

**FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE**



Co-funded by  
the European Union

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE**

on the topic

**“STAFF TRAINING IN SOLAR ENERGY: TECHNOLOGIES,  
METHODS AND INSTRUMENTS”**

**PROGRAM**



**Development of the targeted Educational program for Bachelors in  
Solar Energy in Uzbekistan**

**101128871 — DEBSEUz — ERASMUS-EDU-2023-CBHE**

**September 20-21, 2024 year**

**Fergana**

Dear participants of the conference, dear guests, colleagues and partners!

I am glad to welcome all of you here at the conference organized as part of our joint project under the auspices of the Erasmus+ program. Our Institute is honored to host you in this significant event, which is dedicated to the development of a targeted educational program for bachelors in the field of solar energy in Uzbekistan.

The project, which we are implementing jointly with universities in Uzbekistan, Portugal, Spain and Italy, opens up great opportunities for us. In an era when sustainable development and renewable energy sources are becoming critically important for the future of our region and the world, we are aware of the responsibility and importance of our work.

The goals of the Erasmus+ program coincide with our ambitions. We strive to expand international cooperation, introduce advanced technologies and teaching methods that will allow our students and future specialists in the field of solar energy to receive high-quality education and training that meet international standards.

Our conference today is not only an opportunity to discuss scientific achievements and innovations, but also a platform for strengthening international partnership, sharing experience and knowledge that will contribute to the development of the renewable energy industry in Uzbekistan.

I would like to thank our foreign partners for their active participation in the project and for the invaluable assistance they provide in training new specialists. This project is an example of how joint efforts can lead to the creation of a new wave of innovation and a more environmentally friendly future.

Dear colleagues, students and guests, I wish all of us productive work, successful discussions and new ideas. I am sure that our cooperation will become a powerful momentum for the development of education and science in the field of solar energy not only in Uzbekistan, but also on an international scale.

**Rector of Ferghana Polytechnic Institute Uktam Rakhimovich Salomov.**

Good morning dear rector, coordinator, and participants

I am delighted to welcome each and every one of you to this momentous occasion—the “International scientific and practical conference” on the topic “Staff training in solar energy: technologies, methods and instruments”. This conference is organized around the "Development of the Targeted Educational Program for Bachelors in Solar Energy in Uzbekistan" project.

Today marks the beginning of an inspiring journey towards fostering education and innovation in the field of solar energy in Uzbekistan.

I am thrilled to see such a diverse and talented group of individuals gathered here, all of whom share a common passion for sustainable energy and a commitment to shaping the future of education in this vital field. Our collective efforts will undoubtedly pave the way for a brighter, cleaner, and more sustainable future for Uzbekistan.

Nowadays we have experts from various domains—education, solar energy, curriculum development, and more—all working together towards a common goal. Your expertise, dedication, and innovative thinking will be crucial in shaping the educational landscape and empowering students to become leaders in the field of solar energy.

I encourage each of you to actively participate, share your insights, and contribute your unique perspectives. Together, we can make a lasting impact on the education sector and contribute significantly to the sustainable development goals of Uzbekistan.

Thank you for being a part of this important initiative. Let's work collaboratively, dream big, and make a lasting impact on the future of solar energy education in Uzbekistan.

Thank you.

**Coordinator of project DEBSEUz Halimjon Khuzhamatov.**

## **The conference discussed problematic issues in the following areas:**

- **Solar energy:**

- prospects for the technological development of solar energy in the context of a global economic recession;
- innovative solutions in the field of development of solar energy use;
- methods for assessing the carbon footprint of products and green certification.

- **Electric power and thermal stations based on solar energy:**

- modeling, simulation and forecasting of solar energy systems;
- planning, design, operation and engineering of power systems based on solar energy;
- assessment of the life cycle and technical and economic indicators of energy systems based on solar energy;

- **Training of highly qualified personnel in the field of alternative energy:**

- new technologies, methods and tools in training personnel in the field of alternative and renewable energy sources;

- synthesis of interdisciplinary knowledge in the fields of engineering, physics, chemistry and ecology in training in the field of alternative and renewable energy sources.

