

УДК 699.86

Хабибулина Альбина Гомеровна

кандидат экономических наук, доцент

E-mail: albgomer@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К выбору конструкций фасадных систем с учетом теплозащитных характеристик при реконструкции объектов культурного наследия

Аннотация

Постановка задачи. Предложение вариантов конструктивных решений наружных ограждений для объектов культурного наследия (ОКН) приспособляемых к новым функциональным назначениям с учетом современных нормативных требований, позволяющих улучшить теплозащитные качества стеновых и оконных конструкций.

Результат. В процессе исследования были изучены различные методики и рекомендации по реконструкции исторических объектов архитектуры. К сожалению, следует отметить, что они зачастую не учитывают специфику работ инженерной направленности, в частности вопросов касающихся строительной физики. Как следствие, невозможность обеспечения соответствующей сохранности и надлежащей эксплуатации памятников архитектуры. В результате проведенных исследований были даны рекомендации по улучшению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций, с учетом охранных регламентов предъявляемых к ОКН.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что проведенное исследование обобщает накопленный опыт теплозащиты реконструируемых ОКН и способствует расширению и развитию методологической базы реставрационного проектирования.

Ключевые слова: конструирование наружных ограждений, энергоэффективность зданий, фасадные системы, инновационные технологии светопрозрачных ограждений.

Введение

К настоящему времени разработаны и введены в практику проектирования и строительства типовые конструктивные решения наружных ограждений с повышенными требованиями теплозащиты. Для вновь возводимых зданий или домов массовых серий типовые проектные решения позволяют достигать требуемых нормативных значений. В случаях реконструируемых объектов, особенно уникальных зданий исторической застройки, имеющих статус памятников истории и культуры возможно говорить лишь о типовом подходе энергоэффективной реконструкции, но принятие типовых решений зачастую невозможно.

В данной статье автор проводит обзор различных современных способов утепления наружных стен и фасадных систем с точки зрения достижения эффективных теплотехнических показателей. Перед проектировщиком стоит сложная проблема, исходя из нетривиальности поставленной задачи, выбрать наиболее оптимальную конструкцию ограждения.

Конструкции стеновых ограждений

Рассмотрим наиболее известные фасадные решения. Распространенными на сегодня в практике строительства и ремонтов являются фасадные системы под названием «вентилируемый» и «мокрый» фасад [1].

«Вентилируемый фасад» получил в России, в том числе и в Татарстане широкую популярность. Наружная облицовка выполняется, как правило, из керамогранитных плит. Конструкция многослойная с включением воздушного зазора, организуемого для удаления конденсационной влаги, образующейся в толще стены, и кроме того, служащего температурным буфером. Несмотря на очевидную эффективность этой системы, рекомендовать её для утепления стен реконструируемых памятников не представляется возможным. Одна из причин – повышенная пожароопасность. Это объясняется тем, что в воздушном зазоре происходит движение восходящего потока

воздуха, который возникает из-за разности давлений в цокольной и карнизной частях здания. Перепад давлений создает тягу. В случае локального возникновения очага возгорания резкое возрастание скорости распространения огня по всему фасаду неприемлемо для столь ценных объектов, т.к. принесет невосполнимый ущерб. Кроме того, пожароопасность резко возрастает в случае применения в качестве утеплителя плит из пенополистерола и пенополиуретана. Еще одна причина, не позволяющая принимать «вентилируемый» фасад для объектов культурного наследия – это наличие облицовки слоя из керамогранита, материала, появившегося в строительной практике сравнительно недавно и чужеродного для исторических строений [2].

Фасадная система «Мокрый фасад». Плиты из базальтового волокна, прикрепленные к наружной стене фасадными дюбелями и клеевым штукатурным раствором защищаются от атмосферных воздействий двумя слоями улучшенной штукатурки по стеклосетке. Каменная минеральная вата обладает высокой паропроницаемостью, что позволяет образовавшемуся конденсату свободно проходить через слои штукатурки и утеплителя. К раствору для отделки следует предъявлять требования повышенной паропроницаемости [3]. Стена в этом случае «дышит», за счет чего достигаются нормируемые параметры микроклимата в помещении, а также снижается теплопроводность стены, ликвидируются мостики холода. Вместе с тем, особо значим тот факт, что оштукатуривание фасада позволяет, как нельзя лучше, воспроизвести первоначальное состояние фасада с его рустовками и декоративными элементами прошлых эпох. Считаем, что рассмотренная выше фасадная система может быть рекомендована для использования при реконструкции ОКН.

