

А.И. ГИЯСОВ¹, С.М. МИРЗОЕВ¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
(НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

МОДЕЛЬ ТЕПЛО-ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ С ЖАЛЮЗИЙНЫМ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Аннотация. В статье рассматривается энергетическая эффективность стен с жалюзиным солнцезащитным устройством. Отмечено, что эффективным средством защиты от солнечной радиации в летний период, являются жалюзиные фасадные системы с вентилируемой прослойкой. В результате проведенных экспериментальных исследований на моделях зданий отмечен ряд существенных теплофизических закономерностей, определяющих тепло-ветровые процессы в пристенном слое фасадных систем, которые с полным основанием можно применить в реальном проектировании, строительстве и эксплуатации объектов. Созданы предпосылки и условия для разработки универсальной методики оценки тепло-ветровых процессов, определяющихся геометрическим и физическим подобием при моделировании процессов пристенной воздушной среды в решении архитектурно-конструктивных задач, разнообразных по составу. Установлено, что эффективность проветривания пристенного слоя воздуха и первого незастраиваемого колонного этажа достигается при применении фасадных жалюзиных солнцезащитных устройств с углом наклона их ламелей 45° - 60° к плоскости фасада при их инсоляции. Выявлена энергетическая эффективность стен зданий путем применения солнцезащитных жалюзиных устройств. Определены предпосылки для архитектурно-строительного проектирования наружных стен с жалюзиными солнцезащитными устройствами способствующие формировать конвективные потоки в пристенном слое воздуха которые в последствие могут использоваться для обогрева помещений, а также для извлечения отработанного воздуха из помещений путем определения месторасположения естественных приточно-вытяжных отверстий и режима эксплуатации оконных створок, фрамуг, форточек.

Ключевые слова: здание, фасадные системы, жалюзи, вентиляция, конвекция, пристенный слой, моделирование, тепло-ветровой режим, энергоэффективность.

A.I. GIYASOV¹, S.M. MIRZOEV¹

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

MODEL OF HEAT-WIND REGIME OF BUILDING WALLS WITH LOUVER SUN PROTECTION DEVICE

Abstract. The article discusses the energy efficiency of walls with louvered sun shading devices. It has been noted that louvered façade systems with a ventilated layer are an effective means of protection from solar radiation in summer. As a result of the experimental studies carried out on building models, a number of significant thermophysical regularities were noted that determine heat and wind processes in the near-wall layer of facade systems, which can rightfully be applied in the actual design, construction and operation of objects. Prerequisites and conditions have been created for the development of a universal methodology for assessing heat and wind processes, determined by geometric and physical similarity when modeling processes in the near-wall air environment in solving architectural and structural problems of various compositions. It has been established that the effectiveness of ventilation of the wall layer of air and the first unbuilt column floor is achieved by using façade louvered sun-protection devices with an angle of inclination of their lamellas of 45° - 60° to the plane of the facade during their insolation. The energy efficiency of building walls was revealed through the use of sun-protection louver devices. Prerequisites for the architectural and construction

design of external walls with louvered sun-protection devices have been determined that contribute to the formation of convective flows in the wall layer of air, which can subsequently be used for heating premises, as well as for extracting exhaust air from premises by determining the location of natural supply and exhaust openings and the operating mode of windows sashes, transoms, vents.

Keywords: *building, facade systems, blinds, ventilation, convection, wall layer, modeling, heat and wind regime, energy efficiency.*

Введение

Появление объектов, отличительной особенностью которых является большая площадь остеклённых поверхностей (офисные, административные, многоэтажные жилые комплексы, коттеджные строения, производственные помещения), определяют одно из направлений, всё чаще используемых архитекторами, проектировщиками и дизайнерами при разработке проектов. Подобные объекты имеют ряд преимуществ, улучшенная освещённость, эффект визуального увеличения объёма, однако они имеют и свои недостатки. Большая площадь остекления способствует проникновению солнечных лучей внутрь помещения повышая продолжительность инсоляции в летний период, что приводит к увеличению температуры воздуха, в последствии снижающий уровень комфортности микроклимата. Установка большого количества систем кондиционирования не всегда является оптимальным решением, зачастую в тёплый период года вызывает простудные заболевания особенно у людей старшего возраста и детей, а также приводят к лишним финансовым затратам. Одним из выходов в подобной ситуации стало применение системы солнцезащиты, устанавливаемой на внешней стороне фасадов.