## **В рамках конференции обсуждены проблемные вопросы по следующим направлениям:**

- **Солнечная энергетика:**

- перспективы технологического развития солнечной энергетики в условиях рецессии мировой экономики;
- инновационные решения в области развития использования солнечной энергии;
- методы оценки углеродного следа продукции и зеленая сертификация.

- **Электроэнергетические и тепловые станции на основе солнечной энергии:**

- моделирование, симуляция и прогнозирование солнечных энергетических систем;
- планирование, проектирование, эксплуатация и инжиниринг энергосистем на основе солнечной энергетики;
- оценка жизненного цикла и технико-экономических показателей энергосистем на основе солнечной энергетики;

- **Подготовка высококвалифицированных кадров по направлению альтернативной энергетике:**

- новые технологии, методы и инструменты в подготовке кадров в области альтернативных и возобновляемых источники энергии;
- синтез междисциплинарных знаний в области инженерии, физики, химии и экологии в подготовке кадров в области альтернативных и возобновляемых источники энергии.

## **PROGRAM COMMITTEE**

**Chairman of the program committee:** Salomov Uktam Rakhimovich, Doctor of Technical Sciences Uzbekistan, Fergana Polytechnic Institute.

**Co-chairman of the program committee:** Pierluigi Leone, Turin, Italy.

**Coordinator:**

**Khuzhamatov Halimjon, Tashkent, Uzbekistan.**

**Jakhongirov Ilimdorjon, Fergana, Uzbekistan.**

**Secretary of the Conference:**

**Kuchkarov Akmaljon Akhmadalievich, PhD , Fergana Polytechnic Institute, Fergana, Uzbekistan.**

**Committee members:**

Marco Cavana, Turin, Italy.

Pacifique Koshikwinja Matabishi, Turin, Italy;

Luisa di Francesco, Turin, Italy;

Jamshid Yakhshilikov, Turin, Italy;

Angela Spiteri, Turin, Italy;

Diogo Canvarro, Evora, Portugal;

André Santos, Evora, Portugal;

Slobodan Bojanic, Madrid, Spain;

Liliana Medic, Madrid, Spain;

Aliev Khurshid Marufovich, Turin, Italy;

Avezova Nilufar Rabbanakulovna, Fergana, Uzbekistan;

Ergashev Sirojiddin Fayazovich, Fergana, Uzbekistan;

Kasimakhunova Anarkhan Mamasodikovna, Fergana, Uzbekistan;

Davlyatov Shokhrukh Muratovich, Fergana, Uzbekistan;

Yunusov Ziyodbek Alisherovich, Fergana, Uzbekistan;

Aliev Raimjon Usmonovich, Andijan, Uzbekistan;

Mirzaboev Akram Makhkamovich, Tashkent, Uzbekistan;

Reypnazarov Ernazar, Tashkent, Uzbekistan;

Imamov Erkin, Tashkent, Uzbekistan;

Yarbekov Abdurasul, Tashkent, Uzbekistan;

Mavlyanova Shakhlo, Tashkent, Uzbekistan;

Abdujalilov Zhavlonbek, Tashkent, Uzbekistan;

Berdiyev Temur, Jizzakh, Uzbekistan;

Anarboev Mukhiddin, Jizzakh, Uzbekistan;

Abdullaev Elnur, Jizzakh, Uzbekistan;

Siddikov Ilkhomjon Khakimovich, Tashkent, Uzbekistan;

Kodirov Dilshod Botirovich, Tashkent, Uzbekistan;

Izzatillaev Zhurabek Olimzhonovich, Tashkent, Uzbekistan;

Khasanov Doston Turaevich, Tashkent, Uzbekistan;

Ismailov Kanatbay Abdreymovich, Karakalpakstan, Uzbekistan;

Reimov Kamal Mambetkarimovich, Karakalpakstan, Uzbekistan;

Kamalov Khairatdin Usnatdinovich, Karakalpakstan, Uzbekistan;

Muydinov Dilshod Najmiddinovich, Tashkent, Uzbekistan;

Tokhirov Muhammadrafik Kadirovich, Fergana, Uzbekistan;

Uzbekov Mirsoli Odiljonovich, Fergana, Uzbekistan;

Ismoilov Nodirbek, Fergana, Uzbekistan.