Наружный утеплитель «теплая» штукатурка состоит из смеси связующего и наполнителя. В качестве связующего используется цемент. Наполнителями могут служить крошка керамзита (от 1 до 4 мм), вермикулит, перлит и опилки. Созданные наполнителем воздушные поры, уменьшают плотность и теплопроводность. Отметим, что этот вид штукатурки отличается пожаробезопасностью, экологичностью. Снижение трудозатрат достигается за счет исключения, в технологии нанесения штукатурки, выравнивания поверхности, грунтовки. Также «теплая» штукатурка обладает свойством аккумулировать и распределять по всей поверхности солнечную энергию. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции штукатурка толщиной 50 мм соответствует кладке в 2 кирпича [3].

Значительно сложнее обстоит вопрос, касающийся решения теплофизических задач, в том случае, если стены реставрируемого памятника выполнены из камня или кирпича не оштукатурены. Применение рассмотренных выше фасадных систем оказывается неприемлемым, т.к. будет противоречить принципам воссоздания и сохранения первоначального облика исторического здания.

Рассмотрим существующие варианты внутреннего утепления стен.

Преимущества использования при реконструкции ОКН внутреннего утепления наружных стен:

- выполнение работ в любое время года;
- исключается установка дорогостоящих строительных лесов по фасаду здания;
- снижение трудоемкости производства теплоизоляционных работ;
- сохранение элементов фасада.

Использование конструкции стенового ограждения с регулируемой температурой внутренней поверхности

Вариантом конструкции внутреннего утепления стены является разработка ученых из Поволжского государственного технологического университета (г. Йошкар-Ола). Предлагаемая ими конструкция представляет собой нагревательный элемент, монтируемый во внутренний штукатурный слой стены (рис. 1). Подобная конструкция позволяет сохранять перепад между температурой поверхности стены и температурой внутреннего воздуха в пределах нормы и будет способствовать решению проблемы выпадения конденсата путем повышения температуры внутренней поверхности стены выше температуры точки росы. Нагревательный элемент предотвращает увлажнение утеплителя путем сдвига точки росы вглубь конструкции стены.

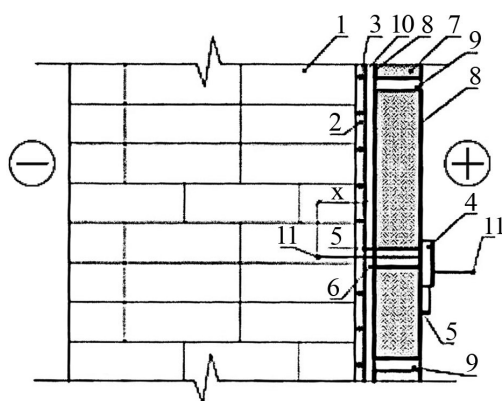


Рис. 1. Разработанная конструкция стенового ограждения с регулируемой температурой внутренней поверхности: 1 – наружная стена; 2 – штукатурный слой; 3 – нагревательный элемент; 4 – терморегулятор; 5 – датчик температуры поверхности; 6 – датчики влажности и температуры воздуха; 7 – утеплитель (минеральная вата $\delta = 100$ мм); 8 – гипсокартонный лист; 9 – продух; 10 – воздушная прослойка; 11 – датчик температуры

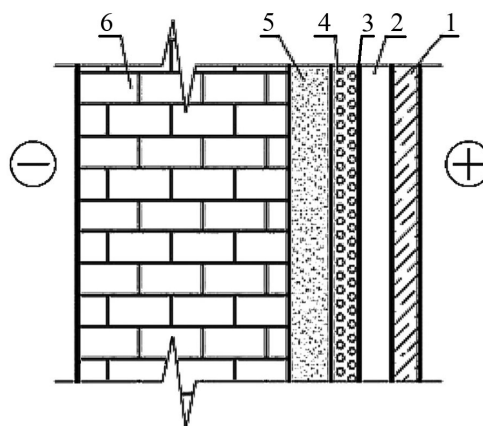


Рис. 2. Фрагмент утепленной наружной стены:

1 – гипсокартонные листы ГКЛО; 2 – воздушная прослойка; 3 – алюминиевая фольга; 4 – утеплитель (пенофол $\delta = 70$ мм); 5 – известково-песчаный раствор; 6 – кладка из кирпича на цементно-песчаном растворе

Апробация рассматриваемой конструкции была проведена на жилом объекте – здании общежития ПГТУ. Исходная ситуация: наружные стены из кирпича 640 мм, оштукатуренные с внутренней и наружной стороны цементно-песчаным раствором толщиной 20 мм. В угловых комнатах наблюдается образование плесневых грибов. После установки нагревательного элемента температурный перепад между поверхностью стены и внутренним воздухом сократился до 2°C , а температура невыпадения конденсата дошла до 21°C [4].

Следующим эффективным способом внутреннего утепления является метод напыления утеплителя на теплоизолирующие поверхности [5]. В качестве утеплителя используется пенополиуретан, целлюлозный утеплитель и пеноизол. Основным преимуществом использования пенополиуретана является его способность не поглощать влагу, что дает возможность исключать в конструкции влагозащитные мембраны. Также большим преимуществом является то, что при помощи напыления можно утеплить здание любой формы без мостиков холода. Напыление утеплителя происходит при помощи специального оборудования под высоким давлением. Происходит переход из жидкой фазы в пену. После того как пена окончательно полимеризуется, стена покрывается отделочным материалом.

Развитие данной технологии получила в разработках архитектурно-строительного института СамГТУ. Разработчики используют напыляемый пенополиуретан определенной марки. Предложенная технология имеет следующие преимущества: высокую адгезию (прочность сцепления с кирпичом, бетоном, деревом, металлом и т.д. $0,2-0,3$ МПа); однородный теплоизоляционный слой; незначительная, согласно расчетам, толщина слоя изоляции по сравнению с другими теплоизоляционными материалами [6]. Применение напыляемого пенополиуретана для внутренней теплоизоляции получило положительные отзывы в НИИ Строительной физики РААСН.

Еще одним перспективным направлением теплозащиты можно отметить внутреннее утепление наружных стен с использованием экранной тепловой изоляции. Такой опыт энергоэффективной реконструкции был применен для исторического здания Самарского академического театра. Теплоизоляционный слой конструкции наружного ограждения был изготовлен из вспененного полиэтилена и защищен алюминиевой фольгой, в совокупности с невентилируемой воздушной прослойкой (рис. 2) [6].

В связи с вышеизложенным считаем, при всем многообразии вариантов утепления наружных ограждений проблемными участками в плане теплопотерь остаются оконные проемы. Целесообразно воспользоваться резервным способом улучшения теплотехнических характеристик объекта путем усовершенствования конструкций светопрозрачных ограждений: окон, витражей, атриумов и др.

Конструкции светопрозрачных ограждений

Наиболее приемлемыми для обеспечения комфорта и тепла считаются окна с двумя и более стеклопакетами, при этом максимальное энергосбережение обеспечивают окна, в которых расстояния между стеклами варьируются от 4 до 50 мм [7]. Приведем значение показателей сопротивления теплопередаче конструкций стеклопакетов, наиболее распространенных на российском строительном рынке в таблице.

Таблица

Показатели сопротивления теплопередаче конструкций стеклопакетов [3]

Конструкции стеклопакетов	Сопротивление теплопередаче R^c ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт
Однокамерные, заполненные воздухом	
4F – 12 – 4F	0,35
4F – 16 – 4F	0,36
4F – 16 – 4K	0,58
4K – 16 – 4K	0,65
Однокамерные, заполненные газом	
4F – 12Ar – 4F	0,37
4F – 12Kr – 4F	0,39
4F – 16Ar – 4K	0,66
4K – 16Ar – 4K	0,78
Двухкамерные, заполненные воздухом	
4F – 10 – 4F – 10 – 4F	0,50
4F – 12 – 4F – 12 – 4F	0,53
Двухкамерные, заполненные газом	
4F – 10Ar – 4F – 10Ar – 4F	0,55
4F – 12Kr – 4F – 12Kr – 4F	0,63

Примечание: Условные обозначения для стекол: F – оконное стекло, полученное флоат-способом; K – стекло с твердым низкоэмиссионным покрытием. Условные обозначения для газов, заполняющих стеклопакеты: Ar – аргон; Kr – криптон.

