

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ФАСАДОВ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ТЕРМИЧЕСКОГО НАГРЕВА ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗАСТРОЙКИ (на примере жилого комплекса в г. Майкоп)

**Оксана Николаевна Сокольская, Софья Витальевна Василенко**

Кубанский государственный технологический университет (КубГУТУ); г. Краснодар, Российская Федерация

*В данной статье рассматривается актуальная проблема повышения качества проектируемой застройки с учетом факторов окружающей среды, которая является одной из главных задач современной строительной климатологии. Описаны пути развития современной архитектуры общественных зданий, связанные с применением кинетических фасадов. Рассмотрены архитектурно-планировочные особенности проектирования застройки на территории республики Адыгея. В данном исследовании при анализе территории застройки города Майкоп были использованы опубликованные спутниковые снимки от 22 августа 2022 г. с космического аппарата Landsat-8 с сенсором TIRS. Был проанализирован термический режим подстилающей поверхности в городе, выявлены очаги аномально высоких температур подстилающей поверхности среди городской застройки. Установлено, что эти тепловые аномалии напрямую зависят от особенностей объемно-планировочной структуры застройки и ее благоустройства. Такие фасадные конструкции позволяют регулировать поток прямых солнечных лучей на стены зданий, в помещении и на придомовой территории. В оценке тепло-ветрового режима пристенного слоя определяющими характеристиками процесса теплопередачи через вентилируемую воздушную прослойку между поверхностью стены и жалюзийным устройством являются скорость потока воздуха, площадь поперечного сечения прослойки, длина прослойки, толщина прослойки. Рассматривая строительно-климатические районы III и IV, определяем основные требования, предъявляемые к архитектурно-строительным, объемно-планировочным решениям застройки. Приведена оценка развития существующей планировки и застройки города, на основании которой описаны пути модернизации фасадов жилых зданий. Для повышения комфортности внутри зданий и на территории предлагается использование солнцезащитных жалюзийных фасадов, кинетических фасадов и пассивных гелиосистем.*

**Ключевые слова:** градостроительство, климат, застройка, территория, летний период, температура подстилающей поверхности, кинетические фасады

**Для цитирования:** Сокольская О.Н., Василенко С.В. Модернизация фасадов многоэтажного жилого здания с учетом термического нагрева подстилающей поверхности застройки (на примере жилого комплекса в г. Майкоп) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 34–41. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.34-41

## MODERNIZATION OF FACADES OF A MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING TAKING INTO ACCOUNT THE THERMAL HEATING OF THE UNDERLYING SURFACE OF THE BUILDING (using the example of a residential complex in Maykop)

**Oksana N. Sokolskaya, Sofya V. Vasilenko**

Kuban State Technological University (KubSTU); Krasnodar, Russian Federation

*This article discusses the actual problem of improving the quality of the projected buildings, taking into account environmental factors, which is one of the main tasks of modern building climatology. The ways of development of modern architecture of public buildings related to the use of kinetic facades are described. The architectural and planning features of the design of buildings on the territory of the Republic of Adygea are considered. In this study, the published satellite images from August 22, 2022 were used in the analysis of the development area of the city of Maikop from the Landsat-8 spacecraft with a TIRS sensor. The thermal regime of the underlying surface in the city was analyzed, and foci of abnormally high temperatures of the underlying surface among urban buildings were identified. It has been established that these thermal anomalies directly depend on the features of the spatial planning structure of the building and its landscaping. Such facade structures allow you to regulate the flow of direct sunlight on the walls of buildings, indoors and on the territory of the house. In assessing the heat and wind regime of the wall layer, the determining characteristics of the heat transfer process through a ventilated air gap between the wall surface and the louver device are the air flow rate, the cross-sectional area of the interlayer, the length of the interlayer, the thickness of the interlayer. Considering the construction and climatic regions III and IV,*

*we determine the basic requirements for architectural and construction, spatial planning solutions for buildings. The assessment of the development of the existing layout and development of the city is given, on the basis of which the ways of upgrading the facades of residential buildings are described. To increase comfort inside buildings and on the territory, the use of sun-protection louvered facades, kinetic facades and passive solar systems is proposed.*

**Keywords:** urban planning, climate, building, territory, summer period, temperature of the underlying surface, kinetic facades

**For citation:** Sokolskaya O.N., Vasilenko S.V. Modernization of facades of a multi-storey residential building taking into account the thermal heating of the underlying surface of the building (using the example of a residential complex in Maykop). *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3:34-41. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.34-41 (rus.).