## SECTION №1.

Solar energy:

- prospects for the technological development of solar energy in the context of a global economic recession;
- innovative solutions in the field of development of solar energy use;
- methods for assessing the carbon footprint of products and green certification.

## СЕКЦИЯ №1.

Солнечная энергетика:

- перспективы технологического развития солнечной энергетика в условиях рецессии мировой экономики;
- инновационные решения в области развития использования солнечной энергии;
- методы оценки углеродного следа продукции и зеленая сертификация.



# МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ТРЕХСЛОЙНЫЕ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ

Авезова Нилуфар Раббанакуловна<sup>1,4</sup>, Рахимов Эргашали Юлдашевич<sup>1,2</sup>,

Вохидов Акмал Улашевич<sup>3</sup>, Дехконова Махлиёхон Хусниддин кизи<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Ферганский политехнический институт*

<sup>2</sup>*Национального научно-исследовательского института возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики.*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский университет “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”*

<sup>4</sup>*Физико-технический институт Академии наук Республики*

*Узбекистан*

[dxmaxliyo@mail.ru](mailto:dxmaxliyo@mail.ru)

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены определения показателей тепловых потерь через трехслойные энергоактивные оконные блоки жилых зданий. Анализ показателей тепловых потерь с поверхности трехслойных энергоактивных оконных блоков проводится на основе данных о поступающей солнечной радиации на поверхность их светопрозрачных ограждений, что в свою очередь позволит определить уровень эффективности применения энергоактивных оконных блоков в пассивных домах в конкретном регионе республики.

**Введение.** В последние десятилетия большое внимание уделяется применению трехслойных оконных блоков, в которых используются стёкла со специальными покрытиями [1]. Такие стёкла с низкоэмиссионными покрытиями имеют низкую излучательную способность, что и обеспечивает высокие теплозащитные свойства стеклопакетов с их применением [2,3].

Современные виды трехслойных оконных блоков обладают широким диапазоном характеристик пропускания, отражения и поглощения солнечной энергии. Обоснованный выбор модели стеклопакета позволяет значительно повлиять на расчётные значения теплопритоков, что особенно

важно при проектировании систем комфортного кондиционирования жилых и общественных зданий [4]. Влияние снижения светопропускания энергосберегающими стеклами на естественное освещение зданий рассмотрено в [5,6]. Применяемые в энергосберегающих трехслойная оконные блоки покрытием обеспечивают снижение теплопотерь, но могут также снижать теплопоступления в помещение от солнечной радиации [7–9].

Р.Р. Авезов под руководством провел значительные исследования, посвященные повышению эффективности пассивных систем солнечного отопления с использованием трехслойных светопрозрачных энергоактивных ограждений. В работах особое внимание уделено влиянию частично лучепоглощающей пленки, нанесенной на внутреннюю поверхность таких ограждений, на тепловые потери и температурный режим помещений. Было разработано несколько моделей стационарного и нестационарного теплового режима помещений, которые отапливаются с помощью этих инсоляционных систем. Эти исследования показали, что правильно спроектированная трехслойная система может значительно снизить тепловые потери и повысить энергоэффективность зданий, особенно в условиях климатических особенностей Узбекистана [10-28].

