

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЙ

О. Г. Чеснокова, А. В. Чуйков, С. Н. Торгашина

Чеснокова Оксана Геннадьевна, доцент кафедры «Архитектура зданий и сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (917) 830-50-08; e-mail: oxxxana72@yandex.ru;

Чуйков Андрей Владиславович, доцент кафедры «Архитектура зданий и сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (902) 362-72-22; e-mail: chuikov.pro@gmail.com;

Торгашина Светлана Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная графика, стандартизация и метрология», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (902) 314-26-47; e-mail: torgashina_svetlana@mail.ru

Предотвращение возникновения конденсата в ограждающих конструкциях зданий в холодном климате является задачей, требующей постоянного внимания в течение всего периода эксплуатации здания. Ситуации, связанные с промерзанием стен в помещениях, примыкающих к деформационным швам между секциями здания, приводят к ухудшению микроклимата и условий проживания в прилегающих помещениях. В данной статье представлен анализ возможных мероприятий по защите стен, примыкающих к деформационному шву между двумя секциями. Просчитаны последствия различных вариантов защиты стены, которые наглядно демонстрируют зависимость влагонакопления от типа защитных материалов и конструкции узла утепления проблемного участка. Отделка стены без предварительного анализа конкретного проблемного участка приводит к ухудшению параметров микроклимата в помещении и возможности долгосрочного роста плесени [1–3].

Ключевые слова: теплозащита, микроклимат помещения, промерзание стены, конденсация влаги, плесень.

IDENTIFICATION OF CAUSES AND WAYS TO REDUCE DESTRUCTIVE FACTORS IN BUILDING ENVELOPES

O. G. Chesnokova, A. V. Chuykov, S. N. Torgashina

Chesnokova Oksana Gennadyevna, Associate Professor of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (917) 830-50-08; e-mail: oxxxana72@yandex.ru;

Chuykov Andrey Vladislavovich, Associate Professor of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (902) 362-72-22; e-mail: chuikov.pro@gmail.com;

Torgashina Svetlana Nikolayevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Engineering Graphics, Standardization and Metrology, Department Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (902) 314-26-47; e-mail: torgashina_svetlana@mail.ru

Prevention of condensation in building envelopes in cold climates is a task that requires constant attention during the whole period of building operation. Situations related to freezing of walls in rooms adjacent to expansion joints between building sections lead to deterioration of microclimate and living conditions in adjacent rooms. This paper analyzes possible measures to protect the walls adjacent to the expansion joint between two sections. The consequences of different wall protection options are calculated, which clearly demonstrate the dependence of moisture accumulation on the type of protective materials and the design of the insulation unit of the problem area. Wall finishing, without preliminary analysis of a specific problem area, leads to deterioration of microclimate parameters in the room and the possibility of long-term mold growth [1–3].

Keywords: heat protection, microclimate of the room, freezing of the wall, moisture condensation, mold.

Введение

Обеспечение комфортного микроклимата в помещении для проживания является приоритетной задачей проектировщиков [4–6]. Традиционно исследованиям подвергаются конструкции теплого контура здания. При этом стены секций, примыкающих друг к другу, трактуются как внутреннее. К ним не предъявляются требования

по защите от холода. По мнению проектировщиков, они защищены общим теплым контуром.

Однако история эксплуатации зданий, имеющих в своем составе помещения, примыкающие к деформационным швам между секциями, позволила накопить практический опыт для изучения физических процессов, происходящих в ограждающих конструкциях под действием отрицательных наружных температур. Воздушная

прослойка, расположенная в пространстве между двумя секциями, не всегда имеет надежную защиту от наружного холодного воздуха. При нарушенной защите стыка в наружном теплом контуре, стены, отделяющие жилые помещения от охлажденного воздуха, по сути, выполняют функцию наружных. При этом их конструкция на это не рассчитана и не обеспечивает требуемой теплозащиты помещений.

