

УДК 620.19

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИТОКА ТЕПЛА ОТ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ С ПОМОЩЬЮ РЕШЕТОЧНЫХ СМАРТ-ОКОН

Горьков Никита Алексеевич, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: qlokeos@gmail.com

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургского государственного университета, Оренбург
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

Аннотация. В данной научной статье проводится обзор литературы по теме оптимизации притока тепла от солнечной радиации с использованием решеточных смарт-окон. В работе рассмотрены современные научные исследования, касающиеся использования солнечной энергии для обогрева помещений, а также технологий, направленных на улучшение теплообмена в жилых и коммерческих зданиях. Были проанализированы различные методы и материалы, применяемые в создании смарт-окон, и их воздействие на энергетическую эффективность зданий. Результаты обзора позволяют сделать вывод о значимости и перспективах использования решеточных смарт-окон для оптимизации притока тепла от солнечной радиации.

Ключевые слова: приток тепла, солнечная радиация, смарт-окно, решеточный фильтр, моделирование.

Для цитирования: Горьков Н. А. Оптимизация притока тепла от солнечной радиации с помощью решеточных смарт-окон // Шаг в науку. – 2024. – № 2. – С. 24–27.

OPTIMIZATION OF HEAT INFLOW FROM SOLAR RADIATION WITH THE HELP OF GRATED SMART WINDOWS

Gorkov Nikita Alekseevich, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: qlokeos@gmail.com

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydromechanics, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

Abstract. This scientific article reviews the literature on the topic of optimizing heat inflow from solar radiation using grated smart windows. The paper examines modern scientific research related to the use of solar energy for space heating, as well as technologies aimed at improving heat transfer in residential and commercial buildings. The various methods and materials used in the creation of smart windows and their impact on the energy efficiency of buildings were analyzed. The results of the review allow us to conclude about the significance and prospects of using grated smart windows to optimize heat inflow from solar radiation.

Key words: heat inflow, solar radiation, smart window, grating filter, simulation.

Cite as: Gorkov, N. A. (2024) [Optimization of heat inflow from solar radiation with the help of grated smart windows]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 2, pp. 24–27.

В контексте глобального потепления и постоянно растущего спроса на энергоэффективные технологии тема оптимизации использования солнечной энергии становится особенно актуальной. Среди различных подходов и решений, способствующих эффективно-му использованию солнечного тепла, особое место

занимают инновационные смарт-окна. Данная статья направлена на изучение возможностей решеточных смарт-окон в качестве средства оптимизации притока тепла от солнечной радиации.

Литературные источники [1–13] подтверждают значительный интерес и необходимость в разработке



и внедрении технологий, позволяющих контролировать теплопередачу через оконные системы. Современные исследования в этой области сосредоточены на разработке материалов и механизмов, которые могли бы автоматически или по команде изменять свои свойства для оптимизации светопропускания и теплоизоляции.

Решеточные смарт-окна представляют собой передовую технологию, где используются микро- и наноструктурированные материалы для регулирования проникновения солнечного света и тепла в помещение. Принцип их действия основан на изменении прозрачности или отражательных свойств стекла под воздействием внешних факторов, таких как температура, световой поток или электрические сигналы.

Актуальность данной темы подтверждается не только научным сообществом, но и практической необходимостью в энергосберегающих технологиях для строительства, способных существенно сократить энергопотребление зданий и сооружений, повысив при этом уровень комфорта проживания и экологичности архитектурных объектов.

Исследования в области энергоэффективности зданий неразрывно связаны с вопросами использования окон, фасадов и систем солнцезащиты для оптимизации теплового баланса. Книга [3] рассматривает важность правильного подхода к архитектурным деталям здания для достижения высокой энергосберегающей эффективности. В свою очередь, исследование [5] подчеркивает влияние инсоляции на энергопотребление и выделяет важность комплексного подхода к учету солнечной радиации при планировании энергосберегающих решений в строительстве. Оба исследования создают основу для разработки эффективных строительных решений, направленных

на снижение энергопотребления и повышение комфортности внутренней среды зданий.

В статье [6] проводится исследование по оптимизации притока тепла от солнечной радиации с использованием решеточных смарт-окон. Задача данного исследования заключается в разработке моделей, позволяющих эффективно регулировать тепловой поток через окна в зависимости от интенсивности солнечной радиации. Результаты подтверждают, что применение смарт-технологий позволяет значительно увеличить энергоэффективность зданий, что актуально в условиях повышенного внимания к экологической составляющей строительства.