В данной статье рассматриваются и рассчитываются теплопотери через трёхслойное светопрозрачное ограждение, предложенное Р.Р. Авезовым и его командой, с применением их методики для всех климатических зон Узбекистана. Предложенный метод переходит в комплексный расчёт, охватывающий всю территорию страны, с использованием многолетних климатических данных, таких как среднечасовые температуры за январь и июль на основе данных ERA5 за период 2000-2023 годов. Отличительной особенностью данного подхода является то, что результаты расчётов представлены в виде карт, показывающих распределение тепловых потерь по регионам Узбекистана. Это позволяет более эффективно применять данное трёхслойное энергоэффективное светопрозрачное ограждение и

методику в различных климатических условиях страны, обеспечивая оптимизацию энергозатрат в зависимости от региональной специфики.

### **Методы и материалы.**

Для проведения данного исследования по определению тепловой эффективности многослойных светопрозрачных ограждений в условиях Узбекистана для отопительного и охлаждающего периода были использованы климатические данные, охватывающие период с 2000 по 2023 годы, полученные из среднечасовых данных базы ERA5-Land. ERA5-Land — это глобальный набор данных повторного анализа с регулярной широтой-долготой в качестве проекции. Он предоставляет сеточные данные с высоким горизонтальным разрешением  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  (родное разрешение составляет 9 км). Набор данных охватывает временной период с января 1950 года по настоящее время и предоставляет данные с почасовым временным разрешением. Данные доступны в формате GRIB и обновляются ежемесячно с задержкой около трех месяцев относительно текущей даты [29]. ERA5-Land предоставляет данные о температуре, которые, согласно литературным источникам [30, 31], хорошо согласуются с данными наземных наблюдений в Узбекистане. В рамках данного исследования были проведены следующие анализы:

**1.1. Максимальные температуры по месяцам:** Проведен анализ данных о максимальных температурах ОС по месяцам за период с 2000 по 2023 годы, на основе которых составлены карты, показывающие пространственное распределение максимальных температур по регионам республики в каждый месяц года. Эти карты позволяют оценить наиболее экстремальные температурные условия, которые необходимо учитывать при проектировании ЭОБ для эффективного снижения тепловой нагрузки в зданиях.

**1.2. Минимальные температуры по месяцам:** Изучены минимальные температуры ОС по месяцам за период с 2000 по 2023 годы, на основании

которых созданы карты, иллюстрирующие распределение минимальных температур по различным регионам республики в каждый месяц года. Эти данные необходимы для понимания сезонных колебаний температуры и для разработки оконных систем, обеспечивающих эффективную изоляцию и минимизацию теплопотерь в холодные периоды года.

**Расчет тепловых потерь (теплопоступление):** Для определения тепловых потерь через светопрозрачные ограждения зданий были проведены расчеты с учетом ключевых исходных данных, таких как температура внутреннего воздуха, наружная температура, скорость ветра, а также конструктивные параметры оконных систем. Эти параметры являются основополагающими для анализа теплопоступления и теплопотерь, поскольку они влияют на энергетическую эффективность зданий в условиях как отопительного, так и охлаждающего периодов. Расчеты позволяют не только количественно оценить потери тепла через оконные конструкции, но и выявить основные факторы, влияющие на эти потери. На основе полученных данных можно предложить методы оптимизации теплопоступления, что в дальнейшем способствует улучшению энергоэффективности зданий и снижению затрат на их отопление и охлаждение.

***Этапы расчёта:***

*1. Термическое сопротивление воздушной прослойки ( $R_{\text{ПР}}$ )*

Эквивалентный коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{\text{эк}} = \varepsilon_{\text{к}} \cdot \lambda_{\text{в}} \quad (1)$$

где:  $\lambda_{\text{в}}$  — коэффициент теплопроводности воздуха;  $\varepsilon_{\text{к}}$  — коэффициент конвекции, зависящий от произведения числа Грасгофа ( $Gr$ ) и числа Прандтля ( $Pr$ ).