Актуальность темы исследования

При разработке мероприятий, направленных на обновление, ремонт и реконструкцию зданий, необходимо обеспечить комфортные условия во всех помещениях на весь период его эксплуатации. Результаты натурных наблюдений говорят о том, что в зоне холодного климата необходимо тщательно продумать мероприятия по защите внутренних стен здания, примыкающих к холодному воздуху, циркулирующему в воздушной прослойке деформационного шва здания между соседними секциями.

Актуальность вопроса была представлена в публикациях [4–30]. Рассматриваемая проблема особенно значима для стран с низкими зимними температурами. Наличие жалоб от жителей многоквартирных домов, в которых стены промерзают, а также появление на их внутренней поверхности плесени свидетельствуют о том, что на сегодняшний день эта проблема не решена [12, 14, 21, 25–31].

В данной статье представлены результаты исследования, показывающие варианты решения описанной проблемы и влияние конструктивного решения исследуемого узла на количественные характеристики накопления конденсата в стене и примыкающем к ней помещении. Полученные данные могут быть использованы в качестве рекомендаций для проектировщиков и эксплуатационных служб жилых зданий.

Цель исследования

На рисунке 1 представлен фрагмент плана этажа многоэтажного жилого дома из сборных железобетонных конструкций. Несущими конструкциями являются сборные железобетонные колонны сечением 400 × 600 мм. Наружные стены запроектированы из однослойных навесных керамзитобетонных панелей толщиной 100 мм, защищенных вентилируемым фасадом. В качестве теплоизоляции использованы жесткие минераловатные плиты толщиной 120 мм. Толщина воздушной прослойки вентилируемого фасада 60 мм. Отделочным слоем являются плиты керамогранита 20 мм. Между двумя секциями установлены трехслойные сборные стеновые панели толщиной 150 мм. Внутренний и наружный слой панели выполнены из железобетона толщиной 50 мм. Внутри панели расположен утеплитель из пенополистирола толщиной 50 мм. Воздушная прослойка между панелями примыкающих секций толщиной 120 мм.

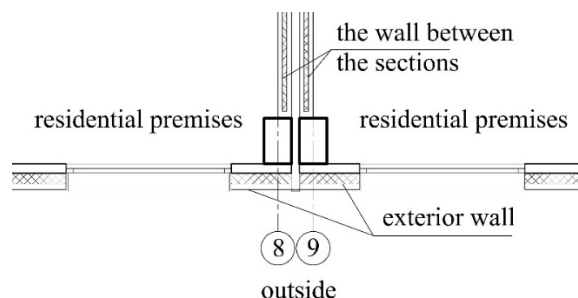


Рис. 1. Рассматриваемый участок.

Внутренние стены здания, примыкающие к деформационному шву между секциями здания (иллюстрация авторов)

Fig. 1. The site in question. The internal walls of the building adjacent to the expansion joint between the building sections (illustration by the authors)

Заделка стыка между панелями при устройстве вентилируемого фасада не является абсолютно герметичной. Вследствие этого фактическая температура воздуха между двумя секциями практически приближена к температуре наружного воздуха. Температура на внутренней поверхности стены в помещении опускается до минимальных положительных температур. Данная стена не обеспечивает надежной защиты от холода в зимний период. Требуется значительно большее количество расходуемой энергии на отопление для достижения нормативного перепада между температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции и внутреннего воздуха в примыкающем помещении.

При исследовании были приняты следующие параметры: температура воздуха в помещении – 20 °С, на улице – 10 °С.

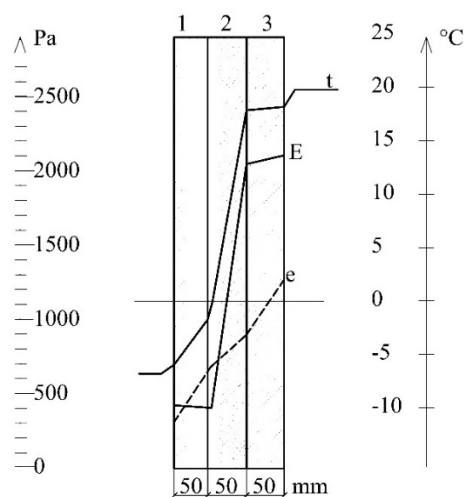


Рис. 2. Конструкция внутренней стены (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Construction of the inner wall (illustration by the authors)

1. Первый слой стены – наружный конструктивный железобетон, толщина слоя $\delta_1 = 0.05$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 1.92$ Вт/(м·°С), паропроницаемость материала $\mu_1 = 0.03$ мг/(м·ч·Па).

