

О.З. ХАЛИМОВ¹, О.А. АДЫЯКОВА¹, Н.М. ХАЛИМОВА¹¹ Хакасский технический институт-филиал Сибирского федерального университета, г. Абакан, Россия

ВЛИЯНИЕ ПРИЧИН ФОРМИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫСОЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ И ЭКСФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ НА ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены варианты технических решений, обеспечивающих повышение уровня тепловой защиты зданий и уменьшение затрат на их эксплуатацию при взаимодействии инфильтрационных и эксфильтрационных потоков влаги в ограждающих конструкциях, обосновано появление высолов на поверхности зданий в зимнее время как результат взаимодействия инфильтрационных и эксфильтрационных потоков.

На основании мониторинга выявлена важность учета этих потоков не как дополнительных теплопотерь, а наравне с основными теплопотерями. Подсчитаны дополнительные денежные затраты при игнорировании мероприятий, направленных на предотвращение процесса инфильтрации в отопительный период. Также подсчитано количество топлива в виде Черногорского гумусового угля необходимого для восполнения энергопотерь. Приведены тепловизионные съемки, показывающие дополнительные места теплопотерь через многослойную конструкцию наружной стены. Утверждается, что высолы являются важным индикатором дополнительных теплопотерь.

Ключевые слова: теплоэнергоэффективность, высолы, инфильтрационные и эксфильтрационные потоки, теплопотери.

O.Z. HALIMOV¹, O.A. ADYYAKOVA¹, N.M. HALIMOVA¹¹ Khakassia Technical Institute-branch of the Siberian Federal University, Abakan, Russia

INFLUENCE OF THE REASONS OF FORMATION OF THE DYNAMICS OF SPREADING HEIGHTS WHEN THE INTERACTION OF INFILTRATION AND EXFILTRATION FLOWS ON THE HEAT EFFICIENCY OF BUILDINGS

Abstract. The article discusses options for technical solutions to increase the level of thermal protection of buildings and reduce the cost of their operation when interacting infiltration and exfiltration flows of moisture in enclosing structures. An analysis of the dynamics of efflorescences in the winter period indicates an increase in chemical processes at the contact of the facing verst and the insulation layer, in which slag accounts for 60-65%. These water soluble salts migrate to the freezing front. However, the reason for the accelerated migration in the winter is the exfiltration of warm moist air through the unsealed joints of the stoned panels during the installation of the stairwell. Also in the parapet, the largest efflorescence is due to the penetration of vaporous moisture through a monolithic reinforced concrete ceiling into the insulation layer, and from there into the brickwork of the parapet. Studies of heat and mass transfer, moisture transfer in various designs have shown that the combination of the interaction of infiltration and exfiltration leads to large heat losses and a deterioration in the thermal regime and indoor microclimate.

Thus, the survey results showed that efflorescence is an important indicator of additional heat loss of buildings and structures, and the use of effective heat-insulating materials is not always enough. Errors and defects in the design and construction of structures and natural ventilation systems have a direct effect on reducing the thermal efficiency of exterior fencing.

Keywords: heat and energy efficiency, efflorescence, infiltration and exfiltration flows, heat loss.

Введение

Проблемы тепло и энергосбережения являются одними из наиболее актуальных в мировой экономике. Способы решения этих проблем в значительной мере будут определять место нашего государства в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни российских граждан. Свыше четверти потенциала теплоэнергосбережения сосредоточено в жилищно-коммунальном хозяйстве, а в строительстве и промышленности – свыше одной трети [1].

Многочисленные исследования, посвященные изучению проблем энергосбережения и энергоэффективности, показывают, что наибольшее количество энергии тратится на отопление, поэтому усилия проектировщиков направлены на поиск технических решений, обеспечивающих повышение уровня тепловой защиты зданий и уменьшение затрат на их эксплуатацию.

В настоящее время все большее внимание уделяется энергосбережению при эксплуатации зданий, в частности, определению и снижению теплопотерь через оболочку здания. Для этого по известным параметрам внутренней среды, наружного воздуха и элементов оболочки здания проводят теплотехнические расчеты ограждающих конструкций, кровли здания, также и натурные измерения фактических теплопотерь при вводе здания в эксплуатацию, в процессе его эксплуатации, а также на стадии капитального ремонта [3].