Воздушный зазор между конструктивным слоем, теплоизоляцией и наружной облицовкой должен иметь соответствующие размеры, чтобы гарантировать эффективную циркуляцию воздуха в пристенном слое. Толщина вентилируемого воздушного слоя фасадных систем составляет от 30 до 100 мм. Чтобы обеспечить свободное движение воздуха внутри воздушного слоя, для стен со сплошным экраном, снизу и сверху последнего должны быть предусмотрены вентиляционные отверстия притока и оттока воздуха, а в пристенном жалюзийном солнцезащитном устройстве зазоры между ламелей.

В современном архитектурно-строительном проектировании часто используют солнцезащитные жалюзийные фасадные системы, в основном ламельные. Ламели являются основной частью солнцезащитной системы, выполняющие функцию защиты от солнечного излучения.

Наиболее значимой характеристикой подобных жалюзийных устройств является защита от солнечных лучей стен и светопрозрачной конструкции, помещений, защита от неблагоприятных природных факторов, активизация конвективного потока в пристенном слое способствующего естественному проветриванию помещений, корректировка светового потока и возможность задавать направление света.

В настоящее время существует большое разнообразие отечественного производства солнцезащитных устройств, различающихся по конструктивному решению, месту установки, ориентации ламелей, способам управления, материалам изготовления и по другим функциональным показателям, которые нашли отражение в трудах исследователей последних лет, ГОСТах и в строительных нормах [1-9].

В то же время в России и в странах СНГ, ЕС, США проведены многочисленные исследования, посвященные проблеме максимального использования естественного солнечного света для освещения помещений при применении солнцезащитных систем, так и защите их от перегрева, обусловленного прямой солнечной радиацией [10-14].

Проанализировав проведенные ранее области исследований отечественного и зарубежного опыта по оснащению фасадов зданий солнцезащитными устройствами, отмечается, что теплофизические закономерности, определяющие тепло-ветровые процессы пристенного слоя фасадных жалюзийных систем при их инсоляции, которые играют важное

значение в повышение теплоустойчивости наружных глухих и светопрозрачных частей фасадов остается недостаточно изученным, что является предметом исследований настоящей работы.

Целью исследования является изучение теплофизических процессов, протекающие в пристенном слое воздуха при применении жалюзийных солнцезащитных устройств на наружных ограждениях зданий, позволяющие оценить инсоляционно-энергетические характеристики фасадной системы.

Материалы и методы

Исследование инсолируемых стен зданий, оснащенных вентилируемыми жалюзийными конструкциями, является разумным мероприятием для повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий.

Температура пристенного слоя воздуха влияет на обмен теплом между помещениями с внешней средой, что определяет в итоге тепловой режим помещений зданий. Этот обменный поток тепла, периодически меняющий свое направление между внутренними и внешними средами, играет важную роль в оптимальном расходе энергии на обогрев зданий в зимний период и кондиционирование воздуха в теплый, в связи с чем он должен учитываться при архитектурно-строительных разработках.

Тепловая и радиационная модель проведенных ранее теоретических теплофизических исследований опирается на выведенные уравнения переноса излучения для поверхностей стен [15-18].

Поток прямой солнечной радиации, определяющий термический режим солнцезащитных пластин (ламелей) жалюзийного устройства и температурный режим пристенного слоя воздуха стен различной ориентации представлен в следующих выражениях:

для южной

$$Q_{IЮ} = Q_{\Pi} \cosh \cos \psi \quad (1)$$

для восточной и западной

$$Q_{IВ(З)} = Q_{\Pi} \cosh \sin \psi \quad (2)$$

для северной

$$Q_{IC} = Q_{\Pi} [\sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos \Omega] \quad (3)$$

где Q_I - поток прямого солнечного излучения, попадающий на стену, Q_{Π} - поток солнечной радиации у поверхности земли, падающий на площадку, перпендикулярную направлению солнечных лучей; h - высота солнца над горизонтом; δ - склонение солнца; φ - широта; ψ - азимут солнца; Ω - часовой угол солнца.

Для рассеянной радиации Q_{SI} , имеет вид

$$Q_{SI} = I_o \frac{\sin h}{2} \left[\frac{1 - \operatorname{cosec} h}{1 - 1,4 \ln \tau} \right] \quad (4)$$

где I_o - солнечная радиация на верхней границе атмосферы; τ - прозрачность атмосферы.