2. Второй теплоизолирующий слой – пенопласт, толщина слоя $\delta_2 = 0.05$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0.0351$ Вт/(м·°С), паропроницаемость $\mu_2 = 0.05$ мг/(м·ч·Па).

3. Третий внутренний слой стены – конструкционный железобетон, толщина слоя $\delta_3 = 0.05$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 1.92$ Вт/(м·°С), паропроницаемость $\mu_3 = 0.03$ мг/(м·ч·Па).

Условные обозначения

- - - - - кривая распределения действительного парциального давления водяного пара (e);
- - - - - кривая распределения максимального парциального давления водяного пара (E);
- - - - температурная кривая (t).

На рисунке 2 видно, что на границе наружного слоя и утеплителя возможно образование конденсата, так как кривые распределения действительного и максимального парциального давления пересекаются.

Кроме того, большой проблемой для жителей становится излучение холодного воздуха, исходящее от стены. Ставить мебель и находиться рядом с переохлажденной поверхностью некомфортно. Как следствие, жители принимают решение о внутреннем утеплении стены по причине невозможности ее наружного утепления.

Для достижения максимальной эффективности необходимы предварительные исследования конструктивных решений, при которых жители квартир смогут получить рекомендации по улучшению ситуации с переохлаждением стены в течение всего последующего срока эксплуатации жилья.

Далее в статье представлены различные варианты конструктивных решений, используемые для защиты жителей от холодного излучения стены.

В процессе исследования получены данные о материалах и соотношении толщин слоев для достижения оптимального результата. Изучение послойного состава стены позволит скорректировать возникшую в процессе эксплуатации здания проблему.

Для анализа и сравнения были выбраны три варианта конструктивного решения стены (рис. 3–5).

На рисунке 3 представлен самый распространенный способ защиты переохлажденной стены – минераловатным утеплителем толщиной 100 мм, закрытым гипсовым облицовочным листом толщиной 12 мм. Исходя из расчета, видно, что кривые распределения действительного и максимального парциального давления пересекаются, что ведет к увеличению образования конденсата. Зона конденсации располагается теперь в помещении, прямо в слое из минеральной ваты, что неминуемо приведет к образованию плесени в рассматриваемой стене. Таким образом, становится ясно, что этот способ утепления категорически не приемлем.

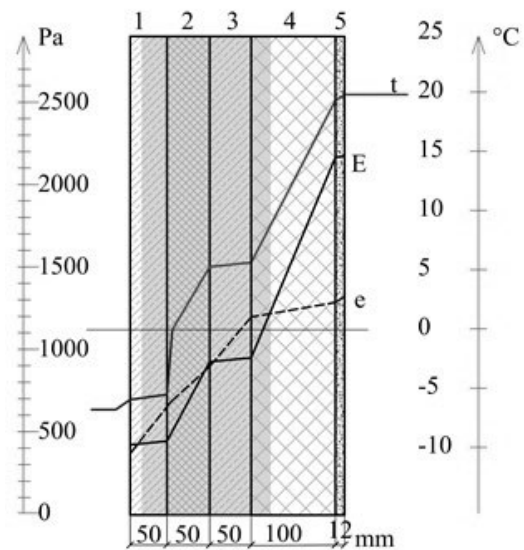


Рис. 3. Конструкция внутренней стены с утеплением минеральной ватой изнутри (иллюстрация авторов)

Fig. 3. The construction of the inner wall is insulated from the inside with mineral wool (illustration by the authors)

1. Первый слой стены – наружный конструкционный железобетон, толщина слоя, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 1.92$ Вт/(м·°С), паропроницаемость $\mu_1 = 0.03$ мг/(м·ч·Па).