Инновационные решения светопрозрачных ограждений

Одним из эффективных инновационных решений является применение прозрачной теплоизоляции. При прохождении через стеклопакет с такой изоляцией солнечная энергия адсорбируется и аккумулируется в светопрозрачном ограждении, придавая ему высокие теплозащитные свойства и позволяя получать дополнительный источник тепла для обогрева помещений. Например, мельчайший размер пор в структуре силикогеля позволяет избежать конвекции воздуха. Исключительные теплозащитные характеристики обусловлены пористой структурой, состоящей на 95 % из воздуха [7]. Двадцатимиллиметровый слой такой изоляции имеет сопротивление теплопередаче $R_{0,2}$, превышающее сопротивление кирпичной стены толщиной в 2 кирпича.

В качестве еще одного варианта повышения теплоизоляционных свойств светопрозрачных ОКН целесообразно рекомендовать использование солнечных гибких батарей, имеющих прозрачность 70 %. Они представляют собой пленку, наклеиваемую на стеклянную поверхность стеклопакетов. Сопротивление теплопередаче возрастает более чем на 6 % [7].

Использование фотоэлементов весьма распространено во многих отраслях производства, но отнюдь не в строительстве. Вместе с тем, считаем целесообразным рекомендовать включать их в конструкцию светопрозрачных ограждений памятников архитектуры. Испытания конструкций, состоящих из прозрачных полимерных листов фотоэлемента на базе гидрогенизированного кристаллического кремния, показали, что

система столь эффективна, что способна в некоторых случаях перевести здание на самоэнергообеспечение [8]. Солнечные модули такого типа легче, тоньше, эластичнее за счет чего не боятся многократных перегибов и значительно дешевле традиционных аналогов. Особенно привлекательным является возможность придать таким полупрозрачным модулям различную окраску оконных включений и витражей культовых памятников, зданий выполняющих экспозиционную функцию (музеев, выставочных павильонов).

Еще одним резервом получения электроэнергии является рассеянное искусственное внутреннее освещение памятника. Стекла витражей, изготовленные из нескольких слоев полупроводниковых кристаллов и диоксида титана. Сенсибилизированные красителем фотоэлементы поглощают свет, который возбуждает электроны. Полученный электрический ток поступает в батарею. Преимущество таких систем перед обычным стеклом заключается в возможности создать в интерьере памятника приглушенную, рассеянную, спокойную комфортную световую атмосферу.

Немалый интерес представляет использование вакуумной изоляции, позволяющей в 10 раз уменьшить теплопроводность стеклопанелей, снизив её до $0,0046 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$. Но, при использовании вакуумного теплоизоляционного стеклопакета для создания повышенной герметичности необходимо включить в конструкцию краевые прокладки по контуру и устанавливать уплотнители в промежутке между стеклами. Это позволит защитить стеклопакет от повреждений и выдерживать атмосферное давление до 1 гПа [9].

Среди инновационных материалов для остекления, которые можно было бы с успехом использовать в исторических зданиях, являются материалы с изменяющейся прозрачностью. Они позволяют создать комфорт, защитить помещение от яркого солнечного света и от перегрева, снизить затраты на кондиционирование воздуха. Фотохромные материалы меняют свою прозрачность под воздействием света, термохромные – тепла, электрохромные – электрического тока. Тонкий слой геля размещается между стеклами и обеспечивает изменение прозрачности. Под воздействием одного из вышеперечисленных факторов выстраивается большее или меньшее количество молекулярных цепочек, размером больше длины световой волны, которые не пропускают свет. При этом достигается снижение пропускания солнечной радиации до 40 % [7]. В то время как, традиционно используемое тонирование не способно реагировать на интенсивность воздействий и саморегуляцией не обладают.