Неотъемлемой частью вопроса об энергоэффективности являются нормативные документы, регламентирующие методы расчёта и допустимые величины основных параметров.

Вопросам энергоэффективности российского ТЭК посвящен основополагающий документ Федеральный закон от 23.11.2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации, в Республике Хакасия - Долгосрочная республиканская целевая программа «Энергосбережение и повышение энергоэффективности в Республике Хакасия на 2013-2015 годы и на перспективу до 2020 года [2]. Однако, что этот российский закон так и республиканская целевая программа имеют существенный недостаток – они не распространяются на индивидуальные дома. Но именно здесь происходят значительные утечки тепла и нерациональное, точнее сказать – варварское сжигание каменного угля, разработка которого в республике развивается высокими темпами. В результате в период стояния азиатского и сибирского антициклонов в абакано-черногорском промузле устанавливается смог, предельные допустимые концентрации достигают 46 раз. Более страшная картина в этот же период времени наблюдается в г. Кызыле – центре азиатского антициклона. Аналогичные проблемы стоят перед учеными и проектировщиками в Польше – самой загрязненной из европейских стран, где также, как и в Хакасии интенсивно потребляется каменный уголь для отопления зданий.

Совершенствование нормативных документов позволит приблизить к людям (начиная в первую очередь с жителей частного сектора) наиболее актуальные вопросы теплоэнергоэффективности. Для исследователей - выявить методики, корректировка которых на основе последних достижений может привести к более точной оценке энергоэффективности ограждающих конструкций [4] и разработке строительных решений, снижающих теплопотери.

Существующий теплотехнический расчет ограждающих конструкций в РФ направлен на предотвращение трансмиссионных теплопотерь, но практически не затрагивает, на должном уровне, такого вида теплопотерь, как потери тепла через инфильтрацию и эксфильтрацию.

Как показывают многолетние наблюдения и мониторинги, примерно 40% тепловой энергии в зимний период фактически расходуется на обогрев наружного воздуха. Из этого количества примерно 40% потерь приходится на стены, 20% - на оконные и дверные проемы, 20% - на кровлю, 20% — на подвал и систему вентиляции.

Вышеперечисленные теплопотери относятся к трансмиссионным (перенос тепловой энергии через ограждение из здания в окружающую среду при воздействии разности температур), но не стоит забывать о теплопотерях, связанных с таким явлением как *инфильтрация*

наружного воздуха (эксфильтрация внутреннего воздуха) через неплотности в ограждениях. Для жилых и общественных зданий коэффициент инфильтрации по существующим представлениям невелик (до 4-5%) (рисунок1). На самом деле это не так.

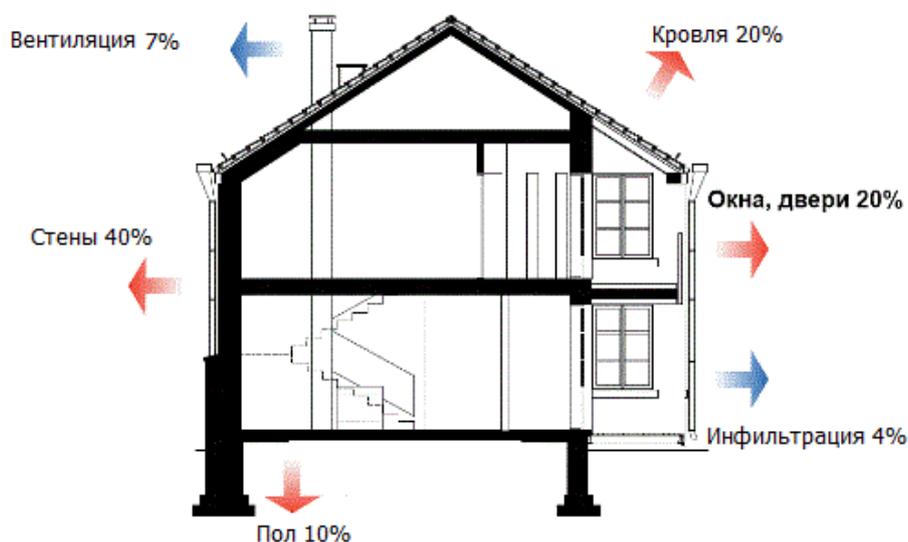


Рисунок 1 – Расход тепловой энергии в зимний период

Воздух в помещения поступает через ограждающие конструкции, имеющие пористые структуры, но основная его часть поступает через неплотности окон, наружных и балконных дверей, щели, стыки стеновых панелей. При этом инфильтрационные потоки холодного воздуха могут и не дойти до внутреннего пространства помещения, но они проникают в утеплитель, охлаждают, увлажняют его и существенно снижают эффективность его работы.