2. Второй теплоизолирующий слой – пенопласт, толщина слоя $\delta_2 = 0.05$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0.0351$ Вт/(м·°С), паропроницаемость $\mu_2 = 0.05$ мг/(м·ч·Па).

3. Третий внутренний слой стены – конструкционный железобетон, толщина слоя $\delta_3 = 0.05$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 1.92$ Вт/(м·°С), паропроницаемость $\mu_3 = 0.03$ мг/(м·ч·Па).

4. Четвертый слой – вариант утепления изнутри с применением матов минераловатных, плотностью $\rho = 100$ кг/м³, толщина слоя $\delta_4 = 0.1$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_4 = 0.061$ Вт/(м·°С), паропроницаемость $\mu_4 = 0.49$ мг/(м·ч·Па).

5. Пятый облицовочный слой – листы гипсовые облицовочные, плотностью $\rho = 1050$ кг/м³, толщина слоя $\delta_5 = 0.012$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_5 = 0.34$ Вт/(м·°С).

На рисунке 4 представлен способ защиты переохлажденной стены пеноплексом толщиной 100 мм, закрытым гипсовым облицовочным листом толщиной 12 мм. Исходя из расчета, видно, что в помещении на границе стены и пеноплекса также возможно образование конденсата и в течение времени будут созданы условия для появления плесени. Количество образовавшейся при этом влаги значительно ниже. От стены уже не будет холодного излучения. Такие результаты получены вследствие того, что паропроницаемость пеноплекса значительно меньше, чем у минеральной ваты.

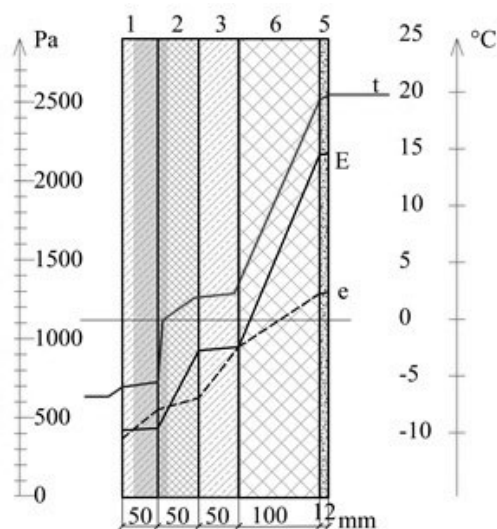


Рис. 4. Конструкция внутренней стены с утеплением плитой «Пеноплэкс» изнутри (иллюстрация авторов)

Fig. 4. The construction of the inner wall is insulated from the inside with penoplex (illustration by the authors)

1. Первый слой стены – наружный конструкционный железобетон, толщина слоя, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 1.92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_1 = 0.03 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

2. Второй теплоизолирующий слой – пенопласт, толщина слоя $\delta_2 = 0.05 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0.0351 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_2 = 0.05 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

3. Третий внутренний слой стены – конструкционный железобетон, толщина слоя $\delta_3 = 0.05 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 1.92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_3 = 0.03 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

4. Четвертый слой – вариант утепления с использованием плит «Пеноплэкс», толщина слоя $\delta_6 = 0.1 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_6 = 0.031 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_6 = 0.015 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

5. Пятый облицовочный слой – листы гипсовые обшивочные $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$, толщина слоя $\delta_5 = 0.012 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_5 = 0.34 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_5 = 0.075 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

На рисунке 5 представлен способ защиты переохлажденной стены установкой дополнительной перегородки из пазогребневой гипсовой плиты толщиной 100 мм, оштукатуренной известково-цементным раствором толщиной 12 мм. По итогам расчета видно, что в помещении невозможно образование конденсата. Конденсат появляется только на границе наружного слоя железобетона и утеплителя панели. При такой защите от стены также не будет холодного излучения.

