

УДК 628.921/.928

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СМАРТ-ОКОН В ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И СОЗДАНИИ УСЛОВИЙ КОМФОРТА

Гуныко Никита Максимович, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: ngmnik2001@mail.ru

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогасоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail rustam.zakirullin@gmail.com

Аннотация. Оптимизация теплоснабжения помещений является главной целью улучшения условий комфорта. К показателям этой системы относятся: сохранение температурно-влажностного баланса и инсоляции, а также создание комфортной блёскости. Одним из способов решения этой проблемы могут служить смарт-окна, которые будут менять свои свойства в зависимости от внешних факторов и оказывать влияние на круглогодичный температурный баланс в помещении. В статье приведены некоторые виды материалов для изготовления смарт-окон, рассмотрены принцип их работы и способы влияния на температуру внутри помещения, инсоляцию, и варианты создания комфортной рабочей или бытовой зоны. Проанализированы их достоинства и недостатки с возможностью нивелирования слабых стороны смарт-окон и акцентировано внимание на преимуществах, способствующих повышению их энергоэффективности.

Ключевые слова: смарт-окно, теплоснабжение, инсоляция, оптимизация, блёскость, энергоэффективность.

Для цитирования: Гуныко Н. М. Исследование роли смарт-окон в оптимизации систем теплоснабжения и создании условий комфорта // Шаг в науку. – 2024. – № 3. – С. 25–28.

STUDY OF THE ROLE OF SMART WINDOWS IN OPTIMIZING HEAT SUPPLY SYSTEMS AND CREATING COMFORTABLE CONDITIONS

Gunko Nikita Maksimovich, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: ngmnik2001@mail.ru

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

Abstract. Optimizing the heating supply of premises is the main goal for improving human living conditions. The indicators of this system include such as: temperature, insolation, glare protection. One of the ways to achieve this goal can be «smart windows», which will change their properties depending on external factors and affect the year-round temperature balance in the room. Several types of materials for the manufacture of smart windows are given, their principle of operation, how they affect indoor temperature, insolation and how they protect a person indoors from glare. Their advantages and disadvantages are also presented. There is also data on how to neutralize the weaknesses of smart windows and focus on strong countries to increase their effectiveness.

Key words: smart window, heat supply, insolation, optimization, brilliance, energy efficiency.

Cite as: Gunko, N. M. (2024) [Study of the role of smart windows in optimizing heat supply systems and creating comfortable conditions]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 3, pp. 25–28.

Рассматривая систему теплоснабжения через призму потерь и сохранения тепловой энергии в бытовом, производственном, общественном и т.д. помещениях, следует отметить, что она представляет собой много-

факторный процесс. При этом, одним из направлений исследования можно считать применение в световых проемах смарт-окон.

Соответственно, аналитическая оценка использования (характеристик) смарт-окон позволяет выделить такие ключевые направления (без учета, которых невозможно обойтись), как сохранение температурно-влажностного баланса и инсоляции, а также создание комфортной блескости и регулирования показателя пульсации.

Следует уточнить, что понимается под инсоляцией и комфортной блескостью. Инсоляция рассматривается, как продолжительность попадания солнечных лучей в помещение в течение суток. Блескость – это

показатель отражения солнечных лучей от поверхности пола, потолка, стен, окружающих предметов и возможно промышленного оборудования. Эти показатели должны находиться в условии равновесия для создания комфортной рабочей или бытовой зоны. Следует отметить, что блескость может быть слепящей (нарушающей видимость объектов), дискомфортной (вызывающей усталость) и комфортной, а по направлению солнечных лучей – прямой и отраженной. При этом целесообразно стремиться к снижению прямой и отраженной блескости, например, путем закрытия источников света светорассеивающими стеклами (рисунок 1), в качестве которых могут быть использованы смарт-окна.

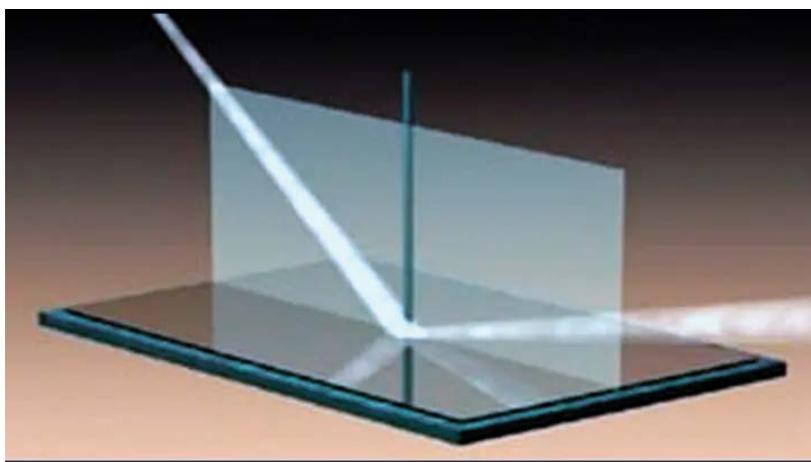


Рисунок 1. Светорассеивающие стекла

Источник: заимствован с сайта Закон отражения света. Физика для всех – URL: https://questions-physics.ru/uchebniki/8_klass/zakon_otrazheniya_sveta.html (дата обращения: 15.04.2024)

Прямая блескость, при определенных условиях, может приводить к ослепленности. Нормативный показатель ослепленности ≤ 20 , а граница между комфортом и дискомфортом составляет $M=25$.

