q. Study of out-
door ozone penetration into buildings through venti-
lation and infiltration. Building and Environment.
2015. Vol. 93. Part 2. Pp. 112–118.
DOI:10.1016/j.buildenv.2015.06.015

17. Cheng P.L., Li X. Air infiltration rates in
the bedrooms of 202 residences and estimated para-
metric infiltration rate distribution in Guangzhou,
China. Energy and Buildings. 2018. Vol. 164. Pp.
219–225. DOI:10.1016/j.enbuild.2017.12.062

18. Brinks P., Kornadt O., Oly R. Air infiltra-
tion assessment for industrial buildings. Energy and
Buildings. 2015. Vol. 86. Pp. 663–676.
DOI:10.1016/j.enbuild.2014.10.040

19. Derkach V.N., Demchuk I.E., Orlovich
R.B. The mechanism of damage to non-bearing lin-
ing of multilayer stone walls [Mekhanizm povrezh-
dayemosti nenesushchey oblitsovki mnogosloynnykh
kamennykh sten]. Construction of unique buildings
and structures. 2017. No. 3 (54). Pp. 64–70. (rus)
DOI: 10.18720/CUBS.54.5

20. Abdrazakov F.K., Povarov A.V. Develop-
ment of a technology for the installation of an opti-
mal energy-saving thermal insulation system for an
apartment building [Razrabotka tekhnologii pro-
izvodstva rabot po montazhu optimal'noy energo-
beregayushchey sistemy teploizolyatsii mnogokvar-
tirnogo doma]. Sovremennyye problemy i perspek-
tivy razvitiya stroitel'stva, teplogazosnabzheniya i
energoobespecheniya: Materialy X Natsional'noy
konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Pod
red. F.K. Abdrazakova. Pod red. F.K. Abdrazakova.
Saratov: FGBOU VO Saratovskiy GAU. 2020. Pp.
13–17. (rus)

Information about the authors

Povarov, Andrey V. PhD, Assistant professor. E-mail: povarov-av2012@yandex.ru. Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov. Russia, 410012, Saratov, pr-kt im. Peter Stolypin, zd. 4, b. 3.

Trushin, Yury E. PhD, Assistant professor. E-mail: yura.trushin@yandex.ru. Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov. Russia, 410012, Saratov, pr-kt im. Peter Stolypin, zd. 4, b. 3.

Received 21.12.2022

Для цитирования:

Поваров А.В., Трушин Ю.Е. Совершенствование системы теплоизоляции стен многоквартирных домов вторичного жилищного фонда г. Саратова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 4. С. 46–54. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-4-46-54

For citation:

Povarov A.V., Trushin Y.E. Improvement of the thermal insulation system walls of apartment buildings of the secondary housing of the city of Saratov. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 4. Pp. 46–54. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-4-46-54