Через дефекты герметичности наружной оболочки (щели на стыках оконных и дверных проемов, в местах присоединения межэтажных перекрытий и стен и т.д.) (Фото 1) в отопительный период постоянно проникает влажный холодный воздух, и уходит теплый, что оказывает негативное влияние на тепловую защиту здания. Сведя к минимуму такую инфильтрацию воздушных масс, можно экономить существенное количество тепловой энергии и повышать срок его эксплуатации.

Основой для анализа служат тепловизионные обследования.

Целью работы является формирование, ранжирование спектра дефектов теплопотерь за счет инфильтрации холодного и эксфильтрации теплого воздуха.

Для этого было выполнено визуальное и инструментальное обследование индивидуальных домов старой постройки в пригороде Абакана и малоэтажного здания лаборатории, расположенной в п. Калинино республики Хакасия.

Началом для исследований послужили данные мониторинга среднестатистической улицы пригорода, которые показали, что только 27 из 66 домов установили пластиковые окна, что составило 42%. Объем инфильтрации был подсчитан на примере жилого дома, в котором установлены окна с деревянными переплетами. Были произведены замеры и установлены точные местоположения утечек тепловой энергии (Фото 2).

Объект исследования находится в городской зоне, поэтому тариф был взят для населения. Стоимость составлена в ценах первого полугодия 2019 года, и она равна 2,11 рублей за 1 кВт/час.

При переводе расхода тепла за час, был произведен несложный подсчет расхода тепла за сутки. Он составил 5,46 кВт/сутки.



Фото 1 - Следы загрязнений внутреннего слоя утеплителя (изовера) при прохождении наружного воздуха через негерметичные слои досок и утеплителя (минваты)



Фото 2 - Тепловизионное обследование объекта эксперимента

Расчетный период времени работы системы отопления здания, представляющий собой среднее статистическое число суток в году, когда средняя суточная температура наружного воздуха устойчиво равна и ниже 8°C принята для жилого здания города Абакана и равна 223 суток [14].

Стоимость денежных затрат за сутки составила 11,52 рублей. За весь отопительный период на счетчиках жителей набегает дополнительных 2569 рублей. Дополнительные теплопотомеры требуют дополнительных затрат на отопление помещения. В данном случае потребуется дополнительно 133 кг угля за отопительный период, кроме этого в атмосферу идет выброс $248,3 \text{ м}^3$ углекислого газа.

Этот перерасход рассчитан на одно окно, а в рассматриваемом объекте их количество равно 6 штук.

Для расчета были использованы следующие параметры:

A_1 – площадь световых проемов, м²;

R_u – сопротивление воздухопроницанию световых проемов, принимаемые по СНиП II-3-79**;

Δp_i – расчетный перепад давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждения на расчетном этаже, Па;

i – номер этажа;

A_2 – площадь других ограждающих конструкций, м²;

G_n – нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, принимаемая по СНиП II-3-79**;

Δp_1 – расчетный перепад давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждения на первом этаже, Па;

A_3 – площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях, м²;

l – длина стыков стеновых панелей, м.

Расход на инфильтрацию воздуха просчитывается по формуле 1 [13].

$$G_i = 0,216 \times \sum \frac{A_1 \times \Delta p_i^{0,67}}{R_u} + \sum A_2 \times G_n \left(\frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \right)^{0,76} + 3456 \sum A_3 \times \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \times \frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \quad (1)$$

В результате расчетов истинная величина теплопотери через инфильтрацию составила более 30% от общей величины теплопотерь в условиях резко-континентального климата. Фактические теплопотери превышают расчетные значения, так как в анализируемой формуле не учитывается пульсация ветра.

В многослойных конструкциях процессы инфильтрации холодного воздуха осложнены взаимодействием инфильтрационных потоков с тепловыми и экфильтрационными. Многолетние наблюдения за высоллами в здании лаборатории привели к необходимости более тщательного изучения причин их образования.