Поэтому созданию зоны комфорта способствуют оконные проемы в жилом помещении. Соответственно, решение перечисленных проблем во многом зависит от вида применяемого остекления. Одним из направлений оптимизации теплоснабжения можно считать использование смарт-окон [4; 5].

Идея применения смарт-окон, как ресурсосберегающей технологии, пока не получила широкого отклика, поэтому исследования в данной области продолжаются. Наряду с теплоснабжением следует рассматривать вопросы инсоляции, которая демонстрирует элементы облучения прямыми солнечными лучами, проникающими через световые проемы объектов, попадаемых в зону их воздействия. Этот

фактор имеет особое значение для регионов, страдающих от недостатка освещенности, особенно в зимний период времени.

Для формирования необходимого микроклимата сооружений показатель инсоляции внесён в нормативную документацию, которая требуется для строительства. Так для сравнения, необходимое время действия инсоляции в жилом помещении составляет 2,5 часа, с зоной покрытия 60%, а в таких помещениях как ветлечебницы, химические лаборатории, архивы и др. инсоляция не требуется [2; 6].

В климатической зоне Оренбургского региона были проведены предварительные экспериментальные исследования для определения инсоляции и блескости, 15-го числа каждого месяца, в дневное время (с диапазоном в 1 час), в одной точке отсчета (№ 5). На рисунке 2 приведена графическая зависимость полученных результатов (фрагмент исследований).

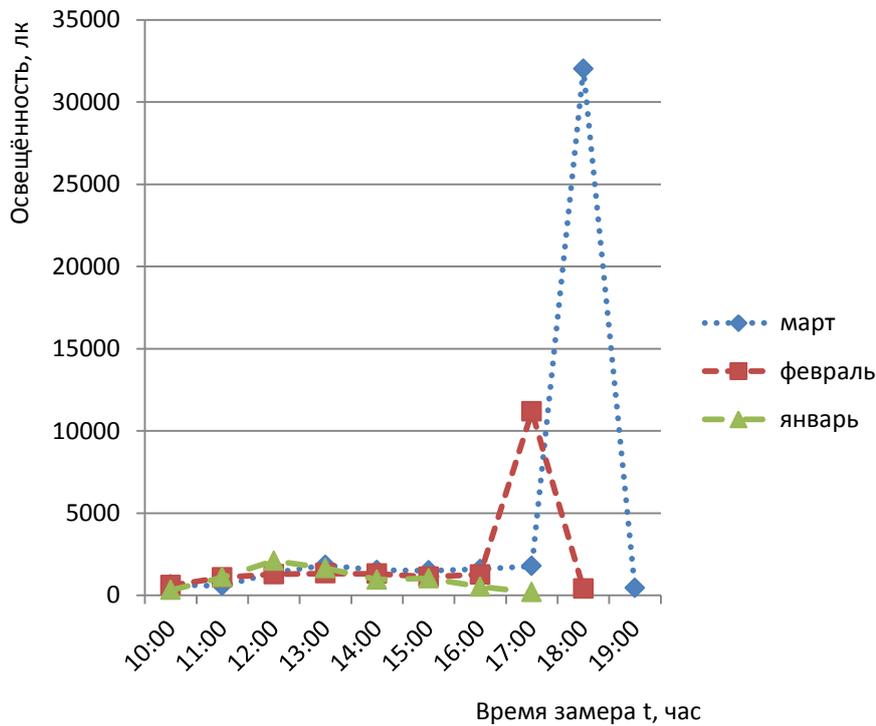


Рисунок 2. Графическая зависимость определения инсоляции (количество света, получаемое помещением) в холодный период года

Источник: разработано автором

Данные графические зависимости позволяют констатировать получение света помещением в холодный период года. Максимальные критические точки демонстрируют повышенную блескость и инсоляцию, т.е. являются областью дальнейших исследований для использования смарт-окон.

Пассивные динамические смарт-окна подразделяются на группы в зависимости от воздействия внешних факторов, как правило, физических, таких, как действие света (фотохромные) и влажно-температурного режима (термохромные и влажно-хромные), электрического тока (электрохромные).

В настоящее время уже существуют некоторые бренды смарт-окон LCD и PDLC на основе жидкой полимерно-кристаллической смеси, расположенной (как «слоеный пирог») между стеклянными листами, которые могут менять уровень прозрачности. Технология их изготовления позволяет использовать электропроводящее покрытие для изменения светопропускания и уровня прозрачности. Соответственно, при затратах на изготовление, входящих в стоимость готового смарт-окна, оно становится весьма дорогостоя-

щим, что можно отнести к его недостаткам.