Суточный ход интенсивности прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей при безоблачном небе на вертикальные поверхности стен зданий различной ориентации в южных широтах России и стран СНГ в июне представлен на рисунке 1. Летние натурные исследование термического режима наружных стен, проведенные нами в многоэтажном жилом здании показывает, что при поступлении солнечной радиации 750 Вт/м²ч нагрев поверхности стен фасада западной ориентации достигает до 60 °С и более, что обуславливает теплоотдаче стен в пристенный слой воздуха до 360 Вт/м²ч (рисунок 2). При этом в пристенном слое воздуха фасада здания формируется конвективный поток с температурой около 48 °С.

Анализ результатов настоящего исследования положила основу дальнейшему исследованию тепло-ветрового режима пристенного слоя воздуха зданий с жалюзийным солнцезащитным устройством.

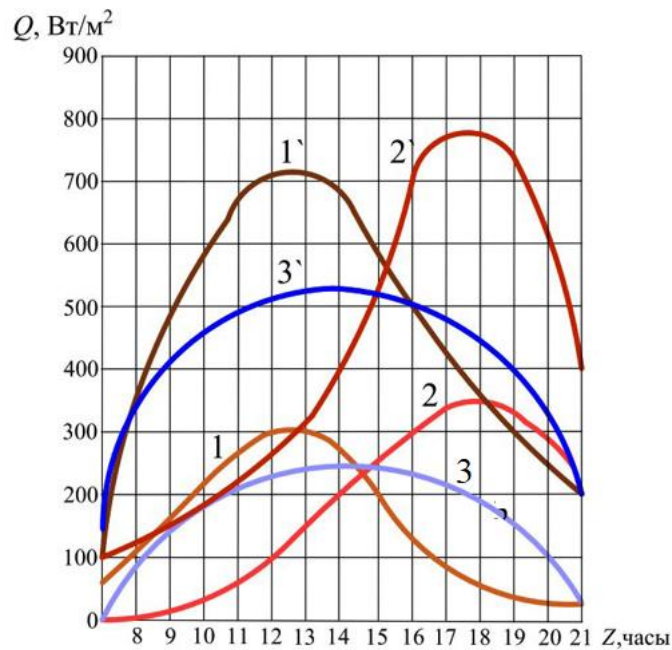


Рисунок 1 – Модель зависимости интенсивности солнечной радиации (1-В, 2-З, 3-Ю) и теплоотдаче (1¹-В, 2¹-З, 3¹-Ю) стены фасадов разной ориентации

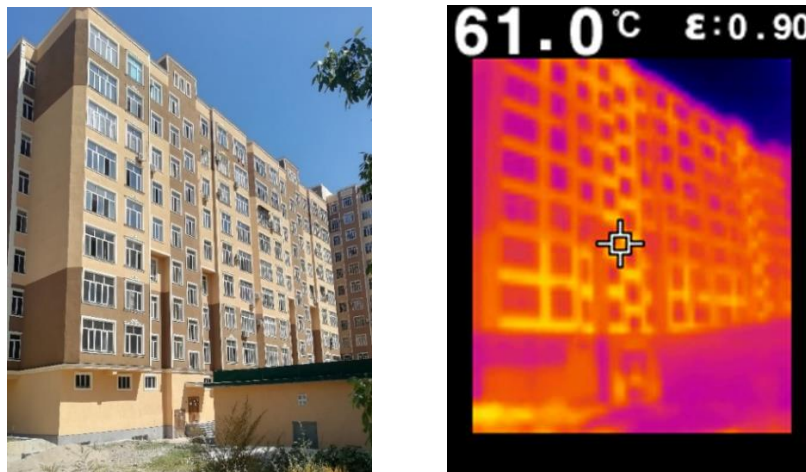


Рисунок 2 – Тепловизионная съемка фасада здания

Примененный нами метод физического моделирования для изучения тепло-ветровых процессов в пристенном слое воздуха фасадной системы с жалюзийным устройством существенно упрощает объем проводимых исследований и способствует решению разнообразных архитектурно-строительных задач на стадии проектирования зданий в лабораторных условиях. Данный метод моделирования основан на теории подобия и моделирования, разработанной отечественными и зарубежными учеными [19-22]. Методы, использованные в статье, предполагают изучение и обобщение теплофизических процессов при физическом моделировании тепло-ветровых процессов, происходящих в пристенном слое воздуха зданий; применение теории моделирования в проведении экспериментальных исследований на модели зданий и ограждающих конструкций с солнцезащитными устройствами для изучения теплофизических характеристик.

Исследования на физической модели зданий и в их конструкциях позволили целенаправленно управлять отдельными переменными величинами, что обычно представляет значительные сложности в натуре и при компьютерном моделировании. Тепловое моделирование фрагмента пристенной жалюзийной конструкций зданий, а также

здания в целом позволила применить практичный метод изучения движения конвективных потоков на моделях и распределение температур в пространстве по всей высоте здания.