Тепловизионный снимок восточного торца представлен на рисунок 2. Конструкция стены многослойная: керамзитобетонная панель, шлакополистиролбетон, облицовочный кирпич.

Конструктивная схема здания стеновая с железобетонными сердечниками на стыках керамзитобетонных панелей, на которые передается нагрузка от монолитных железобетонных перекрытий. Однако при анализе тепловизионных снимков с северной стороны здания не обнаружено влияния этих теплопроводных включений – утеплитель из шлакополистиролбетона их эффективно нейтрализует. В тоже время инфильтрационные потоки холодного воздуха через стыки невыполненных окон показывают на понижение температуры наружной поверхности в районе этих стыков. До прорубки керамзитобетонных панелей для установки в них окон сопряжение облицовочной версты с керамзитобетонной панелью выполнено через слой пенопласта. Но куски пенопласта уложены насухо без проклейки и в щели между панелью и пенопластом, а также между пенопластом и обрамлением окна из облицовочной версты устремляется холодный воздух.

В уровне цоколя видна полоска трансмиссионных потерь через железобетонный пояс цоколя.

Виды дефектов, которые устанавливаются тепловизионным обследованием:

- строительные дефекты, такие как инфильтрация или эксфильтрация воздуха, образующиеся в результате некачественно выполненных стыков элементов, либо при наличии сквозных трещин в ограждающих конструкциях;
- места повышенных теплопотерь в результате некачественной теплоизоляции;
- места, имеющие мостики холода, в результате которых образуется конденсация и промерзание конструкций ограждения;

- повреждения кровли, которые приводят к теплопотерям или скоплению влаги, в результате которых происходит преждевременное разрушение конструкции здания;
- дефекты установки дверных и оконных конструкций, которые создают дополнительные теплопотери.

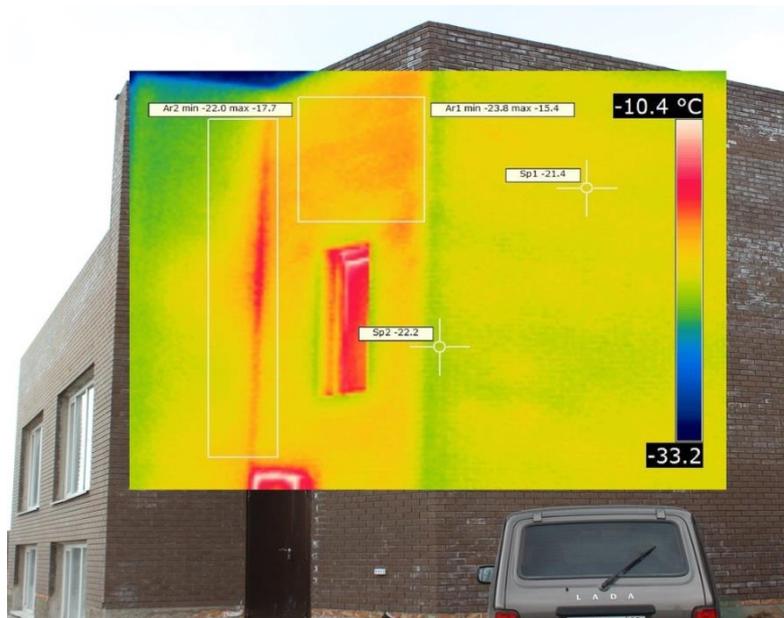


Рисунок 2 - Восточный торец здания лаборатории

Современное строительство невозможно представить без применения многослойных ограждающих конструкций. Одним из основных вариантов стали конструкции, в которых эффективный утеплитель использовался в качестве среднего слоя между несущей или самонесущей стеной (из кирпича, керамзитобетонных, газобетонных и др. блоков) и защитно-декоративной облицовкой (из кирпича и других мелкоштучных материалов). Благодаря ряду несомненных преимуществ, таких как сравнительно небольшая толщина и соответственно вес конструкций, высокая тепловая эффективность, сравнительно низкая стоимость, возможность имитации внешнего облика кирпичного здания и т.д., с конца 90-х годов объемы применения многослойных фасадных систем с кирпичной облицовкой постоянно увеличивались. При этом не принималось во внимание, что условия эксплуатации наружных стен в России во многом отличаются от условий в странах Евросоюза, где распространены многослойные стены. Основное отличие заключается в более холодных и продолжительных зимах. Это требует применения более толстых слоёв утеплителя, а, следовательно, значительно большего расстояния между внутренними и наружными слоями кладки [5]. В результате чего увеличивается величина инфильтрации и эксфильтрации через слой утеплителя в конструкции стены. Различные источники предлагают учитывать потери тепла на инфильтрацию и эксфильтрацию в пределах 4-5% [6-12].