## Введение

Разработка научных методов и способов повышения качества проектируемой застройки с учетом факторов окружающей среды является актуальной задачей строительной климатологии. Проблема формирования теплового комфорта среди городской застройки в жаркое время года при проектировании в южных городах Российской Федерации, расположенных в III и IV строительно-климатических районах, является актуальной научной задачей.

При повышении эффективности организации жилой застройки в условиях воздействия природных факторов стоит учитывать, что застройка — это комплекс градостроительных и архитектурно-планировочных элементов, формирующих основные показатели биоклиматического комфорта, в частности, теплоощущения организма человека.

В условиях юга Российской Федерации расположены множество крупных городов и поселений, где важнейшей задачей градостроительного и архитектурно-планировочного проектирования является нормализация теплового комфорта с учетом термического нагрева подстилающей поверхности, формирование благоприятных микроклиматических условий в жаркий летний период, а также борьба с перегревом в помещении и на придомовой территории. Микроклимат помещений находится в полной взаимосвязи с микроклиматом придомовой территории, формируемый планировочным решением застройки, элементами благоустройства, структурой озеленения, а также солнцезащитными мероприятиями на фасадах.

Климатические воздействия окружающей среды, степень нагрева подстилающей поверхности определяют тепловое состояние человека как на придомовой территории, так и в помещении. Дискомфортные или экстремальные условия перегрева быстро истощают адаптационные резервы организма, нарушая теплорегуляцию.

Изучением III и IV строительного климатического района занимались ряд авторов: М.С. Горомосов, А.А. Гербурт-Гейбович и В.К. Лицкевич, А.И. Гиясов, Ю.Г. Баротов и другие. Отечественные исследования в этой области показывают, что наиболее благоприятные условия для комфорта человека в летний период: температура +25 °С,

относительная влажность 30–60 %, скорость ветра 0,1–0,15 м/с [1–9].

М.С. Горомосов внес вклад в исследование микроклимата жилищ и их гигиенического изучения, А.А. Гербурт-Гейбович и В.К. Лицкевич выявили основные принципы оценки климата в типологии жилища, а А.И. Гиясов и Ю.Г. Баротов исследовали воздействие солнечной радиации на здания и отраженную радиацию от здания на прилегающую территорию.

Южный город Майкоп является столицей Республики Адыгея, это административный и культурный центр, являющийся важным пунктом для туристов на пути к крупным туристическо-рекреационным зонам. Ведущими природно-климатическими факторами, влияющими на перегрев территории застройки города в целом в летний период, являются солнечная радиация, температурный, влажностный и ветровой режимы.

В целом, территория города Майкоп характеризуется длительным жарким периодом и относительно короткой зимой. Средняя месячная температура воздуха в июле достигает +23,0 °С, а в августе 22,8 °С. Максимальные температуры достигают +28,2 °С...+29,1 °С<sup>1</sup>.

При анализе климатических факторов большое значение имеет оценка влияния солнечной радиации. Положение республики на юге России определяет большие высоты солнца над горизонтом. Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность при безоблачном небе в июле месяце достигает 498 МДж/м<sup>2</sup> на стены восточной и западной ориентации, 388 МДж/м<sup>2</sup> на стены южной ориентации и 480 МДж/м<sup>2</sup> для стен, обращенных на юго-восток и юго-запад<sup>1</sup>. Значения суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при безоблачном небе максимальных величин достигают в июне и июле и составляют, соответственно, 915 и 899 МДж/м<sup>2</sup><sup>1</sup>.

Относительная влажность воздуха в летний период достигает 68 % в июне, 65 % в июле и 60 % в августе<sup>1</sup>.

Ветровой режим является ведущим природно-климатическим фактором, формирующим благоприятные микроклиматические условия в летний период. В городе Майкоп в течение года преоблада-

<sup>1</sup> СП 131.13330.2020. Строительная климатология.

дают ветры южных направлений, средняя скорость ветра составляет 2,4 м/с.

В целом, проанализировав климатические особенности атмосферной среды в летний период в городе Майкоп, можно сделать вывод, что в данный период присутствует высокая интенсивность солнечной радиации в сочетании с высокой температурой, большой влажностью воздуха и стабильными ветрами небольших скоростей, которые имеют свойство снижаться среди застройки, что приводит к перегреву среды в помещении зданий и на территории, определяет высокие тепловые нагрузки на организм человека, существенно снижая микроклиматическую комфортность в городской среде. По этой причине предлагается исследование эффективности применения фасадных установок, обоснование их экологических возможностей и областей рационального применения.