Число Грасгофа ( $Gr$ ):

$$Gr = \frac{\beta_{\text{в}} \delta^3 g \Delta t}{\nu_{\text{в}}^2}, \quad (2)$$

где:  $\beta_B$  — коэффициент объёмного расширения воздуха ( $\beta_B = \frac{1}{t_{cp}+273}$ );  $\delta$  — толщина воздушной прослойки;  $g$  — ускорение свободного падения ( $9.81\text{м/с}^2$ );  $\Delta t$  — разность температур внутри и снаружи;  $\nu_B$  — кинематическая вязкость воздуха.

Коэффициент конвекции ( $\varepsilon_K$ ):

$$\varepsilon_K = 0,18(Gr \cdot Pr)^{0,25}. \quad (3)$$

Термическое сопротивление воздушной прослойки:

$$R_{\text{ПП}} = \frac{\delta}{\lambda_{\text{ЭК}}}. \quad (4)$$

### 2. Термическое сопротивление внутренней поверхности ( $R_{\text{ВН}}$ )

Теплопередача через внутреннюю поверхность окна обусловлена естественной конвекцией внутри помещения:

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности:

$$\alpha_{\text{К.ВН}} = \frac{\lambda_B}{l} \cdot 0,15 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,33}, \quad (5)$$

где  $l$  — высота окна.

Термическое сопротивление внутренней поверхности:

$$R_{\text{ВН}} = \frac{1}{\alpha_{\text{К.ВН}}} \quad (6)$$

### 3. Термическое сопротивление наружной поверхности ( $R_{\text{НАР}}$ )

На наружной поверхности окна тепло передаётся посредством конвекции и излучения.

Коэффициент теплоотдачи (конвекция):

$$\alpha_{\text{К.НАР}} = \frac{\lambda_B}{l} \cdot 0,032(Re)^{0,8} \quad (7)$$

где  $Re = \frac{\omega \cdot l}{\nu_B}$  — число Рейнольдса, зависящее от скорости ветра.  $\omega$

скорость ветра;  $\nu_B$  — коэффициент кинематической вязкости воздуха.

Коэффициент теплоотдачи (излучение):

$$\alpha_{\text{Л.НАР}} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot \frac{\left(\frac{273+t_{\text{НАР.П}}}{100}\right)^4 - \left(\frac{273+t_{\text{НАР}}}{100}\right)^4}{t_{\text{НАР.П}} - t_{\text{НАР}}} \quad (8)$$

где  $\sigma$  — постоянная Стефана-Больцмана,  $\varepsilon$  — коэффициент излучения.

Термическое сопротивление наружной поверхности:

$$R_{\text{НАР}} = \frac{1}{\alpha_{\text{НАР}}} \quad (9)$$

где  $\alpha_{\text{НАР}} = \alpha_{\text{К,НАР}} + \alpha_{\text{Л,НАР}}$ .

#### 4. Общее термическое сопротивление ( $R$ )

Суммарное термическое сопротивление:  $R = R_{\text{ВН}} + R_{\text{ПР}} + R_{\text{НАР}}$

#### 5. Расчёт теплопотерь ( $Q_{\text{ОК}}$ )

Теплопотери через окно рассчитываются по следующей формуле [13]:

$$Q_{\text{ОК}} = F_{\text{ОК}} \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t_{\text{НАР}}}{R} \cdot n \cdot (1 + \beta) \quad (10)$$

где:  $F_{\text{ОК}}$  — площадь окна ( $1 \text{ м}^2$ ),  $t_{\text{ВН}}$  — температура в помещении ( $22^\circ\text{C}$ ),  $t_{\text{НАР}}$  — температура наружного воздуха,  $R$  — суммарное термическое сопротивление.  $N$  — коэффициент использования (1),  $\beta$  — поправочный коэффициент (0.1).

#### 6. Оценка общей потери тепла за январь и июль.

После расчёта средних значений теплопотерь  $Q_{\text{ОК}}$  за каждый час января (июля), можно оценить общую потерю тепла за месяц:

$$Q_{\text{Об}} = Q_{\text{ОК}} \times n \quad (11)$$

где  $n$  — общее количество часов в январе и июле (744 часа).