Лабораторно-модельные исследования были направлены на установление зависимости скорости конвективного потока в воздушной прослойке от её толщины и степени нагрева ламелей жалюзийного устройства при разном угле их наклона к плоскости фасада.

Исследования проводились путем постановки эксперимента на модели здания в климатической камере размером 6х6х2,5 м. Экспериментальная модель здания с жалюзийным устройством на фасаде с регулируемыми ламелями выполнена в М1:50 из деревянных досок, которые устанавливаются в центре климатической камеры на уровне 1,5 м от пола. Нагрев поверхностей ламелей имитировался путем нагрева нихромовых нитей, проведенных на поверхностях с подачей электрического тока.

В период экспериментальных исследований в климатической камере лаборатории поддерживалась постоянная температура +18,6°C и относительная влажность воздуха 50%.

Параметры модели здания изготовленной из деревянных досок в форме прямоугольника составляет 76х56х14 см. Модель вертикального солнцезащитного жалюзийного устройства 76х56 см установлена на расстоянии 3 см от плоскости стены оснащена наклонными деревянными ламелями под углом 45° размером 76х3х0,4 см. Расстояние между ламелями жалюзийного устройства 3 см, могут регулироваться в горизонтальной оси, что дает возможность устанавливать их под необходимым углом к направлению инсоляции, а также представляется возможность создания сплошного экрана для стены. Высота колонного незастраиваемого первого этажа модели здания 3 м (рисунок 3, 4).

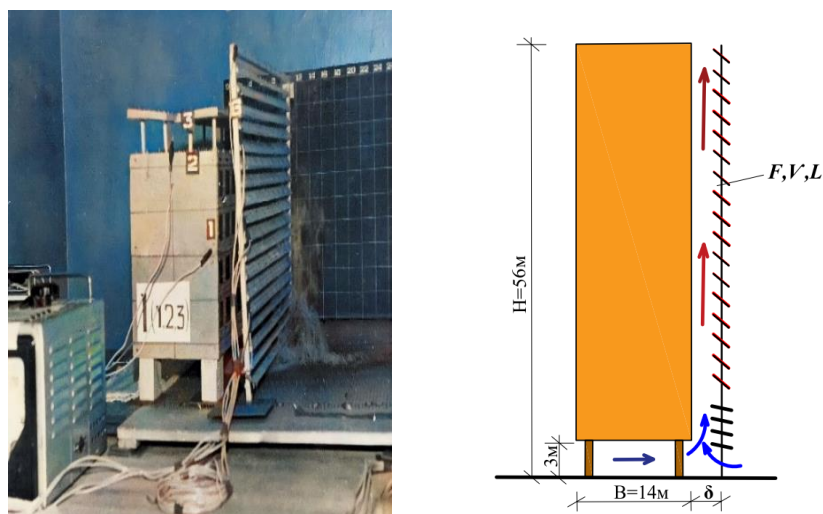


Рисунок 3 - Модель экспериментальной установки



Рисунок 4 - Практика применения жалюзийных устройств

Нагрев наклонных ламельных пластин модели жалюзийного устройства создавался в пределах от +40 до +70°C, согласно условию автомодельности, стабильность которой обеспечивалась соответствующей электросистемой. При этом условия автомодельности обеспечивались при значении критериев $Gr Pr > 2 \cdot 10^7$ принимая во внимание значение линейного размера модели и температурного поля.

При моделировании теплообменных процессов соблюдалась условия по установлению масштабных отношений модели к натурной величине здания.

Приближенность к естественным условиям нагрева ламельных пластин экспериментального жалюзийного устройства здания достигалась путем подачи электрического тока через регулятор напряжения РНШ-59 на нихромовые проволоки, проведенные на поверхностях. При этом создается равномерное по плоскости тепловое поле. Этот способ был апробирован в ранее проводившихся нами исследованиях [23-24].

Оценка количественной и качественной картины тепло-ветрового процесса в воздушной прослойке пристенного слоя производилась следующим путем. Количественная - фиксацией градиентной температуры воздуха и скорости конвекционных потоков высокочувствительным термоанемометром ЭА-2М одновременно на восьми уровнях по высоте здания, с последующим подъемом с одной отметки на другую, соответственно 4, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 см от подстилающей поверхности придомовой территории. Качественная - задымлением пристенного слоя воздуха с подполье и фиксацией видеосъемкой.