### Методы и модели исследования

В данном исследовании при анализе территории застройки города Майкоп (рис. 1) были использованы опубликованные спутниковые снимки от 22 августа 2022 г. с космического аппарата Landsat-8 с сенсором TIRS (рис. 2). Был проанализирован термический режим подстилающей поверхности в городе, выявлены очаги аномально высоких температур подстилающей поверхности среди городской застройки. Установлено, что эти тепловые аномалии напрямую зависят от особенностей объемно-планировочной структуры застройки и ее благоустройства<sup>2</sup>.

Анализ спутниковых данных позволяет сделать вывод, что в целом в городе температура подстилающей поверхности способна достигать больших величин. Наибольшие температурные аномалии встречаются на территории промышленных зон, где температура нагрева подстилающей поверхности достигает 50–60 °С. Такие показатели связаны с промышленным производством, отсутствием озеленения на участках и большой площадью покрытия с низкой степенью Альбеда.

На территории крупных парковых зон, имеющих обильную растительность, в летнее время года территория нагревается от +27 до +30 °С. Такие же показатели можно увидеть и на территории малоэтажной усадебной застройки, которая в городе Майкоп занимает большие площади и вообще является архитектурно-планировочной основой для южных городов.

Необходимо отметить, что при формировании термического режима застройки города участвуют одновременно горизонтальные и вертикальные иску-

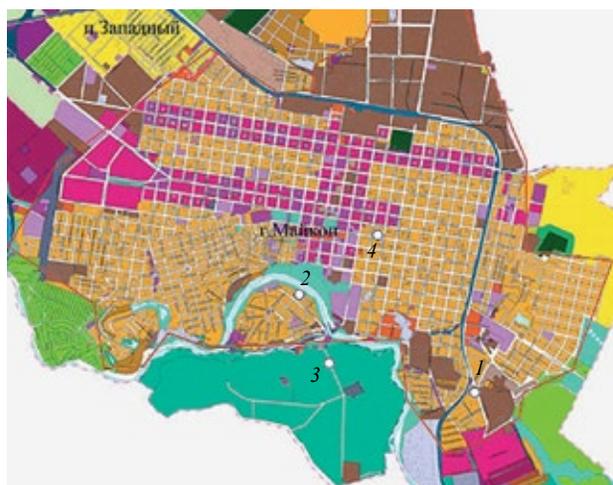


Рис. 1. Схема функционального зонирования г. Майкоп [10]: 1 — промышленная зона; 2 — парковая зона в пределах города; 3 — малоэтажная усадебная застройка; 4 — современный центр города средней этажности, где расположена метеовышка

ственные покрытия зданий и застройки в целом. Термический режим подстилающей поверхности современного центра города Майкоп, как и другие районы со средней этажностью (9–12 этажей), имеют максимально высокую температуру поверхности застройки +35...+38 °С. При этом термический режим фасадов зданий +60...+65 °С.

Также эти исследования для города Майкоп основываются на подходе физического моделирования для изучения тепло-ветровых процессов в пристенной воздушной прослойке фасадной системы с жалюзийным устройством (рис. 3). Исследования проводились отечественными учеными в лаборатории на экспериментальной установке, внутри которой создана климатическая камера для исключения влияния внешних факторов на экспериментальный

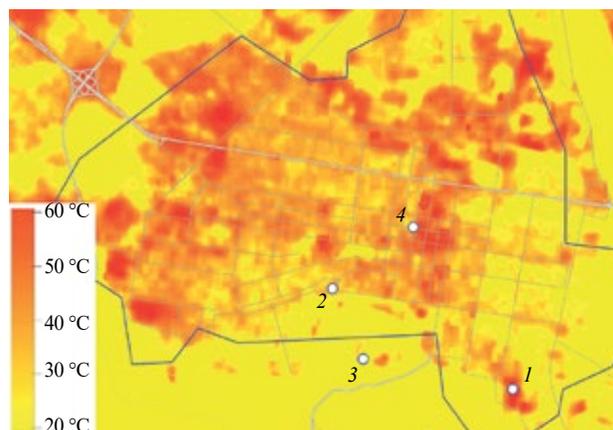


Рис. 2. Карта Майкопа с выделением тепловых аномалий подстилающей поверхности среди городской застройки. Температура поверхности, град. 22 августа 2022 г.: 1 — промышленная зона; 2 — парковая зона в пределах города; 3 — малоэтажная усадебная застройка; 4 — современный центр города средней этажности, где расположена метеовышка [4]

<sup>2</sup> Администрация муниципального образования «Город Майкоп». URL: <https://maikop.ru/arkhitektura-i-gradostroitelstvo/generalnyy-plan/> (дата обращения: 29.06.2023).