*Исходные параметры для расчета:* Температура в внутри помещения ( $T_{\text{ВН}}$ )-  $20^\circ\text{C}$ , температура наружного воздуха ( $T_{\text{НАР}}$ ) принимается как средняя температура за январь (июль) по данным ERA5, толщина воздушной прослойки ( $\delta$ )-  $0.08 \text{ м}$ , высота окна ( $l$ )-  $1.2 \text{ м}$ , скорость ветра ( $\omega$ ) принимается как средняя скорость за январь (июль) по данным ERA5, коэффициент излучения ( $\varepsilon_{\text{ВП}}$ )-  $0.93$ , площадь окна ( $F_{\text{ОК}}$ )-  $1 \text{ м}^2$ , коэффициент использования ( $N$ ): 1, поправочный коэффициент ( $\beta$ ): 0.1.

### Результаты и обсуждение.

Учитывая, что одним из доминирующих факторов при определении тепловой эффективности СПО ЭОБ является температура ОС, авторами изучена динамика изменения среднемесячных максимальных и

минимальных температур по регионам Узбекистана за период 2000-2003 гг.  
(Рис.1, Рис.2).

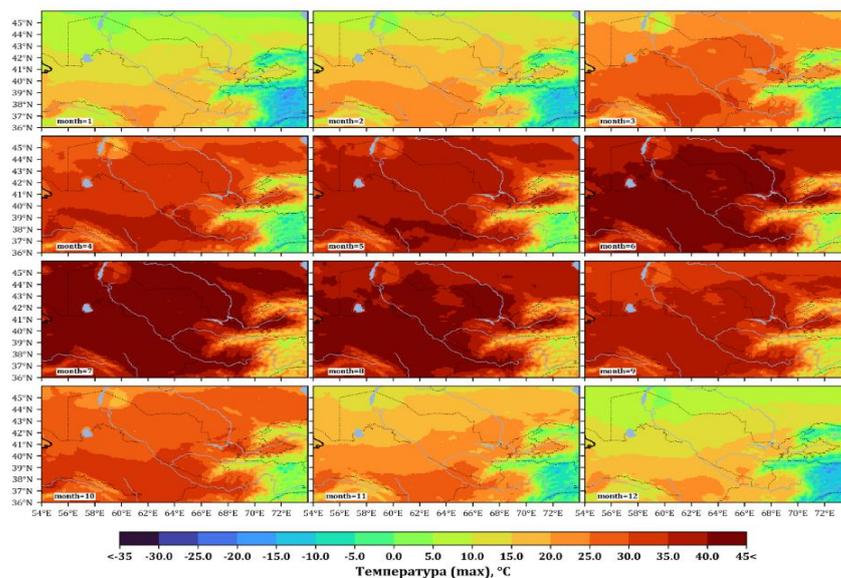


Рис. 1. Карта распределения среднемесячных максимальных температур по регионам Узбекистана за период с 2000 по 2023 годы.