Диаграмма суммарного притока тепла от прямой и диффузной радиации (рисунок 1) показывает, что в отопительный период в городе Оренбурге (с октября по апрель) суммарная радиация значительно выше для решеточных окон по сравнению с обычным смарт-окном, превышение в среднем двухкратное. Это же соотношение наблюдается также в мае и сентябре – в месяцы с «переходным» температурным режимом, когда в Оренбурге могут быть достаточно холодные дни. Решеточные смарт-окна имеют преимущество в качестве некоторой экономии средств на отопление из-за большего суммарного притока тепла от прямой и диффузной радиации. В наиболее жаркие месяцы (с июня по август), когда расчёты проделаны для окрашенного состояния выбранного термостойкого материала, суммарная проникающая за день радиация значительно выше у решеточных окон. Однако светопропускание решеточного фильтра имеет минимальное значение в назначенное время 10 ч. 49 мин., то есть в течение светового дня светопропускание регулируется, для чего и предназначены такие окна, и это может дать некоторую экономию при кондиционировании воздуха.

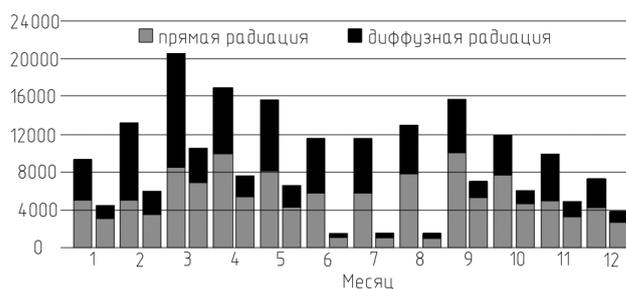


Рисунок 1. Диаграмма суммарного притока тепла от прямой и диффузной радиации: для каждого месяца слева – решёточное окно, справа – обычное окно

Источник: взято из работы [6]

Статья [4] представляет собой ценный вклад в исследования, направленные на оптимизацию притока

тепла от солнечной радиации с использованием решеточных смарт-окон. Экспериментальное моделирова-

ние смарт-окна с решеточным оптическим фильтром позволяет более детально изучить процессы поглощения и рассеивания солнечной энергии, а также оптимизировать эффективность теплообмена в зданиях. Полученные результаты могут послужить основой для дальнейших исследований и разработки инновационных технологий, способствующих улучшению энергоэффективности и комфорта жилищных и офисных помещений.

Решеточные смарт-окна способны адаптироваться к изменениям внешней среды, эффективно управляя световым и тепловым потоками без потери полезности естественного освещения. Их особенность заключается в способности регулировать проникновение солнечных лучей в зависимости от времени суток и сезона, благодаря чему обеспечивается оптимальное использование солнечной энергии. В [2] подробно разбираются аспекты, касающиеся влияния солнечных лучей на внутреннюю температуру и освещенность, что напрямую связано с применением упомянутых смарт-окон. Это исследование объясняет необходимость учета солнечной радиации при проектировании систем микроклимата и показывает, как современные технологии могут стать решением в оптимизации энергопотребления и повышении комфорта в помещениях.

Статья [11] представляет собой метод оптимизации углового селективного регулирования светопропускания окна с помощью оптического фильтра с двумя наклонными поверхностными решетками, состоящими из поглощающих, отражающих или рассеивающих параллельных полос. Показана возможность угловой селективной фильтрации прямого солнечного излучения с учетом географических координат здания, траектории Солнца, сезонного и суточного распределения интенсивности солнечного излучения и азимута ориентации окна по сторонам света за счет оптимального угла наклона решеток фильтра на оконном стекле, что обеспечит выполнение гигиенических требований к естественному и искусственному освещению и инсоляции, приведенных в санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах. Указаны примеры расчета угла наклона решеток для различных дат, показателей преломления оконного стекла, расстояний между решетками фильтра для окон с одинарным и двойным остеклением, азимутов ориентации окна по сторонам света.

Исследования в этой области позволяют оптимизировать приток тепла от солнечной радиации в здания с помощью инновационных технологий. Подробный анализ хромогенных материалов и их применение в смарт-окнах способствуют разработке эффективных решений для повышения энергоэффективности зда-

ний и обеспечения комфортных условий проживания. Полученные в статье результаты могут быть полезны для дальнейших исследований в области оптимизации теплообмена от солнечной радиации с использованием решеточных смарт-окон.

Статья [12] представляет собой обзор различных типов зданий с решеточными смарт-окнами, у которых оптимизирована передача света по азимуту. В данном исследовании рассматривается вопрос оптимизации притока тепла от солнечной радиации с использованием решеточных смарт-окон и их влияние на энергоэффективность зданий. Особое внимание уделено анализу типологии зданий и возможности улучшения теплообмена при помощи азимутально оптимизированной передачи света через окна. Полученные результаты открывают новые перспективы для создания эффективных решений в области архитектуры и энергетической эффективности зданий.