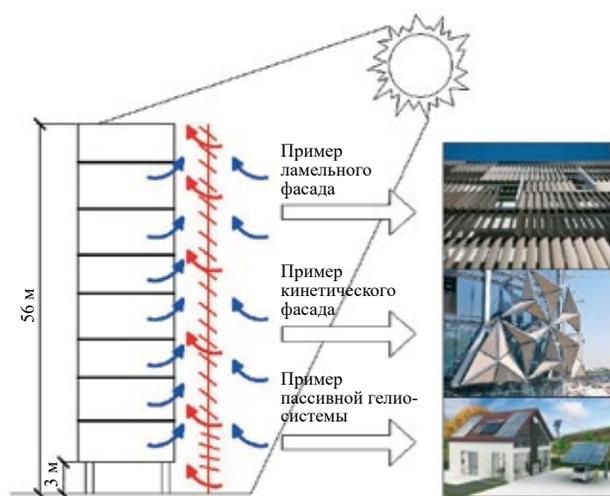


Рис. 3. Моделирование тепло-ветровых фасадов

процесс [4]. Согласно опубликованным данным, в оценке тепло-ветрового режима пристенного слоя скорость потока воздуха является определяющей характеристикой процесса теплообмена через вентиляруемую воздушную прослойку между поверхностью стены и жалюзийным устройством. При нагреве поверхности с углом наклона  $45^\circ$  к плоскости фасада ламелей жалюзийного устройства можно заметить, что в воздушной прослойке между жалюзийным устройством и поверхностью стены фасада скорость восходящего потока на высоте 4 см достигает 0,2 м/с, на отметке верхнего обреза фасада — 0,28 м/с, при этом в центре колонного первого этажа вблизи ненагретого фасада — 0,08 м/с, в середине колонного пространства — 0,11 м/с и вблизи нагретого жалюзийного устройства — 0,17 м/с. Этот теплофизический процесс указывает на то, что жалюзийная солнцезащитная фасадная система при инсоляции нагревается и тем самым активизирует естественную вентиляцию в воздушной прослойке за счет конвективного тепла. При этом увеличивается отвод тепла из пристенной воздушной прослойки вверх, что является первопричиной движения воздушных масс около фасада, а также из воздушного пространства колонного первого этажа за счет увеличения притока воздуха к пристенному конвективному потоку. Результаты исследований позволили установить зависимость скорости конвективного потока в воздушной прослойке от ее толщины и степени нагрева ламелей жалюзийного устройства при гравитационной вентиляции.

Исследуемая фасадная система представляет собой архитектурно-строительное решение для пассивного способа вентиляции и охлаждения помещений. Она использует конвективные потоки, возникающие в воздушной прослойке между стеной и жалюзи. Энергетическая эффективность системы максимальна в крайне маловетренных и спокойных условиях климата региона. В ветреные дни венти-

ляционный эффект слоя жалюзи значительно увеличивается. Отмечается, что данная фасадная система является наиболее простым и дешевым конструктивным решением, а сформированный механизм тепло-ветровых процессов — распространенным способом пассивной вентиляции пристенного слоя, помещения, открытых неэксплуатируемых этажей и прилегающих территорий, что является актуальным научным направлением в строительстве в регионах с теплым климатом [2, 11, 12].

## Результаты и обсуждение

При рассмотрении количественной и качественной картины влияния солнцезащитных жалюзийных фасадов основной задачей является применение подобных устройств в реальных условиях на территории южных городов Российской Федерации, расположенных в III и IV строительно-климатических районах. Для этого было рассмотрено здание существующего жилого комплекса в г. Майкоп, которое имеет сложную форму в плане и состоит из 4 секций разной этажности от 14–16 этажей с встроенными помещениями на первом этаже (рис. 4).