1. Первый слой стены – наружный конструкционный железобетон, толщина слоя, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 1.92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_1 = 0.03 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

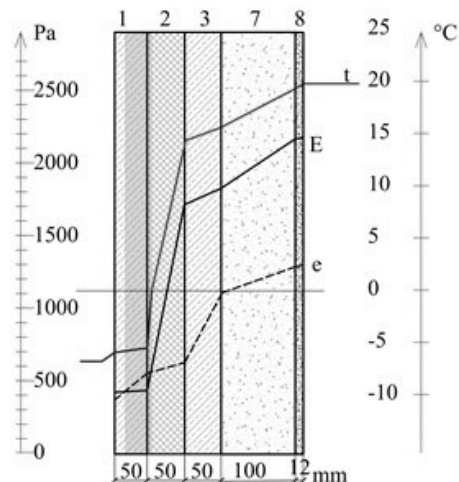


Рис. 5. Конструкция внутренней стены с установкой гипсовой перегородки изнутри (иллюстрация авторов)

Fig. 5. The construction of the inner wall with the installation of a gypsum wall from the inside (illustration by the authors)

2. Второй теплоизолирующий слой – пенопласт, толщина слоя $\delta_2 = 0.05 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0.0351 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_2 = 0.05 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

3. Третий внутренний слой стены – конструкционный железобетон, толщина слоя $\delta_3 = 0.05 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 1.92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_3 = 0.03 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

4. Четвертый условно утепляющий слой – плиты из гипса $\rho = 1350 \text{ кг/м}^3$, толщина слоя $\delta_7 = 0.1 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_7 = 0.5 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_7 = 0.098 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

5. Пятый защитный слой – штукатурка. Раствор сложный (песок, известь, цемент), толщина слоя $\delta_8 = 0.015 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_8 = 0.7 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемость $\mu_8 = 0.098 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

Результаты, полученные в ходе исследования

На основе проведенных натурных исследований и теоретических расчетов получены следующие результаты.

Количество конденсата, образующегося в конструкции стены, зависит от свойств материала, принятого для утепления (защиты от переохлаждения) стены изнутри. Микроклимат улучшается с повышением плотности и уменьшением паропроницаемости материала. Плотный материал не увеличивает значительно термическое сопротивление стены, но уменьшает ощущение холодного излучения от стены и не позволяет образовываться конденсату в помещении.

Количественная оценка параметров влагонакопления представлена в таблице.



Таблица

**Количество конденсата, образующегося в рассматриваемой стене за один час
(влажность воздуха в помещении принята 40 %, на улице – 60 %)**

Тип расчетной схемы				
Параметры	Без защиты холодной стены (рис. 2)	С защитой стены из минеральной ваты (рис. 3)	С защитой стены из пеноплекса (рис. 4)	С защитой стены из гипсовой плиты (рис. 5)
Термическое сопротивление стены R, м ² К / Вт	1.46	4.01	4.01	1.78
Теплопотери, Вт/м ² /К	0.68	0.25	0.25	0.56
Количество конденсата в стене, гр/м ² /час	11.24	36.42	0.39	11.16

В результате полученных расчетов выявлено, что паропроницаемость и плотность материала влияют на накопление конденсата в помещении и на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Заключение

В данной статье показана практическая возможность дифференцированного подхода к утеплению стены изнутри при невозможности провести утепление снаружи. Результаты экспериментальных наблюдений подтвердили полученные в статье теоретические расчеты.

Можно сделать вывод, что в случае значительного остывания внутренней поверхности

стены возможно улучшить микроклимат помещения, применив материалы, которые в зависимости от их паропроницаемости и плотности компенсируют проблему. При использовании материалов с достаточной плотностью можно создать такую конструкцию утепления, при которой исчезнет холодное излучение от стены и при этом не возникнет конденсата в помещении и на границе слоев утеплителя. Результаты исследования могут быть востребованы в строительной практике и при реконструкции зданий, имеющих локальные проблемные зоны.