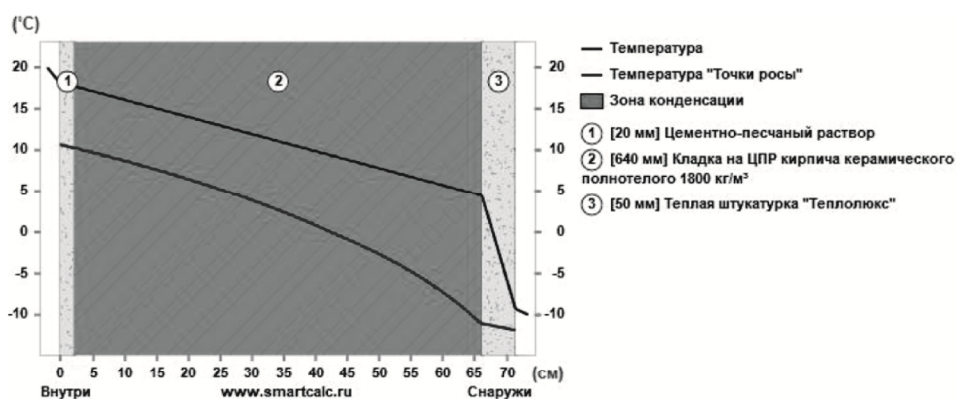
Заслуживает внимания способ экономии искусственного освещения за счёт максимального использования естественного освещения. Это рекомендуется достигнуть за счет создания равномерной освещенности помещения, которая может быть достигнута благодаря использованию самоуправляющихся оптических элементов [10]. Конструкция стеклопакетов, включающая тонкие пластины из гидрокарбонатного или акрилового стекла должна находиться в верхней части окна. При этом происходит то, что солнечный свет направляется на потолок и глубинные зоны помещения. Этот метод требует вмонтировать в потолок отражательные элементы, имеющие специальную рассеивающую структуру, состоящую из микропирамидок. Данный метод, благодаря которому, улучшается качество и увеличивается продолжительность естественного освещения, бы апробирован исследователями из Кёльна [11]. Результат превысил все ожидания: расход электроэнергии на освещение уменьшился на 80 %.

Дальнейшие исследования ученых ведутся с целью разработки комбинированного освещения. При необходимости недостаток естественного освещения будет автоматически компенсироваться искусственным светом. Использование подобных светоправляющих галограмм, в конструкциях «умных» окон, можно с успехом использовать в памятниках истории и архитектуры для создания комфортного светового режима и решения вопросов энергосбережения. В процессе реконструкции объектов культурного наследия приходится производить выбор материала для светопрозрачных ограждений. Обычные стекла и стеклопакеты не соответствуют европейским нормативам, касающимся энергосбережения. Поэтому необходимо искать и переходить на совершенные решения, такие как стекла с теплоотражающими покрытиями. Основную долю переносимого тепла составляет лучистый поток. Менее значимыми являются конвекция и теплопроводность газа, наполняющего стеклопакет. Отсюда следует, что, если нанести на стекла сверхтонкие покрытия из оксидов металла или металлов можно

перенаправить тепло, а именно лучистую долю излучения. Тепловой поток пойдет в обратную сторону, т.е в здание. Об эффективности предлагаемого решения говорит тот факт, что светопрозрачные ограждения, выполненные с использованием теплоотражающего стекла и газом аргоном в качестве наполнителя стеклопакета, имеет сопротивление теплопередаче выше, чем железобетонные стеновые панели [10]. При этом ни интерьер, ни экстерьер памятника не пострадают.