Если подробнее рассмотреть планировочную структуру типового этажа представленных на генплане зданий, то можно сделать вывод, что сразу несколько однокомнатных и двухкомнатных квартир в целом имеют западную и юго-западную ориентацию квартир, что означает наибольший перегрев в жилых помещениях в жаркое время года (рис. 5). Ориентация на юг не считается неблагоприятной, но стоит учесть, что стены квартир, имеющих подобную ориентацию, будут обладать наибольшим по времени радиационным облучением, что также не является фактором комфорта.

Установлено, что по условиям теплового облучения с учетом ориентации жилых помещений на юг, юго-запад и запад наблюдаются дискомфортные условия в летний, наиболее жаркий период года. В этих условиях рекомендуется модернизация фасадов жилого дома при помощи солнцезащитных мероприятий.

На сегодняшний день существуют несколько видов подобных солнцезащитных систем: ламельные солнцезащитные фасадные системы, кинетические солнцезащитные фасады, а также инновационные пассивные гелиосистемы.

Преимущества использования фасадных ламелей: долговечность (они не подвержены коррозии и не требуют частой замены или ремонта); энергосбережение (благодаря возможности регулирования света и тепла фасадные ламели помогают уменьшить энергопотребление здания. Это может привести к снижению расходов на отопление и кондиционирование воздуха, которое способствует улучшению