Результаты исследования и их анализ

В оценке тепло-ветрового режима пристенного слоя, определяющими характеристиками процесса теплопередачи через вентилируемую воздушную прослойку между поверхностью стены и жалюзийным устройством, является скорость потока воздуха V , площадь поперечного сечения прослойки F , длина прослойки L , толщина прослойки δ .

При обработке экспериментальных данных тепловой модели использовалась следующая комплексная конструктивная характеристика скорости потока FV/L .

Нагрев поверхности при угле наклона 45° к плоскости фасада ламелей жалюзийного устройства показывает, что в воздушной прослойке между жалюзийным устройством и поверхностью стены фасада скорость восходящего потока на отметке 4 см достигает 0,2 м/с, на отметке верхнего обреза фасада - 0,28 м/с, при этом в центре колонного первого этажа вблизи не нагретого фасада - 0,08 м/с, в середине колонного пространства - 0,11 м/с и вблизи нагретого жалюзийного устройства - 0,17 м/с. Данный теплофизический процесс свидетельствует о том, что жалюзийная солнцезащитная фасадная система при инсоляции нагревается и тем самым активизирует естественную вентиляцию в воздушной прослойке за счет конвективного тепла. При этом прослеживается усиленный отвод тепла из пристенного слоя воздуха вверх, что является первопричиной движения околофасадной воздушной массы, а также из воздушного пространства колонного первого этажа за счет усиленного притока воздуха к пристенному конвективному потоку.

Результаты исследований в вариантах при угле наклона к плоскости фасада ламелей жалюзийного устройства позволили установить зависимость скорости конвективного потока в воздушной прослойке от её толщины и степени нагрева ламелей жалюзийного устройства при гравитационной вентиляции. На рисунке 5 приводятся данные для расчета вентилируемой воздушной прослойки стен многоэтажного здания, оснащенной жалюзийной конструктивной системой.

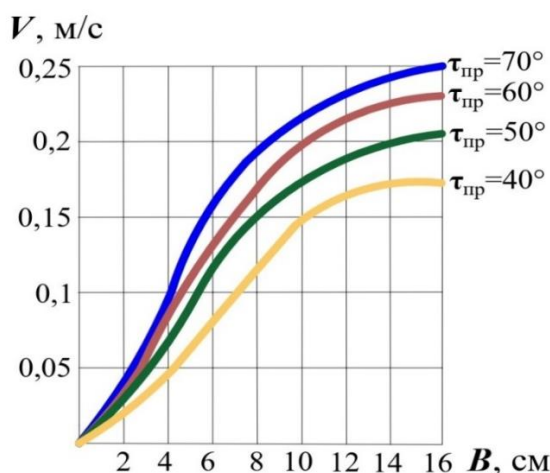


Рисунок 5 - Модель скорости воздуха в вентилируемой воздушной прослойке при различных температурах наружной поверхности ламелями и толщины прослойки

Результаты исследований позволили установить зависимость температуры воздуха в воздушной прослойке по известному значению конструктивной скорости воздушного потока при различных температурах наружной поверхности жалюзи (рисунок 6).

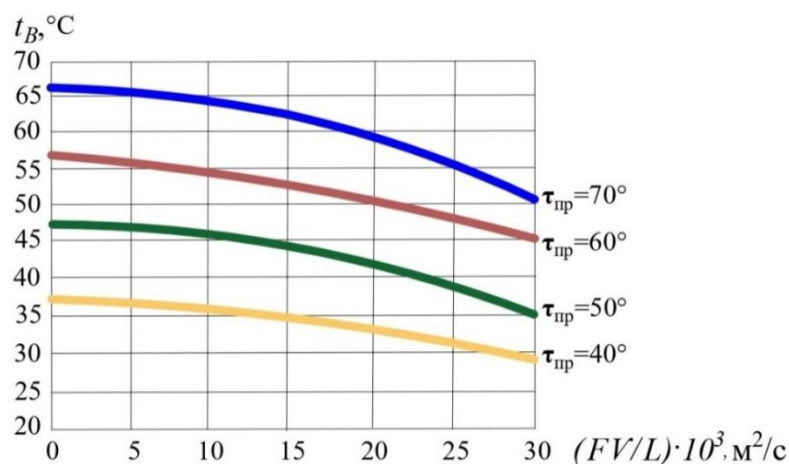


Рисунок 6 - Модель конструктивной скорости воздушного потока при различной температуре наружной поверхности ламелей

При этом используется разница температур для перемещения восходящих воздушных масс пристенного слоя. Подъем восходящего пристенного теплового потока осуществляется при эффективном использовании механизма теплофизического процесса вследствие инсоляции деятельной поверхности элементов жалюзийной конструктивной системы.