Опыт использования утепления фасада ОКН

Объект реконструкции ОКН «Гарнизонный госпиталь» расположен по адресу: Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 76. Цель работы заключалась в том, чтобы в процессе общей реконструкции включить мероприятия, позволяющие реабилитировать физико-техническое состояние объекта. Одной из задач исследования было оценить теплотехнические характеристики здания, и в случае необходимости, разработать и осуществить мероприятия по приведению их в соответствие нормативным требованиям. Были определены сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, фактические показатели микроклимата помещений. При помощи тепловизора были выявлены слабые звенья ограждений, т.е. зоны утечек тепла, мостики холода. В результате чего были сделаны выводы, на основании которых были разработаны мероприятия по повышению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и улучшению микроклимата помещений различного назначения. Произведенные теплотехнические расчеты показали, что наиболее приемлемым оказался вариант, предполагающий оштукатуривание декорированного фасада раствором специального состава. Используемая, так называемая, «теплая» штукатурка изготовлена на основе высококачественного цемента, гранул пеностекла, фракционированного песка и комплекса модифицирующих добавок. Выбор пал именно на такую штукатурку в связи с её низкой плотностью, и высокими теплозащитными качествами, огнестойкостью, долговечностью и экономичностью за счет российского производства. Наблюдение за поведением отделки в процессе эксплуатации позволяет подтвердить правильность выбора. В результате проведенных работ сопротивление теплопередаче увеличилось на 25 %. Данные теплотехнического расчета предложенной конструкции наружной стены ОКН «Госпиталь гарнизонный» приведены на рис. 3-5 [12].



Слои конструкции (изнутри наружу)

№	Тип	d[мм]	Материал	λ	R	Tmax	Tmin
			Сопротивление тепловосприятию		0.11	20.0	18.1
1	□	20	Цементно-песчаный раствор	0.93	0.02	18.1	17.7
2	□	640	Кладка на ЦПР кирпича керамического полнотелого 1800 кг/м ³	0.81	0.79	17.7	4.5
3	□	50	Теплая штукатурка «Теплолюкс»	0.061	0.82	4.5	-9.3
			Сопротивление теплоотдаче		0.04	-9.3	-10.0
Термическое сопротивление ограждающей конструкции					1.63		
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]					1.79		

Рис. 3. Тепловая защита



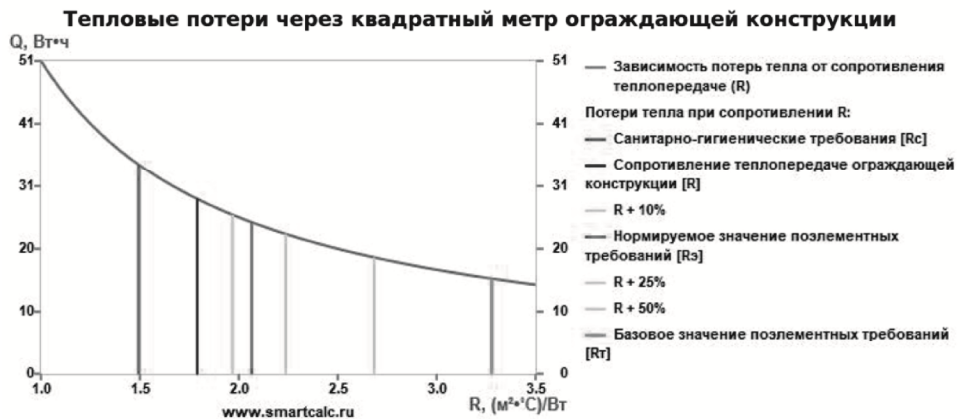
Послойный расчет защиты от переувлажнения

Слои конструкции (изнутри наружу)

№	d[мм]	Материал	μ	R_p	X	$R_p(v)$	$R_{п.тр1}$	$R_{п.тр2}$
1	20	Цементно-песчаный раствор	0.09	0.22	20(280.7)	0.22	0.00	0.00
2	640	Кладка на ЦПР кирпича керамического полнотелого 1800 кг/м ³	0.1	6.40	416.8	4.39	0.00	0.00
3	50	Теплая штукатурка "Теплолюкс"	0.53	0.09	50(116.2)	0.00	0.00	0.00

Конструкция удовлетворяет требованиям защиты от переувлажнения

Рис. 4. Защита от переувлажнения



Потери тепла в час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

Сопротивление теплопередаче	R	$\pm R, \%$	Q	$\pm Q, \text{Вт}\cdot\text{ч}$
Санитарно-гигиенические требования [Rc]	1.49	-16.51	34.13	5.63
Нормируемое значение поэлементных требований [Rэ]	2.07	15.40	24.69	-3.80
Базовое значение поэлементных требований [Rт]	3.28	83.17	15.56	-12.94
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	1.79	0.00	28.50	0.00
R + 10%	1.97	10.00	25.91	-2.59
R + 25%	2.24	25.00	22.80	-5.70
R + 50%	2.68	50.00	19.00	-9.50
R + 100%	3.58	100.00	14.25	-14.25