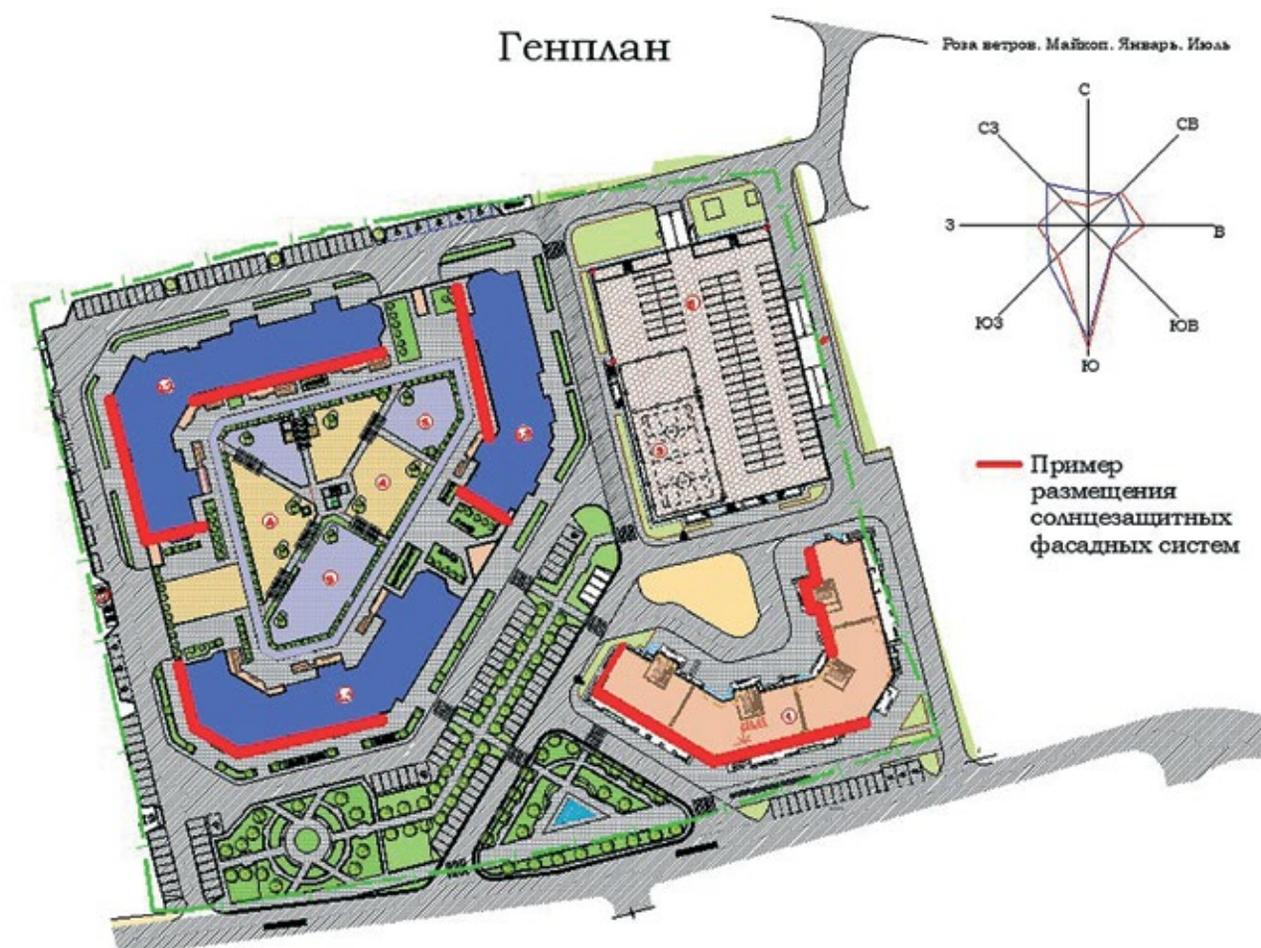


Рис. 4. Генеральный план территории существующей жилой многоквартирной застройки в городе Майкоп

производительности труда); устойчивость к погодным условиям (защита фасада здания от агрессивных погодных условий, что увеличивает срок службы здания и снижает затраты на его эксплуатацию).

Кинетические фасады являются одной из составляющих энергоэффективного здания, позволяющих существенно снизить затраты на энергопотребление. Но стоит заметить, что наилучшие результаты дает применение технологических и архитектурных решений в совокупности: разработка новых и совершенствование существующих методов и организационных форм жилищно-гражданского строительства, возобновляемые источники энергии, рациональный архитектурно-планировочный подход к использованию внутреннего пространства и размещению здания на местности, кинетические фасады, а также многое другое. Подвижные элементы кинетического фасада изменяют свое положение в зависимости от времени суток и активности солнца, тем самым позволяя складывать фасад (для увеличения доли естественного освещения помещений) или раскладывать (для защиты от излишнего нагрева здания на протяжении всего времени).

Преимуществом пассивных гелиосистем является то, что они регулируют количество теплоты и интенсивность освещения, поступающие в помещения зданий, тем самым внося определенный вклад в экономию энергии. Позволяют снизить потребность в энергии, идущей на отопление или кондиционирование воздуха, поддерживая определенную температуру внутреннего воздуха, несмотря на изменения внешних климатических условий; при пасмурной погоде затеняющие устройства можно настроить на пропускание большего потока дневного света в помещение, что снизит необходимость в искусственном освещении.

Такие фасадные конструкции позволяют регулировать солнечное освещение помещений и ограничивать тепловой поток путем выноса поверхности основного термического нагрева поверхности непосредственно за пределы общего объема здания. Что обеспечит свободное движение воздуха вверх, внутри воздушного слоя между стеной и нагреваемой поверхностью. При этом для стен со сплошным экраном, снизу и сверху последнего должны быть предусмотрены вентиляционные отверстия притока и оттока воздуха, а в жалюзийном солнцезащитном устройстве зазоры между лопастями конструкции.



Рис. 5. Круг горизонта по условиям теплового облучения с учетом ориентации жилых помещений по СП 23-102–2003<sup>3</sup>

В промежуточном воздушном слое наблюдается постоянная циркуляция воздуха даже в безветренную погоду, что позволяет развить тепло-ветровой режим в пристенном слое, существенно улучшить микроклиматические показатели вокруг оконного пространства, уменьшить температурные показатели и увеличить степень проветривания в помещении и на придомовой территории. Стоит отметить, что площадь затенения непосредственно оконных проемов следует организовывать согласно светотехническому расчету [13, 3, 14].

Современные солнцезащитные адаптивные фасадные системы созданы, чтобы реагировать на изменения радиационно-тепловых показателей окружающей среды для поддержания комфортного микроклимата внутри помещений [15].

Такие фасадные конструкции позволяют регулировать поток прямых солнечных лучей на стены зданий, в помещении и на придомовой территории. В оценке тепло-ветрового режима пристенного слоя определяющими характеристиками процесса тепло-

передачи через вентилируемую воздушную прослойку между поверхностью стены и жалюзийным устройством являются скорость потока воздуха, площадь поперечного сечения прослойки, длина прослойки, толщина прослойки.

### Выводы

1. Вопрос теплофизических процессов, протекающих в пристенной фасадной системе зданий, возводимой в условиях региона с повышенным тепловым режимом в летний период, остается недостаточно изученным, что является предметом исследований настоящей работы.

2. Рассматриваемая система жалюзи с изменяемыми углами лопастей разработана таким образом, что между лопастями остается зазор, а между самой системой и фасадом здания находится прослойка воздуха, обеспечивающая вентиляцию.