В статье [13] проводится сравнительный анализ эффективности использования решеточных смарт-окон с оптическим фильтром и полностью покрытых хромогенным слоем смарт-окон. Исследование направлено на оптимизацию притока тепла от солнечной радиации при помощи различных технологий смарт-окон. Результаты исследования позволяют сделать вывод о преимуществах и недостатках каждого типа окон и определить оптимальные решения для энергоэффективности зданий. Полученные данные могут быть полезными при разработке новых технологий и улучшении существующих систем теплообмена в зданиях.

Теоретические основы для расчета и нормирования инсоляции, подробно изложенные в работе [1], могут быть использованы для разработки алгоритмов умного управления такими окнами. Понимание принципов распределения и учета солнечного излучения, а также его влияния на тепловой баланс здания, позволяет создавать более совершенные системы, реализующие потенциал солнечной энергии наилучшим образом.

Важным аспектом в области изучения смарт-окон является исследование воздействия цветопередачи на тепловой комфорт и энергоэффективность внутренних пространств. В статье [7] рассмотрены последние достижения в области применения высокоэффективных остеклений, которые могут значительно изменять цветовую температуру света, проникающего в помещение, тем самым оптимизируя потребление энергии на освещение и кондиционирование. В работе [9] рассматривается вопрос оценки цветопередачи и коррелированной цветовой температуры в красителях солнечных батарей, применяемых в адаптивных оконных конструкциях. Использование инновацион-

ных технологий, таких как адаптивные смарт-окна на основе красителей солнечных батарей, способствует созданию экологически устойчивого и комфортного пространства.

Полученные в статье данные будут использованы при работе над ВКР на тему «Оптимизация притока тепла от солнечной радиации с помощью решеточного смарт-окна».

Литература

1. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. О нормировании и расчете инсоляции // Светотехника. – 2006. – № 1. – С. 18–27.
2. Борухова Л. В., Шибeko А. С. Влияние теплопоступлений от солнечной радиации на микроклимат помещений общественных зданий // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 11-й Международной научно-технической конференции. Т. 1. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 143.
3. Дворецкий А. Т., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Низкоэнергетические здания: окна, фасады, солнцезащита, энергоэффективность. – М.: Директ-Медиа., 2022. – 232 с.
4. Закируллин Р. С., Оденбах И. А. Экспериментальная модель смарт-окна с решеточным оптическим фильтром // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2021. – № 5(749). – С. 87–96. – <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2021-749-5-87-96>.
5. Золотозубов Д. Г., Карманова О. С. Анализ влияния изменения инсоляции квартир на энергосбережение // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 1. – С. 82–92. – <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2016.1.11>.
6. Моделирование притока тепла от солнечной радиации через решёточные смарт-окна / Р. С. Закируллин [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 3. – С. 132–139. – <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2023-3-132-139>.
7. Arbabm S., Matusiak B. S., Klockner C. A. (2018) Colour shift of interior surfaces with advanced glazings. *Journal of the International Colour Association*. Vol. 21, pp. 10–35. (In Eng.).
8. CIE (2018) CIE S 026/E:2018 CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light, Vienna (Austria). Available at: <https://cie.co.at/publications/cie-system-metrology-optical-radiation-iprgc-influenced-responses-light-0> (accessed: 12.03.2024) (In Eng.).
9. Ghosh A. et al. (2018) The colour rendering index and correlated colour temperature of dye-sensitized solar cell for adaptive glazing application. *Solar Energy*. Vol. 163 pp. 537–544. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.021>. (In Eng.).
10. Zakirullin R. S. (2020) Chromogenic Materials in Smart Windows for Angular-Selective Filtering of Solar Radiation. *Materials Today Energy*. Vol. 17. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtener.2020.100476>. (In Eng.).
11. Zakirullin R. S. (2020) A Smart Window for Angular Selective Filtering of Direct Solar Radiation. *Solar energy engineering*. Vol. 142(1). – <https://doi.org/10.1115/1.4044059>. (In Eng.).
12. Zakirullin R. S. (2022) Typology of Buildings with Grating Smart Windows with Azimuthally Optimized Light Transmission. *Journal of Architectural Engineering*. Vol. 28, No. 4. – [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000566](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000566).
13. Zakirullin R. S. (2022) Smart window with grating optical filter: Comparison with smart windows fully coated with chromogenic layer. *Building and Environment*. Vol. 219. Available at: <https://elibrary.ru/ztkssso?ysclid=lvvyw5cu82580235729> (accessed: 12.03.2024) (In Eng.).

Статья поступила в редакцию: 03.05.2024; принята в печать: 31.05.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.