Список литературы

1. Тарасова Н. В. Оценка влажностного режима наружных вертикальных ограждений зданий старой застройки города Брянска в зимний период / Н. В. Тарасова // Наука и инновации в строительстве : сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2019. – С. 279–288.
2. Аляутдинова Ю. А. Исследование параметров микроклимата в учебных аудиториях с целью определения условий комфортности / Ю. А. Аляутдинова, Р. В. Муканов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3 (41). – С. 32–37.
3. Ледайкин Н. В. Микробиологическое исследование штукатурных композитов в условиях повышенной влажности и постоянной температуры / Н. В. Ледайкин, О. В. Ледайкина, М. М. Зоткина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 4 (42). – С. 39–46.
4. Чеснокова О. Г. Предложения по теплоизоляции пола в помещениях первого этажа, расположенных над холодным подвалом / О. Г. Чеснокова, М. Д. Журбенко, С. Н. Торгашина, А. И. Кургузов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 2 (48). – С. 24–28.
5. Полевщиков А. С. Негативные последствия теплоизоляции ограждающих конструкций изнутри помещения / А. С. Полевщиков // Общество, наука, инновации (НПК-2013) : сборник материалов Всероссийской ежегодной научно-практической конференции. – Киров : Вятский государственный университет, 2013. – С. 1621–1624.
6. Шарапов О. Н. Как правильно и качественно утеплить стены / О. Н. Шарапов, М. А. Демешева // Университетская наука. – 2019. – № 1 (7). – С. 77–82.
7. Петров К. С. Существующие методы утепления стен. их плюсы и минусы / К. С. Петров, К. Г. Крищенко, Т. Р. Слепанев, Е. А. Куклев // Образование в России и актуальные вопросы современной науки : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары : Экспертно-методический центр, 2020. – С. 66–71.
8. Наумкина Т. П. Утепление внутренней поверхности кирпичных стен зданий советского авангарда / Т. П. Наумкина // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции / Юго-Западный государственный университет, Московский государственный машиностроительный университет. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 282–285.
9. Исмагилова К. А. Совершенствование организационно-технологических решений по устройству теплоизоляции ограждающих конструкций / К. А. Исмагилова // Современные студенческие исследования : сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2024. – С. 20–23.