Потери тепла за отопительный сезон: 69.17 кВт·ч

Рис. 5. Тепловые потери

Заключение

В данной работе даны рекомендации, разработанные для улучшения теплотехнических характеристик объектов, представляющих историческую, архитектурную, художественную или культурную ценность. В процессе проведения реконструкции требуется производить комплексный подход к решению самых разносторонних задач. В данном исследовании была затронута лишь одна из них, а именно – улучшение теплотехнических характеристик наружных ограждений с целью создания комфортного температурно-влажностного режима, а также решения вопросов энергосбережения. Некоторые из предлагаемых инновационных решений основаны на идеях, использованных при создании конструкций, применяемых в различных производствах, в том числе в космической отрасли [13, 14]. Несмотря на весьма эффективный характер наших предложений, в массовом строительстве нереально рассчитывать на их внедрение в ближайшем будущем по причине дороговизны и отсутствия отечественной базы производства.

Однако, для уникальных объектов рекомендованные выше усовершенствования ограждающих конструкций являются целесообразными и экономически оправданными, а зачастую единственно приемлемыми для ОКН. Они раскрывают большие потенциальные возможности внедрения научных достижений в области инновационных технологий в практику строительного производства и реконструкции.

Список библиографических ссылок

1. Жадановский Б. В., Кужин М. Ф. Организационно-технологические решения устройства навесных фасадных систем при реконструкции жилых и общественных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 1. С. 62–64.
2. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 480 с.
3. Куприянов В. Н. Климатология и физика архитектурной среды. М. : АСВ. 2016. 194 с.
4. Макаров А. Н., Муреев П. Н., Макаров Р. А. Анализ изменения теплотехнических характеристик наружных кирпичных стен зданий жилой застройки. Разработка способа решения проблемы выпадения конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. 2017. № 1. С. 57–68.
5. Вытчиков Ю. С., Сапарёв М. Е. Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций зданий и сооружений культурного и исторического наследия // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3. С. 52–55.
6. Вытчиков Ю. С., Сапарёв М. Е. Исследование термического сопротивления экранной тепловой изоляции // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й ВНТК по итогам НИР 2011 г. Самара : СГАСУ. 2012. С. 298–300.
7. Савин В. К., Савина Н. В. Архитектура и энергоэффективность окна // Строительство. 2015. № 4 (60). С. 124–130.
8. Мургул В. А. Повышение энергоэффективности реконструируемых жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга // Архитектон. Известия вузов. 2012. № 40. С. 54–62.
9. Elsafty A. F., Joumaa C., Abo Elazm M. M., Elharidi A. M. Case Study Analysis for Building Envelop and its Effect on Environment // Energy Procedia. 2013. № 36. P. 958–966.
10. Araoz Gustavo. Preserving Heritage Places Under a New Paradigm // Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development. Emerald Group Publishing Limited. 2011. Vol. 1. Iss. 1. P. 55–60.
11. Drochytka R., Zach J., Hroudova J. Non-destructive Testing of Influence of Moisture on Properties of Autoclaved Aerated Concrete // E-Journal of Nondestructive Testing. 2011.

12. Онлайн калькуляторы теплотехники ограждающих конструкций // SMARTCALC.RU: сетевой ресурс. 2018. URL: <https://www.smartcalc.ru/thermocalc/?&gp=212&rt=0&ct=0&os=0&ti=20&to=-10&hi=55&ho=85> (дата обращения: 30.07.2017).
13. Satu Paiho, Isabel Pinto Seppä, Christel Jimenez An energetic analysis of a multifunctional façade system for energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates of Finland and Russia // Sustainable Cities and Society. 2015. № 15. P. 75–85.
14. Yuehong Lu, Shengwei Wang, Yang Zhao, Chengchu Yan Renewable energy system optimization of low/zero energy buildings using single-objective and multi-objective optimization methods // Energy and Buildings. 2015. № 89. P. 61–75.