Теплопотери на инфильтрацию зависят, как правило, от инфильтрации в помещение холодного наружного воздуха и его температуры. Воздух нагревается в помещении, а затем уходит по вентиляционным каналам, унося с собой полученное тепло. Воздух в помещения поступает через ограждающие конструкции, имеющие пористые структуры, но основная его часть поступает через неплотности окон. Если для стен здания используются панели, то инфильтрация воздуха через стыковые соединения панелей в несколько раз выше, чем через массив стены. Однако инфильтрация через стыки панелей трудно поддается учету, так как она в основном зависит от качества строительных работ [13].

С целью выяснения истинной величины тепловых потерь через инфильтрацию и эксфильтрацию, а также причин больших тепловых потерь и ухудшения теплового режима, микроклимата помещений, были выполнены натурные обследования малоэтажного граждан-

ского здания лаборатории для подтверждения теории о том, что высолы на поверхности облицовочного кирпича это не что иное как результат эксфильтрации в первую очередь миграция солей (рисунок 3), происходящая в результате конденсации влаги на границе раздела положительных и отрицательных температур.

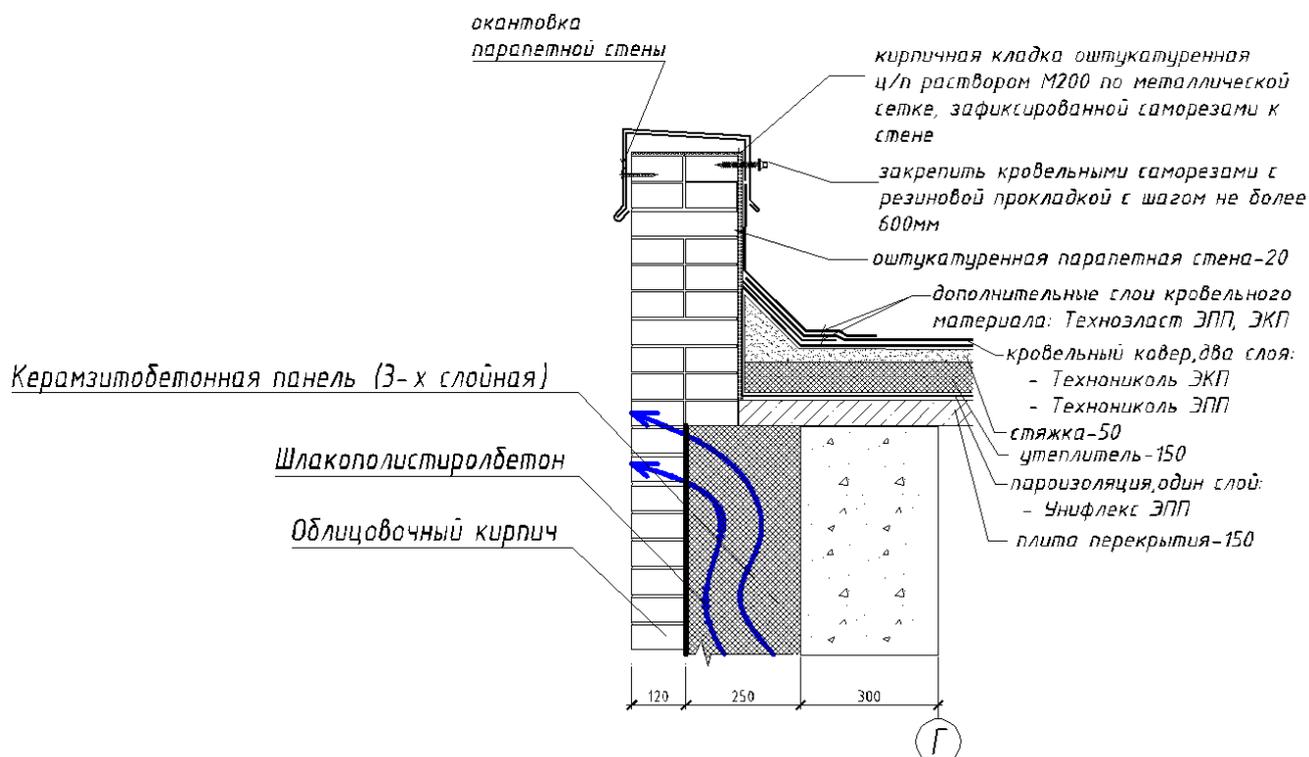


Рисунок 3– Схема миграции солей по многослойной конструкции стены

В ходе проведения наблюдений фиксировались показания атмосферного давления, влажности воздуха в помещениях лаборатории, температура внутреннего и наружного воздуха (фото 3), но одним из непредусмотренных результатов было выявление динамика увеличения площади распространения солевых выносов на наружной поверхности облицовочного кирпича (фото 4).



Фото 3 - Мониторинг показаний здания лаборатории



Фото 4 - Мониторинг за высолами на поверхности облицовочного кирпича здания лаборатории

Согласно [15] источники образования высолов следующие:

- влага, попадающая в стены в процессе их возведения. Количество влаги зависит от местных климатических и метеорологических условий, времени года, свойств, условий транспортирования и хранения строительных материалов;