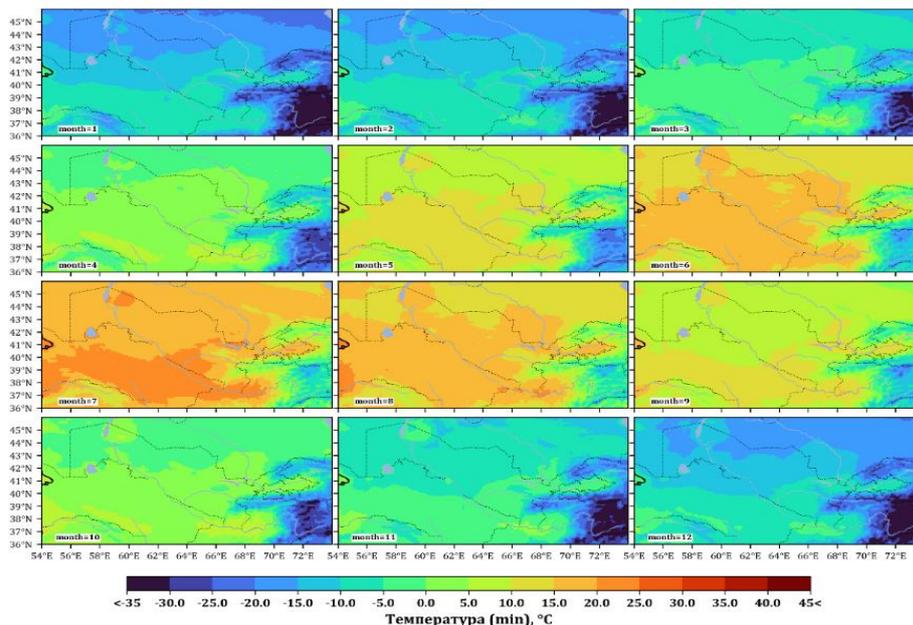


Рис. 2. Карта распределения среднемесячных минимальных температур по регионам Узбекистана за период с 2000 по 2023 годы.

Как видно из Рис.1, в летние месяцы (с мая по сентябрь) максимальные температуры в большинстве регионов Узбекистана и сопредельных территорий превышают  $35^{\circ}\text{C}$ . В весенние и осенние месяцы (март, апрель,

октябрь, ноябрь) наблюдается постепенное снижение максимальных температур, а в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) они достигают минимальных значений. Эта тенденция указывает на то, что в южных и центральных регионах республики летом фиксируются экстремально высокие температуры, что усиливает потребность в системах охлаждения и подчеркивает необходимость повышения энергоэффективности зданий.

Как видно из Рис. 2, значения минимальной температуры по месяцам в регионах Узбекистана и сопредельных территориях значительно расходятся. В зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) температуры опускаются до минимальных значений, особенно в северных и восточных регионах, где наблюдаются экстремально низкие температуры, ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ . Весной и осенью (март, апрель, октябрь, ноябрь) минимальные температуры постепенно повышаются, а в летние месяцы (июнь, июль, август) достигают своего максимума, в среднем находясь в диапазоне от  $15^{\circ}\text{C}$  до  $25^{\circ}\text{C}$ . Эти данные подчеркивают необходимость учета сезонных колебаний температуры при проектировании зданий, особенно для обеспечения их адекватной теплоизоляции в холодный период.

На рис. 3, карта отображает потери тепла через окно площадью  $1\text{ м}^2$  в различных регионах Узбекистана в январе, рассчитанные на основе средних минимальных температур за период 2000-2023 гг. В расчётах использовалась многолетняя средняя скорость ветра за январь.

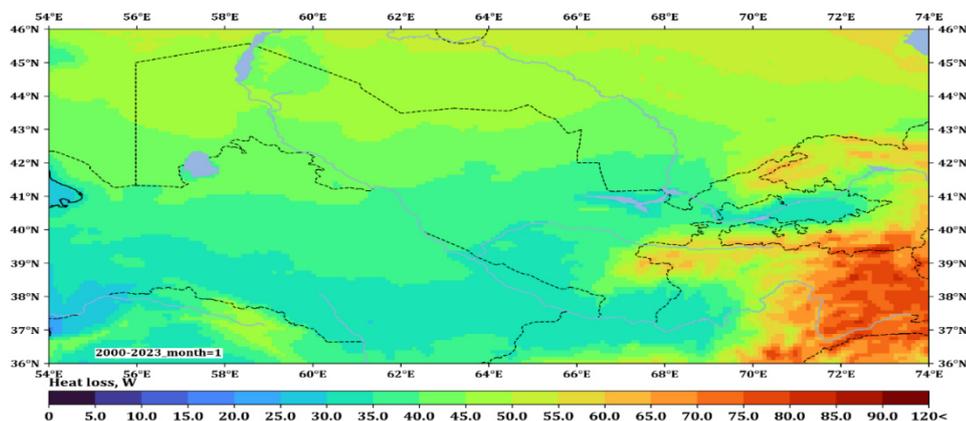


Рис. 3. Теплотери через окно площадью  $1\text{ м}^2$  в январе на основе средних минимальных температур за период 2000-2023 годов.