3. Использование кинетических фасадов эффективно способствует экономии природных ресурсов, дает возможность моментально адаптировать здание к условиям окружающей среды, тем самым благотворно влияя на создание комфортной среды

<sup>3</sup> СП 23-102–2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий.

внутри здания и внося вклад в устойчивое развитие и экономное использование энергоресурсов, что уменьшает расходы эксплуатации здания.

4. Представленные жалюзийные, кинетические фасады и солнцезащитные пассивные гелиосистемы

являются одной из составляющих энергоэффективного здания, позволяющих существенно снизить затраты на энергопотребление. Подобные фасадные системы — это будущее в архитектурно-климатическом проектировании для южных городов РФ.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Горомосов М.С.* Микроклимат жилищ и его гигиеническое нормирование. М. : МЕДГИЗ, 1963. 134 с.
2. *Гиясов А.И., Мирзоев С.М.* Модель тепло-ветрового режима наружных стен зданий с жалюзийным солнцезащитным устройством // *Строительство и реконструкция*. 2024. № 1 (111). С. 3–13. DOI: 10.33979/2073-7416-2024-111-1-3-13.
3. *Гиясов А.И., Мирзоев С.М., Абдулрахман К.* Моделирование тепло-ветровых процессов пристенного слоя ограждающих конструкций зданий при инсоляции // *Вестник МГСУ*. 2022. Т. 17. Вып. 3. С. 285–297. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.3.285-297 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48561270> EDN: ICZMOO
4. *Гиясов А., Баротов Ю.Г.* Тепловое состояние человека в застройке городов с жарким условием климата // *Политехнический вестник*. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 4 (44). С. 151–157.
5. *Сокольская О.Н., Кривоносова А.С.* Биосферносовместимая концепция развития города на примере г. Майкоп // *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2022* : сб. докл. Третьей Национальной науч. конф. (г. Москва, 19 декабря 2022 г.). М. : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. С. 497–502.
6. *Витохина С.А.* Проектирование жилых зданий в южных районах России // *Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова* (г. Белгород, 16–17 мая 2023 г.). Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 103–107.
7. *Джедид М.* Влияние формы архитектурных объектов на внешний тепловой комфорт // *Приволжский научный журнал*. 2015. № 2 (34). С. 109–115.
8. *Стецкий С.В., Ходейр В.А.* Эффективные солнцезащитные устройства в гражданском строительстве регионов с жарким солнечным климатом // *Вестник МГСУ*. 2012. № 7. С. 9–15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17988602> EDN: PDQTPB
9. *Ян Хуэй, Лушин К.И., Плющенко Н.Ю.* Determination of buildings sun shields operating parameters for the purpose of durability and sustainability // *Вестник МГСУ*. 2018. Т. 13. Вып. 9. С. 1154–1164. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.9.1154-1164 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36310051> EDN: VKFFQY
10. *Сокольская О.Н., Калинина К.И.* Влияние объемно-планировочной структуры застройки города Майкоп на формирование тепловых аномалий в жаркий период года // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2023. № 4 (44). С. 21–29. DOI: 10.21869/2311-1518-2023-44-43-21-29 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59553164> EDN: RJZNUD
11. *Molter P., Bonnet C., Wagner T., Reifer M., Tillmann K.* Autoreactive components in double skin facade: conference // *Advanced Building Skins*, Bern, Switzerland At: Bern, Switzerland, 2017. Vol. 17. URL: <https://www.researchgate.net/publication/318494719>
12. *Li X., Peng J., Li N., Wang M., Wang C.* Study on optimum tilt angles of photovoltaic shading systems in different climatic regions of China // *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 205. Pp. 1157–1164. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.185
13. *Мансуров Р.Ш., Рафальская Т.А.* Математическое моделирование теплотехнических характеристик наружных ограждений с воздушными прослойками // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2019. № 3 (137). С. 74–81.
14. *Катаева М.А., Першинова Л.Н.* Формирование воздушного комфорта городов архитектурно-градостроительными средствами // *Новые идеи нового века* : мат. Междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. 2016. Т. 2. С. 127–133.
15. *Лисициан М.В., Пашковский В.Л., Петунина З.В. и др.* Архитектурное проектирование жилых зданий / под ред. М.В. Лисициана, Е.С. Пронина. М. : Архитектура-С, 2006. 488 с.