- грунтовые и технологические воды с растворенными солями;
- растворимые соли в сырье (глине, песке, шамоте) и воде затворения;
- кладочные растворы, содержащие вяжущие (цемент, гипс, известь), заполнители (песок, шлак), воду затворения, противоморозные и технологические добавки;
- атмосферная влага в виде кислотных дождей, содержащая продукты сжигания воздуха при разрядах атмосферного электричества и агрессивные примеси.

Отмечено, что интенсивный прогресс распространения высолов на стене кирпичного здания лаборатории происходит в период с октября по апрель, в противовес [15], который отмечал интенсивное образование высолов в весенне-летний период (май-август).



Фото 5- Образование высолов между рядами кирпичной кладки

очной версты и слоя утеплителя, в котором 60-65% составляет шлак. Эти водорастворимые соли мигрируют к фронту промерзания. Однако причиной ускоренной миграции в зимний период является эксфильтрация теплого влажного воздуха через незагерметизированные стыки

Согласно [16] ни один из представленных вариантов источников образования высолов не подтвердился, следовательно, выносы соли образовались вследствие иной причины.

На границе раздела положительных и отрицательных температур идет борьба между потоками теплого воздуха, насыщенного паром, из помещения (эксфильтрация) и холодного потока с улицы (инфильтрация). В результате победы эксфильтрации над инфильтрацией между рядами кирпичной кладки были выявлены интенсивные следы солевых выносов (Фото 5).

Анализ динамики высолов в зимний период свидетельствует о росте химических процессов на контакте облицо-

обрубленных панелей при монтаже лестничной клетки (рисунок 8). Также в парапетной части наибольшие высолы обусловлены проникновением парообразной влаги через монолитное железобетонное перекрытие в слой теплоизоляции, отсюда – в кирпичную кладку парапета. Исследования процессов теплопереноса, влагопереноса в различных конструкциях показали, что комбинация взаимодействия инфильтрации и эксфильтрации ведет к большим тепловым потерям и ухудшению теплового режима, микроклимата помещений.