10. Писклич М. А. Оценка надежности теплоизоляции / М. А. Писклич // Научный форум: технические и физико-математические науки : сборник статей по материалам XXXV Международной научно-практической конференции. – Москва : Международный центр науки и образования, 2020. – С. 26–34.
11. Федяев А. А. Исследование эффективности тепловой защиты зданий / А. А. Федяев, Н. Ю. Федяева // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2022 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, 2023. – С. 130–135.
12. Корниенко С. В. Оценка влагонакопления в ограждающих конструкциях зданий в годовом цикле / С. В. Корниенко // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 4. – С. 12–17.
13. Борисова С. С. Анализ развития нормативных требований по тепловой защите зданий в России / С. С. Борисова, В. А. Москвитин // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2023. – № 2 (277). – С. 19–23.
14. Перехоженцев А. Г. Параметры микроклимата помещения – основа нормирования сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий / А. Г. Перехоженцев // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы XII Международной научной конференции. – Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. – С. 371–378.
15. Евсеев Л. Преимущества и недостатки внутреннего и наружного утепления строительных ограждающих конструкций в свете новых нормативных документов по теплоизоляции зданий / Л. Евсеев // Стройинфо. – 2004. – № 19. – С. 114–120.
16. Евтушенко Е. П. Архитектура многослойных ограждающих конструкций / Е. П. Евтушенко, О. И. Явейн, П. П. Зуева, Е. А. Белаш // Новые идеи нового века : материалы Международной научной конференции факультета архитектуры и дизайна Тихоокеанского государственного университета. Хабаровск, 2022. – Т. 2. – С. 276–286.
17. Карневич В. В. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий / В. В. Карневич, Р. М. Алескеров, М. М. Грицай // Наукосфера. – 2024. – № 5-2. – С. 251–261.
18. Бельский А. А. Неорганические теплоизоляционные материалы / А. А. Бельский // Молодой ученый. – 2022. – № 11 (406). – С. 11–14.
19. Trabelsi A. Assessment of temperature gradient effects on moisture transfer through thermogradient coefficient / A. Trabelsi, R., Belarbi K. Abahri, M. Qin // Building Simulation. – 2012. – № 3. – P. 107–115.
20. Williams Portal N. Evaluation of heat and moisture induced stress and strain of historic building materials and artefacts / Portal N. Williams, Kalagasidis A. Sasic, A. W. M. van Schijndel // Building Simulation. – June 2014. – Vol. 7, issue 3. – P. 217–227.
21. Чеснокова О. Г. Сравнительный анализ влагонакопления в ограждающей конструкции в зависимости от расположения слоя утеплителя / О. Г. Чеснокова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия. Строительство и архитектура. – 2017. – № 47 (66). – С. 51–60.
22. Хатина Е. В. Динамическая теплоизоляция ограждающих конструкций зданий / Е. В. Хатина // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 224–228.
23. Krus M. Moisture Transport and Storage Coefficient of Porous Mineral Building Materials: theoretical principles and new test methods / M. Krus. – Stuttgart : IRB-Verlag, 1996. – 180 p. – ISBN 3-8167-4535-0.
24. Künzle H. M. Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components / H. M. Künzle, K. Kiessl // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1997. – № 1, vol. 40. – P. 159–167.
25. Бурлаченко О. В. Effective way to improve thermophysical properties of exterior walls of brick buildings during reconstruction / О. В. Бурлаченко, О. Г. Чеснокова, Т. Ф. Чередниченко // I International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety 2018, ICCATS 2018 / eds A. A. Radionov, D.V. Ulrikh. – Chelyabinsk : Institute of Physics, 2018. – Vol. 451, № 1. – 6 p. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/451/1/012050/pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
26. Krause P. The Impact of Internal Insulation on Heat Transport through the Wall: Case Study / P. Krause, A. Nowoswiat, K. Pawlowski // Applied Sciences-Basel. – Nov 2020. – № 10 (21). – Doi:10.3390/app10217484.
27. Bademlioglu A. H. The effect of water vapor diffusion resistance factor of insulation materials for outer walls on condensation / A. H. Bademlioglu, O. Kaynakli, N. Yamankaradeniz // ISI Bilimi Ve Teknigi Dergisi-Journal of Thermal Science and Technology. – 2018. – № 38 (2). – P. 15–23.
28. Cho W. Condensation Risk Due to Variations in Airtightness and Thermal Insulation of an Office Building in Warm and Wet Climate / W. Cho, S. Iwamoto, S. Kato // Energies. – Nov. 2016. – № 9 (11).
29. Pawlowski K. Analysis of Physical Parameters for External Partition Wall Joints Insulated from The Inside / K. Pawlowski, M. Nakielska // World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS). – 2017. – Doi:10.1088/1757-899X/245/8/082012.
30. Umnyakova N. P. Engineering method for calculating the temperature on the inner surface of the outer corner of a building / N. P. Umnyakova // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2021. № 4. – P. 7–19.
31. Gorrell T. A. Condensation Problems in Precast Concrete Cladding Systems in Cold Climates. Symposium on Condensation in Exterior Wall System / T. A. Gorrell // Condensation in Exterior Building Wall Systems. – 2011. – № 39 (4). – P. 299–314. – DOI: 10.1520/JTE103017.

© О. Г. Чеснокова, А. В. Чуйков, С. Н. Торгашина

Ссылка для цитирования:

Чеснокова О. Г., Чуйков А. В., Торгашина С. Н. Выявление причин возникновения и способы снижения деструктивных факторов в ограждающих конструкциях зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2025. № 2 (52). С. 5–10.