Исследуемая фасадная система является архитектурно-строительным решением пассивного способа вентиляции и охлаждения помещений в теплый период года. Она использует развивающиеся вверх по фасаду здания конвективных потоков в воздушной прослойке между стеной и жалюзи. Энергетическая эффективность системы максимально проявляется в экстремальных маловетренных и штилевых условиях теплого периода климата. Эффект вентиляции прослойки жалюзийной системы значительно возрастет также и в ветреные дни. Отмечается, что данная фасадная система представляет собой наиболее простое и дешевое конструктивное решение, а механизм тепло-ветровых процессов, формируемых в ней, является распространенным способом пассивной вентиляции пристенного слоя в последствие помещения, открытых незастраиваемых этажей и

придомовой территории, что является актуальным научным направлением в строительстве зданий в регионах с теплым климатом.

Обобщение, анализ и сравнение результатов экспериментального исследования на модели здания с жалюзийным устройством, а также учет ранее полученных нами результатов исследований по теплозащите конструктивной оболочки здания в натуральных условиях [23], позволили выявить эффективность применения солнцезащитных жалюзийных устройств в ограждающих конструкциях зданий (таблица 1).

Таблица 1 – Энергетическая эффективность солнцезащитных жалюзийных устройств фасадных систем

Тип СЗУ	Критериальные показатели							
	Рекомендуемая ориентация фасадов	Пассивное отопление	Пассивное охлаждение	Зрительный комфорт	Тепловой комфорт	Устойчивость к ветровой нагрузке	Энергетическая эффективность	Срок службы
Наружные регулируемые жалюзи с горизонтальными стационарными затеняющими элементами	ЮВ, Ю, ЮЗ	ОВ	ОВ	С	ОВ	В	ОВ	В
Наружные регулируемые жалюзи за счёт поворота затеняющих элементов (ламелей)	ЮВ, Ю, ЮЗ	ОВ	ОВ	С	ОВ	С	ОВ	В

ОВ – очень высокая, В – высокая, С – средняя

Выводы

Обобщая результаты исследования, могут быть сделаны следующие выводы:

1. Была создана предпосылка и условия для разработки универсальной методики оценки тепло-ветровых процессов, определяющихся геометрическим и физическим подобием при моделировании процессов пристенной воздушной среды в архитектурно-конструктивных решениях наружных ограждений с применением жалюзийных устройств.

2. Уточнено, что фасадные жалюзийные конструктивные системы с одной стороны позволяют регулировать условия инсоляции, освещения помещений и ограничивать теплопоступления. С другой стороны, пристенные конвективные потоки, сформированные в результате нагрева наружных поверхностей ламелей жалюзийного устройства при инсоляции, способствуют проветриванию пристенной воздушной прослойки, а также проветриванию воздушного пространства незастроенного колонного первого этажа, при наличии промежуточных этажей междуэтажных пространств за счет гравитационного давления.

3. Установлено, что эффективность проветривания пристенного слоя воздуха и первого незастраиваемого колонного этажа достигается при применении фасадных жалюзийных солнцезащитных устройств с углом наклона их ламелей 45° - 60° к плоскости фасада с соблюдением требования норм по продолжительности инсоляции и освещения помещений.

4. Выявлена энергетическая эффективность фасадных систем зданий при применения солнцезащитных жалюзийных устройств. Обозначены предпосылки для архитектурно-строительного проектирования наружных стен с жалюзийными солнцезащитными устройствами способствующие формировать конвективные потоки в пристенном слое воздуха которые в последствие могут использованы для обогрева помещений, а также для извлечения отработанного воздуха из помещений путем определения месторасположения естественных приточно-вытяжных отверстий и режима эксплуатации оконных створков, фрамуг, форточек.