Таким образом, результаты обследований показали, что высолы являются важным индикатором дополнительных теплопотерь зданий и сооружений, а применение эффективных теплоизоляционных материалов бывает не всегда достаточно. На снижение тепловой эффективности наружных ограждений непосредственное влияние оказывают ошибки и дефекты при проектировании и возведении конструкций и системы естественной вентиляции. С целью исследования процессов теплопереноса в различных конструкциях было предложено продолжить вести мониторинг за образованием высолов на наружной облицовочной версте кирпичной кладки здания лаборатории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон [принят 23 ноября 2009г. №261] // Российская газета, 2009г.
2. Долгосрочная республиканская целевая программа «Энергосбережение и повышение энергоэффективности в Республике Хакасия на 2013 -2015 годы и на перспективу до 2020 года», по признанию утратившими силу некоторых Постановлений Правительства Республики Хакасия (с изменениями на 8 июня 2018 года), утвержденная постановлением Правительства Республики Хакасия от 11.12.2012 № 858.
3. Окунев А.Ю., Левин Е.В., Шагинян К.С. Исследование теплопереноса в основании здания с неотапливаемым подвалом // Строительство и реконструкция. 2017. № 3(71). С. 75-81.
4. Мальцев А.В., Энергосберегающие ограждающие конструкции с использованием местных материалов при варьируемых параметрах теплопереноса: дис. канд.техн. наук: 05.23.01 / Мальцев Алексей Викторович. – Пенза, 2014. – С. 169 с.
5. Халтурин Ю.В. Проблемы многослойных наружных стен с наружной облицовкой кирпичом // Архитектура, градостроительство, дизайн, изобразительное искусство: вопросы теории и истории. 2010. № 1-2. С. 78-81.
6. Липко В.И., Добросольцева Е.С, Синюкович Е.К. Теоретические основы моделирования теплообменных процессов при инфильтрации наружного воздуха через вентилируемые оконные стеклопакеты // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. № 7. С. 97-101.
7. Мальцев А.В., Сорокин Д.С. Энергосбережение в многоэтажных жилых зданиях при инфильтрации воздуха через наружную стену // Новый университет. Серия: технические науки. 2015. №3-4. С. 87-90.
8. Caesar Abi Shdid, Chadi Younes Validating a new model for rapid multi-dimensional combined heat and air infiltration building energy simulation Energy and Buildings. 2015. Vol. 87. № 1. P. 185-198.
9. Dayi Lai, Panagiota Karava, Qingyan Chen. Study of outdoor ozone penetration into buildings through ventilation and infiltration Building and Environment. 2015. Vol. 93. Part 2. P. 112-118.
10. Pok Lun Cheng, Xiaofeng Li, Air infiltration rates in the bedrooms of 202 residences and estimated parametric infiltration rate distribution in Guangzhou, China Energy and Buildings. 2018. Vol. 164. P. 219-225.
11. Liu Wei, Zhao Xingwang, A novel method for measuring air infiltration rate in buildings Energy and Buildings. 2018. Vol. 168. P. 309-318.
12. К методике расчета влияния ветровых воздействий на воздушный режим зданий / В.Г. Гагарин, С.В. Гувернюк, А.С. Кубенин, П.П. Пастушков, В.В. Козлов // Технология текстильной промышленности. 2016. № 4(364). С. 234-239.
13. Веснин В.И. Инфильтрация воздуха и тепловые потери помещений через оконные проемы // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 3 (24). С. 10-16.
14. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. N 275 и введен в действие с 1 января 2013 г.
15. Инчик В.В. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен: дис. докт.техн. наук: 1:02-5/138-7 / Инчик Всеволод Владимирович. – Санкт Петербург, 2000. – С. 48.
16. Бессонов И.В., Баранов В.В. Причины появления и способы устранения высолов на кирпичных стенах зданий // Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 39-43.