Khabibulina Albina Gomerovna

candidate of economic sciences, associate professor

E-mail: albgomer@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

To the choice of designs of front systems taking into account heat-shielding characteristics at reconstruction of objects of cultural heritage

Abstract

Problem statement. The offer of options of constructive decisions of external protections for objects of cultural heritage (OCH) adapted to new functional appointments taking into account the modern standard requirements allowing to improve heat-shielding qualities of wall and window designs.

Results. In the course of the study, various methods and recommendations for the reconstruction of historical architectural objects were studied. Unfortunately, it should be noted that they often do not take into account the specifics of engineering work, in particular issues relating to building physics. As a result, it is impossible to ensure the appropriate preservation and proper operation of architectural monuments. As a result of the research, recommendations were made to improve the thermal characteristics of enclosing structures, taking into account the security regulations imposed on the OCH.

Conclusions. The study summarizes the experience of thermal protection of reconstructed OCH and contributes to the expansion and development of the methodological framework of restoration design.

Keywords: construction of external fences, energy efficiency of buildings, facade systems, innovative technologies of translucent fences.

References

1. Zhadanovskiy B. V., Kuzhin M. F. Organizational and technological solutions for the installation of hinged facade systems in the reconstruction of residential and public buildings // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2012. № 1. P. 62–64.
2. Gabriel I., Ladener Kh. Reconstruction of buildings according to energy-efficient house standards. SPb. : BKhV-Peterburg, 2011. 480 p.
3. Kupriyanov V. N. Climatology and physics of architectural environment. M. : ASV. 2016. 194 p.
4. Makarov A. N., Mureev P. N., Makarov R. A. Analysis of changes in thermal characteristics of exterior brick walls of residential buildings. Development of a method for solving the problem of condensation on the inner surface of the enclosing construction // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser: Materials. Construction. Technologies. 2017. № 1. P. 57–68.

5. Vytchikov Yu. S., Saparev M. E. Increase of heat-shielding characteristics of building enclosing structures of buildings and structures of cultural and historical heritage // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo*. 2014. № 3. P. 52–55.
6. Vytchikov Yu. S., Saparev M. E. The study of the thermal resistance of the on-screen thermal insulation // *Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 69th VNTK on the results of the NIR 2011 Samara: SGASU*. 2012. P. 298–300.
7. Savin V. K., Savin, N. V. Architecture and energy efficiency of the window // *Stroitelstvo*. 2015. № 4 (60). P. 124–130.
8. Murgul V. A. Energy efficiency improvement of reconstructed residential buildings of historical buildings of St. Petersburg // *Arkhitkton. Izvestiya vuzov*. 2012. № 40. P. 54–62.
9. Elsafty A. F., Joumaa C., Abo Elazm M. M., Elharidi A. M. Case Study Analysis for Building Envelop and its Effect on Environment // *Energy Procedia*. 2013. № 36. P. 958–966.
10. Araoz Gustavo. Preserving Heritage Places Under a New Paradigm // *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*. Emerald Group Publishing Limited. 2011. Vol. 1. Iss. 1. P. 55–60.
11. Drochytka R., Zach J., Hroudova J. Non-destructive Testing of Influence of Moisture on Properties of Autoclaved Aerated Concrete // *E-Journal of Nondestructive Testing*. 2011.
12. Online calculators of heat engineering of enclosing construction // SMARTCALC.RU: network share. 2018. URL: <https://www.smartcalc.ru/thermocalc?&gp=212&rt=0&ct=0&os=0&ti=20&to=-10&hi=55&ho=85> (reference date: 30.07.2017).
13. Satu Paiho, Isabel Pinto Seppä, Christel Jimenez An energetic analysis of a multifunctional façade system for energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates of Finland and Russia // *Sustainable Cities and Society*. 2015. № 15. P. 75–85.
14. Yuehong Lu, Shengwei Wang, Yang Zhao, Chengchu Yan Renewable energy system optimization of low/zero energy buildings using single-objective and multi-objective optimization methods // *Energy and Buildings*. 2015. № 89. P. 61–75.