Благодарности. Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры Архитектурно-строительного проектирования и физики среды Национального исследовательского Московского государственного строительного университета «Функция, конструкция, среда в архитектуре зданий» в аспекте «Тепловая безопасность в изменении климата».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов А.В., Шубин И.Л., Римшин В. И. Семин С.А. Солнцезащитные устройства: европейская и российская практика нормирования // АВОК. 2014. № 5. С. 44-52.
2. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце. М.: Стройиздат, 1988. 207 с.
3. Куприянов В.Н. К расчету величины солнечного фактора солнцезащитных устройств // Жилищное строительство. 2021. № 11. С.40-45.
4. Дворецкий А.Т., Спиридонов А.В., Шубин И.Л., Клевцев К.Н. Учёт климатических особенностей при проектировании солнцезащитных устройств // Светотехника. 2018. № 2. С. 52-55.
5. Стецкий, С.В., Дорожкина Е.А. Повышение качества световой, акустической и инсоляционной среды в помещениях гражданских зданий с применением стационарных солнцезащитных устройств // Инновации и инвестиции. 2021. № 4. С. 193 - 196.
6. Махмудов Р.М., Холмуродова З.И., Алмамедова А.Т., Бабаназаров С.Ш. Солнцезащитные устройства, применяемые в условиях Средней Азии. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета // Строительство и архитектура. 2022. № 3 (88). С. 148-155.
7. Клевцев К.Н., Гневко Ю.Д. Эффективность солнцезащитных устройств // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 2 (75). С. 108-115.
8. Диденко С.И., Усиков С.М. Энергосбережение при применении кинетических солнцезащитных устройств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3 (62). С. 92-97.
9. Karaseva L.V. Sun protection of buildings: stages and perspectives of development. Materials Science Forum. 2018. T. 931. C. 759-764.
10. Kuhn T.E., Buhler C., Platzer W.J. Evaluation of overheating protection with sun-shading systems // Solar Energy. 2001. T. 69. № 56. C. 59-74.
11. Apeh S.O. Modern architecture of african countries. Era of Science. 2018. № 16. C. 238-240.
12. Ahmed M.G., Gawad M.A. Architecture sustainability and energy efficiency // International Journal of Energy Production and Management. 2022. T. 7. № 3. c. 257-264.
13. Blázquez T., Suárez R., Sendra Ju.J. Protocol for assessing energy performance to improve comfort conditions in social housing in a spanish southern city // International Journal of Energy Production and Management. 2017. Vol. 2. Issue 2. Pp. 140–152.
14. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation // Building and Environment. 2012. Vol. 47. Issue 1. Pp. 13–22. doi:10.1016/j.buildenv.2011.05.01
15. Masyonene A.R., Masyonis A.I. Use of solar-protective structures in transparent facades of the big area for passive compensation heat loss to maintain a comfortable microclimate of premises // International Research Journal. 2019. № 8-2 (86). Pp. 83-85.
16. Береговой А.М., Береговой В.А., Гречишкин А.В., Воскресенский А.В. Ограждающие конструкции с регулируемыми параметрами теплопереноса // Региональная архитектура и строительство. 2018. № 1 (36). С. 97-101.
17. Босенко Т.М. Моделирование неравновесных процессов теплопроводности при тепловых воздействиях на поверхность многослойных материалов // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2018. № 4. С. 104-109.

18. Использование данных солнечной радиации в народном хозяйстве. Труды международного симпозиума по практическому использованию актинометрической информации // под ред. Т.Г Берлянд. Л., Гидрометеиздат 1979. 145 с.
19. Мансуров Р.Ш., Федорова Н.Н., Ефимов Д.И., Косова Е.Ю. Математическое моделирование теплотехнических характеристик наружных ограждений с воздушными прослойками // Инженерно-физический журнал. 2018. Т. 91. № 5. С. 1287-1293.
20. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия 1977. 344 с.
21. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М.: Стройиздат, 1982. 115 с.
22. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств // В.М. Эльтерман. М.: Книга по требованию, 2021. 284 с.
23. Гиясов А.И. Мирзоев С.М., Карум Абдулрахман 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.
24. Гиясов А. Исследование тепловетровых процессов на модели жилой застройки городов с жарко-штилевым климатом // Известия высших учебных заведений. 1989. № 6. С. 43-46.