Фотохромные смарт-окна имеют свойство менять цвет, благодаря органическим и гибридным органико-неорганическим красителям, которые активируются под действиями солнечной радиации.

Основной принцип воздействия термохромных систем, с помощью которых они меняют свои оптические свойства, основан на разнице температур окружающей среды. Термохромные смарт-окна обладают способностью не пропускать инфракрасное излучение и свет, особенно при повышении температуры, а при ее снижении пропускная способность восстанавливается. На современном этапе хорошее развитие получили термохромные смарт-стекла, как экономически целесообразные. В настоящее время для производства термохромных смарт-окон используются новые материалы, такие как перовскиты, гидрогели и оксид ванадия (VO_2) легированный вольфрамом.

Инновационной разработкой в области термохромных смарт-окон является стекло, которое позволяет регулировать поступление излучения (смарт-окно TET), что, в свою очередь, даёт возможность контр-

олировать доступ солнечной радиации и тепла в помещение. Данное смарт-окно ТЕТ имеет следующие показатели: Тлюм – 71,6% (показатель светопропускания), $\Delta T_{\text{сол}}$ – 50,3% (показатель пропускания солнечной энергии), ϵ_{Front} – 0,95 (летом) и ϵ_{Front} – 0,1 (зимой) [1; 3].

В Сингапуре в теплое время года был проведен эксперимент, в котором использовался стеклянный ящик габаритами 30 * 20 * 20 см, с помощью которого было выявлено понижение температуры на ~ 5,4 °С, что позволило сэкономить 37,4% энергии. А в холодное время года такой же эксперимент был проведен в Пекине, который показал увеличение температуры в помещении на 4,5 °С, что составляет энергосбережение на 18,8% (в качестве сравнения было взято обычное стекло).

Эмпирические исследования позволяют сделать вывод, что смарт-стекла ТЕТ обладают ресурсосберегающим потенциалом и хорошо себя проявляют в различных климатических зонах с широким разбросом годовых температур [7].

К особенностям влажностно-хромных смарт-окон следует отнести их способность менять свои свойства в зависимости от изменения влажности окружающей среды.

Смарт-стекла являются многофункциональным материалом, так как кроме обычного строительного

стекла могут использоваться для сокращения потерь тепла в помещении, регулирования инсоляции, блескости (ослепленности), а также для визуального разделения пространства.

Следует отметить, что они обладают определенными достоинствами, такими как достаточная прочность (особенно у многослойных стекол, двухслойных и триплексов), способность регулировать диффузию света, возможность иметь прозрачное и матовое состояние, защищать от ультрафиолетовых излучений (особенно при высокой инсоляции), а также смарт-стекла имеют приемлемую стоимостную линейку. Особое внимание уделяется энергоэффективности, основанной на сокращении теплопотерь, так как сберегают тепло в помещении в холодный период года и защищают от перегрева в теплый. На современном этапе, когда строительство базируется на возведении конструкций из бетона и стекла, следует отметить экологичность применения смарт-стекла.

Рассмотренные виды смарт-окон и проведенные предварительные эксперименты позволяют определить область дальнейших исследований в данном направлении. Ключевыми, из которых является оптимизация системы теплоснабжения путем регулирования температуры и сохранение инсоляции при создании условий комфорта.

Литература

1. Гулько Н. М., Бикеева А. Г., Иванова А. П. Смарт-стекло, методика расчета вероятности бликов дневного света // Наука, образование, транспорт: актуальные вопросы, приоритеты, векторы взаимодействия : Материалы II Международной научно-методической конференции: в 3 частях, Оренбург, 08–09 ноября 2023 года. – Оренбург: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 44–47.
2. Гулько Н. М., Калужина А. И., Иванова А. П. Функциональность органического стекла как альтернатива силикатного // Наука, образование, транспорт: актуальные вопросы, приоритеты, векторы взаимодействия : Материалы II Международной научно-методической конференции: в 3 частях, Оренбург, 08–09 ноября 2023 года. – Оренбург: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 47–51.
3. Моделирование притока тепла от солнечной радиации через решетчатые 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>.
4. Оденбах И. А., Закируллин Р. С. Оптимизация естественного освещения и инсоляции зданий с криволинейными фасадами // Academia. Архитектура и строительство. – 2021. – № 2. – С. 111–116. – <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2021-2-111-116>.
5. Табунщиков Ю. А. Окно как интеллектуальный элемент конструкции здания // Энергосбережение. – 2008. – № 2. – С. 16–21.
6. Yan X., Chang Y., Qian X. (2020) The Properties of an Aluminum/UV-Curable, Infrared, Low-Emissivity Coating Modified by Nano-Silica Slurry. *Coatings*. Vol. 10(4). pp. 382. – <http://dx.doi.org/10.3390/coatings10040382>.
7. Zakirullin R. S. et al. (2024). Double-grating optical filter for smart windows. *Third International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-III 2023), Dushanbe*. Vol. 13065. Washington: SPIE-SOC PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS, 2024. pp. 130651B. –<https://doi.org/10.1117/12.3024912>.

Статья поступила в редакцию: 24.05.2024; принята в печать: 03.09.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.