Об авторах: **Оксана Николаевна Сокольская** — кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова; **Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ)**; Российская Федерация, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2; SPIN-код: 6999-4101; e-mail: ons33@mail.ru;

**Софья Витальевна Василенко** — студентка кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова; **Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ)**; Российская Федерация, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2; e-mail: sofa\_vasilenko\_2002@mail.ru.

### REFERENCES

1. Goromosov M.S. *Microclimate of dwellings and its hygienic rationing*. Moscow, MEDGIZ Publ., 1963; 134. (rus.).
2. Giyasov A.I., Mirzoev S.M. Model of heat and wind regime of external walls of buildings with a louvered sunscreen device. *Construction and reconstruction*. 2024; 1(111):3-13. DOI: 10.33979/2073-7416-2024-111-1-3-13 (rus.).
3. Giyazov A.I., Mirzoev S.M., Abdulrahman K. Modeling thermal and wind processes in the near-wall layer of building envelopes subjected to insolation. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2022; 17(3):285-297. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.3.285-297 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48561270> EDN: ICZMOO (rus.).
4. Giyasov A., Barotov Yu.G. The thermal state of a person in urban development with a hot climate condition. *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research*. 2018; 4(44):151-157. (rus.).
5. Sokolskaya O.N., Krivonosova A.S. Biosphere-compatible concept of city development on the example of Maykop. *Actual problems of the construction industry and education — 2022: Collection of reports of the Third National Scientific Conference, Moscow, December 19, 2022*. Moscow, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2023; 497-502. (rus.).
6. Vitokhina S.A. Design of residential buildings in the southern regions of Russia. *International Scientific and Technical Conference of young scientists of V.G. Shukhov BSTU, dedicated to the 170th anniversary of the birth of V.G. Shukhov (Belgorod, May 16–17, 2023)*. Belgorod, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023; 103-107. (rus.).
7. Jedid M. The influence of the shape of architectural objects on external thermal comfort. *Privolzhsky scientific Journal*. 2015; 2(34):109-115. (rus.).
8. Stetskiy S.V., Khodeir W.A. Effective sun protection devices in the civil engineering of hot and sunny regions. *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*. 2012; 7:9-15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17988602> EDN: PDQTPB (rus.).
9. Yang Hui, Kirill I. Lushin, Natalia Yu. Plushenko. Determination of buildings sun shields operating parameters for the purpose of durability and sustainability. *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*. 2018; 13(9):1154-1164. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.9.1154-1164 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36310051> EDN: VKFFQY
10. Sokolskaya O.N., Kalinina K.I. The influence of the spatial planning structure of the development of the city of Maykop on the formation of thermal anomalies in the hot period of the year. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2023; 4(44):21-29. DOI: 10.21869/2311-1518-2023-44-43-21-29 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59553164> EDN: RJZNUD (rus.).
11. Molter P., Bonnet C., Wagner T., Reifer M., Tillmann K. Autoreactive components in double skin facade. *Advanced Building Skins, Bern, Switzerland At: Bern, Switzerland*, 2017; 17. URL: <https://www.researchgate.net/publication/318494719>.
12. Li X., Peng J., Li N., Wang M., Wang C. Study on optimum tilt angles of photovoltaic shading systems in different climatic regions of China. *Procedia Engineering*. 2017; 205:1157-1164. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.185
13. Mansurov R.Sh., Rafalskaya T.A. Mathematical modeling of thermal engineering characteristics of external fences with air layers. *Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture*. 2019; 3(137):74-81. (rus.).
14. Kataeva M.A., Pershinova L.N. Formation of air comfort of cities by architectural and urban planning means. *New ideas of the new century : materials of the international scientific conference FAD TOGU*. 2016; 2:127-133. (rus.).
15. Lisitsian M.V., Pashkovsky V.L., Petunina Z.V. et al. *Architectural design of residential buildings*. Ed. M.V. Lisitsiana, E.S. Pronin. Moscow, Architecture-C Publ., 2006; 488. (rus.).

About the authors: **Oksana N. Sokolskaya** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov; **Kuban State Technological University (KubSTU)**; 2 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russian Federation; SPIN-code: 6999-4101; e-mail: ons33@mail.ru;

**Sofya V. Vasilenko** — Student of the department of Architecture of Civil and Industrial buildings named after A.V. Titov; **Kuban State Technological University (KubSTU)**; 2 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russian Federation; e-mail: sofa\_vasilenko\_2002@mail.ru.