REFERENCES

1. Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v ot-del'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii: federal'nyy zakon [prinyat 23 noyabrya 2009g. №261] // Rossiyskaya gazeta, 2009g.
2. Dolgosrochnaya respublikanskaya tselevaya programma "Energosberezhenie i povyshenie energoeffektivnosti v Respublike Hakasiya na 2013 -2015 gody i na perspektivu do 2020 goda", po priznanii utrativshimi si-lu nekotorykh Postanovleniy Pravitel'stva Respubliki Hakasiya (s izmeneniyami na 8 iyunya 2018 goda), utverzhdannaya postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Hakasiya ot 11.12.2012 № 858.
3. Okunev A.YU., Levin E.V., Shaginyan K.S. Issledovanie teploperenosa v osnovanii zdaniya s neotaplyvaemom podvalom // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2017. № 3(71). S. 75-81.
4. Mal'tsev A.V., Energosberegayushchie ogradzhayushchie konstruksii s ispol'zovaniem mestnykh materialov pri var'iruemykh parametrah teplomassoperenosa: dis. kand.tekhn. nauk: 05.23.01 / Mal'tsev Aleksey Viktorovich. - Penza, 2014. - S. 169 s.
5. Halturin YU.V. Problemy mnogoslownykh naruzhnykh sten s naruzhnoy oblitsovkoj kirpichom // Arkhitektura, gradostroitel'stvo, dizayn, izobrazitel'noe iskusstvo: voprosy teorii i istorii. 2010. № 1-2. S. 78-81.
6. Lipko V.I., Dobrosoł'tseva E.S, Sinyukovich E.K. Teoreticheskie osnovy modelirovaniya teplomassobmennykh protsessov pri infil'tratsii naruzhnogo vozdukha cherez ventiliruemye okonnye steklopakety // Aktu-al'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2015. № 7. S. 97-101.
7. Mal'tsev A.V., Sorokin D.S. Energosberezhenie v mnogoetazhnykh zhilykh zdaniyakh pri infil'tratsii vozdukha cherez naruzhnuyu stenu // Novyy universitet. Seriya: tekhnicheskie nauki. 2015. №3-4. S. 87-90.
8. Caesar Abi Shdid, Chadi Younes Validating a new model for rapid multi-dimensional combined heat and air infiltration building energy simulation Energy and Buildings. 2015. Vol. 87. № 1. P. 185-198.
9. Dayi Lai, Panagiota Karava, Qingyan Chen. Study of outdoor ozone penetration into buildings through ventilation and infiltration Building and Environment. 2015. Vol. 93. Part 2. P. 112-118.
10. Pok Lun Cheng, Xiaofeng Li, Air infiltration rates in the bedrooms of 202 residences and estimated parametric infiltration rate distribution in Guangzhou, China Energy and Buildings. 2018. Vol. 164. P. 219-225.
11. Liu Wei, Zhao Xingwang, A novel method for measuring air infiltration rate in buildings Energy and Buildings. 2018. Vol. 168. P. 309-318.
12. K metodike rascheta vliyaniya vetrovykh vozdeystviy na vozdushnyy rezhim zdaniy / V.G. Gagarin, S.V. Guvernuyuk, A.S. Kubenin, P.P. Pastushkov, V.V. Kozlov // Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 2016. № 4(364). S. 234-239.
13. Vesnin V.I. Infil'tratsiya vozdukha i teplovye poteri pomeshcheniy cherez okonnye proemy // Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura. 2016. № 3 (24). S. 10-16.
14. SP 131.13330.2012 "Stroitel'naya klimatologiya". Utverzhden Prikazom Ministerstva regional'no-go razvitiya Rossiyskoy Federatsii (Minregion Rossii) ot 30 iyunya 2012 g. N 275 i vveden v deystvie s 1 yanvarya 2013 g.
15. Inchik V.V. Vysoly i solevaya korroziya kirpichnykh sten: dis. dokt.tekhn. nauk: 1:02-5/138-7 / Inchik Vsevolod Vladimirovich. - Sankt Peterburg, 2000. - S. 48.
16. Bessonov I.V., Baranov V.V. Prichiny poyavleniya i sposoby ustraneniya vysolov na kirpichnykh ste-nakh zdaniy // ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2014. № 7. S. 39-43

Информация об авторах:

Халимов Олег Закирович

Хакасский технический институт-филиал Сибирского федерального университета, г. Абакан, Россия, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства.

E-mail: nmhal@mail.ru

Адыякова Оксана Андреевна

Хакасский технический институт-филиал Сибирского федерального университета, г. Абакан, Россия, магистрант направления подготовки «Строительство».

E-mail: oksyunchyushka@mail.ru

Халимова Надежда Михайловна,

Хакасский государственный университет, г. Абакан, Россия, доктор педагогических наук, доцент кафедры психолого-педагогического образования

E-mail: nmhal@mail.ru

Information about authors:

Khalimov Oleg Z.

Khakassia Technical Institute-branch of the Siberian Federal University, Abakan, Russia,
candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction .
E-mail: nmhal@mail.ru.

Adyakova Oksana A.

Khakassia Technical Institute-branch of the Siberian Federal University, Abakan, Russia,
master of Education in Construction.
E-mail: oksyunchyushka@mail.ru

Khalimova Nadezhda M.

Khakassia State University, Abakan, Russia,
doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Psychological and Pedagogical Education .
E-mail: nmhal@mail.ru