REFERENCES

1. Spiridonov A.V., Shubin I.L., Rimshin V. I. Semin S.A. Sun protection devices: European and Russian rationing practice. *AVOC*. 2014. No. 5. Pp. 44-52.
2. Obolensky N.V. Architecture and the sun. M.: Stroyizdat, 1988. 207 p.
3. Kupriyanov V.N. On the calculation of the magnitude of the solar factor of sun protection devices. *Housing construction*. 2021. No. 11. Pp. 40-45.
4. Dvoretzky A.T., Spiridonov A.V., Shubin I.L., Klevets K.N. Consideration of climatic features in the design of sun protection devices. *Lighting equipment*. 2018. No. 2. Pp. 52-55.
5. Stetsky, S.V., Dorozhkina E.A. Improving the quality of the light, acoustic and insolation environment in the premises of civil buildings with the use of stationary sun protection devices. *Innovation and investment*. 2021. No. 4. Pp. 193-196.
6. Makhmudov R.M., Kholmurodova Z.I., Almamedova A.T., Babanazarov S.S. Sun protection devices used in Central Asia. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: *Construction and Architecture*. 2022. No. 3 (88). Pp. 148-155.
7. Klevets K.N., Gnevko Yu.D. Effectiveness of sun protection devices. *Economics of construction and environmental management*. 2020. No. 2 (75). Pp. 108-115.
8. Didenko S.I., Usikov S.M. Energy saving when using kinetic sun protection devices. Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI). 2020. No. 3 (62). Pp. 92-97.
9. Karaseva L.V. Sun protection of buildings: stages and perspectives of development. *Materials Science Forum*. 2018. T. 931. Pp. 759-764.
10. Kuhn T.E., Buhler C., Platzer W.J. Evaluation of overheating protection with sun-shading systems. *Solar Energy*. 2001. T. 69. No. 56. Pp. 59-74.
11. Apeh S.O. Modern architecture of african countries. Era of Science. 2018. No. 16. Pp. 238-240.
12. Ahmed M.G., Gawad M.A. Architecture sustainability and energy efficiency. *International Journal of Energy Production and Management*. 2022. T. 7. No. 3. Pp. 257-264.
13. Blázquez T., Suárez R., Sendra Ju.J. Protocol for assessing energy performance to improve comfort conditions in social housing in a spanish southern city. *International Journal of Energy Production and Management*. 2017. Vol. 2. Issue 2. Pp. 140-152.
14. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation. *Building and Environment*. 2012. Vol. 47. Issue 1. Pp. 13-22. doi:10.1016/j.buildenv.2011.05.01
15. Masyonene A.R., Masyonis A.I. Use of solar-protective structures in transparent facades of the big area for passive compensation heat loss to maintain a comfortable microclimate of premises. *International Research Journal*. 2019. No. 8-2 (86). C. 83-85.
16. Beregovoy A.M., Beregovoy V.A., Grechishkin A.V., Voskresensky A.V. Enclosing structures with adjustable parameters of heat and mass transfer. *Regional architecture and construction*. 2018. No. 1 (36). Pp. 97-101.
17. Bosenko T.M. Modeling of nonequilibrium processes of thermal conductivity under thermal effects on the surface of multilayer materials. *Space, time and fundamental interactions*. 2018. No. 4. Pp. 104-109.
18. The use of solar radiation data in the national economy. Proceedings of the International Symposium on the practical use of actinometric information // edited by T.G. Berlyand. L., Hydrometeoizdat 1979. 145 p.
19. Mansurov R.Sh., Fedorova N.N., Efimov D.I., Kosova E.Yu. Mathematical modeling of thermal characteristics of external fences with air layers. *Engineering and Physics journal*. 2018. Vol. 91. No. 5. Pp. 1287-1293.
20. Mikheev M.A., Mikheeva I.M. Fundamentals of heat transfer. M.: Energy 1977. 344 p.
21. Bogoslovsky V.N. Construction thermophysics. M.: Stroyizdat, 1982. 115 p.
22. Elterman V.M. Ventilation of chemical industries / V.M. Elterman – M.: Book on demand, 2021. 284 p.

23. Giyasov A.I. Mirzoev S.M., Karum Abdulrahman Modeling of heat-wind processes of the wall layer of enclosing structures of buildings during insolation. *Bulletin of MGSU*. 2022. Vol.17. Issue 3 Pp. 285-297. doi:10.22227/1997-0935.2022.3.285-297.

24. Giyasov A. Investigation of thermal wind processes on the model of residential development of cities with a hot-calm climate. *Proceedings of Higher educational institutions*. 1989. No. 6. Pp. 43-46.

Информация об авторах:

Гиясов Адхам Иминжанович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,

доктор технических наук, профессор кафедры Архитектурно-строительного проектирования и физики среды.

E-mail: adham52@mail.ru

Мирзоев Саидмухаммад Мирзорахимович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,

аспирант кафедры Архитектурно-строительного проектирования и физики среды.

E-mail: teray_03@mail.ru

Information about authors:

Giyasov Adham Im.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia,

doctor of technical sciences, professor of the department of Architectural and Construction Design and Environmental Physics.

E-mail: adham52@mail.ru

Mirzoev Saidmuhammad M.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia,

post-graduate student of the department of Architectural and Construction Design and Physics of the Environment.

E-mail: teray_03@mail.ru