*Климатические особенности:* На востоке Узбекистана, где преобладают горные районы, можно заметить более высокие потери тепла, что связано с более холодными зимами в этих регионах. Центральные и южные районы, как правило, теряют меньше тепла, так как зимние температуры здесь менее суровы.

*Практическое применение:* Карта помогает оценить, в каких регионах Узбекистана окна требуют более эффективной теплоизоляции, чтобы минимизировать потери тепла в зимний период. Информация может использоваться для планирования энергосберегающих мер и выбора наиболее подходящих строительных материалов для различных климатических зон.

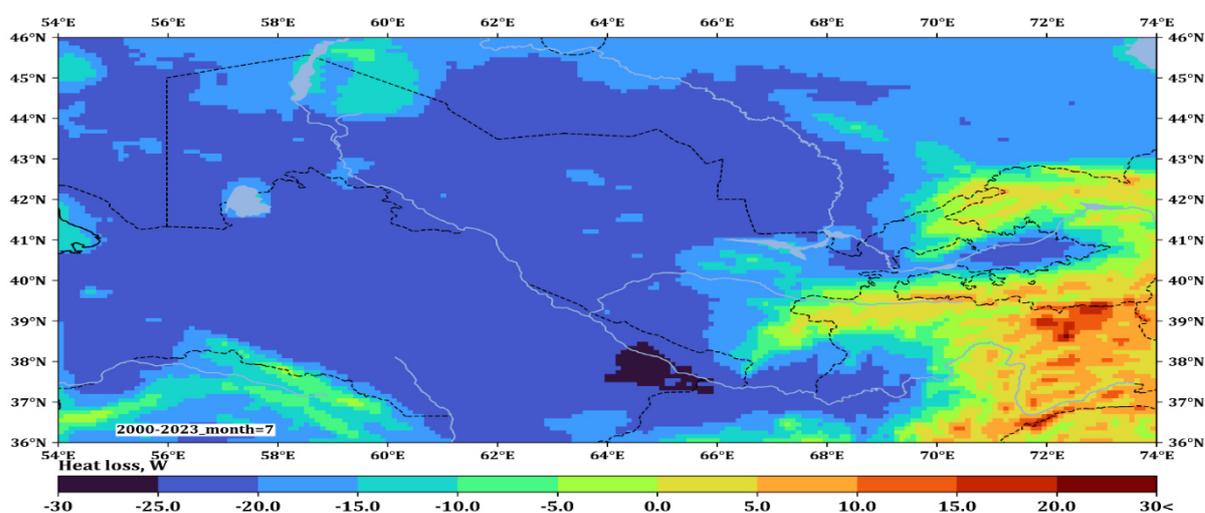


Рис. 4. Распределение возможных тепловых потоков через трёхслойное энергосберегающее окно в июле при максимальных температурах (по данным 2000-2023 годов).

Карта Рис. 4. иллюстрирует возможные тепловые потоки через предложенную трёхслойную энергоэффективную оконную конструкцию в различных регионах Узбекистана в июле, основываясь на данных о средних многолетних максимальных температурах и скорости ветра за 2000-2023 годы. Теплофизические характеристики окна играют ключевую роль в регулировании этих потоков.

*Теплопотери и теплопоступление через окно.* Отрицательные значения (от желто-зеленых до фиолетовых оттенков) на карте показывают количество тепла, которое может поступить в помещение через энергосберегающее окно при поддержании внутренней температуры на уровне 22°C. Эти значения отражают эффективность окна в условиях, когда наружная температура значительно превышает внутреннюю. Благодаря предложенной конструкции, окно будет препятствовать проникновению лишнего тепла в помещение, что снижает нагрузку на системы охлаждения и сокращает энергопотребление для кондиционирования.

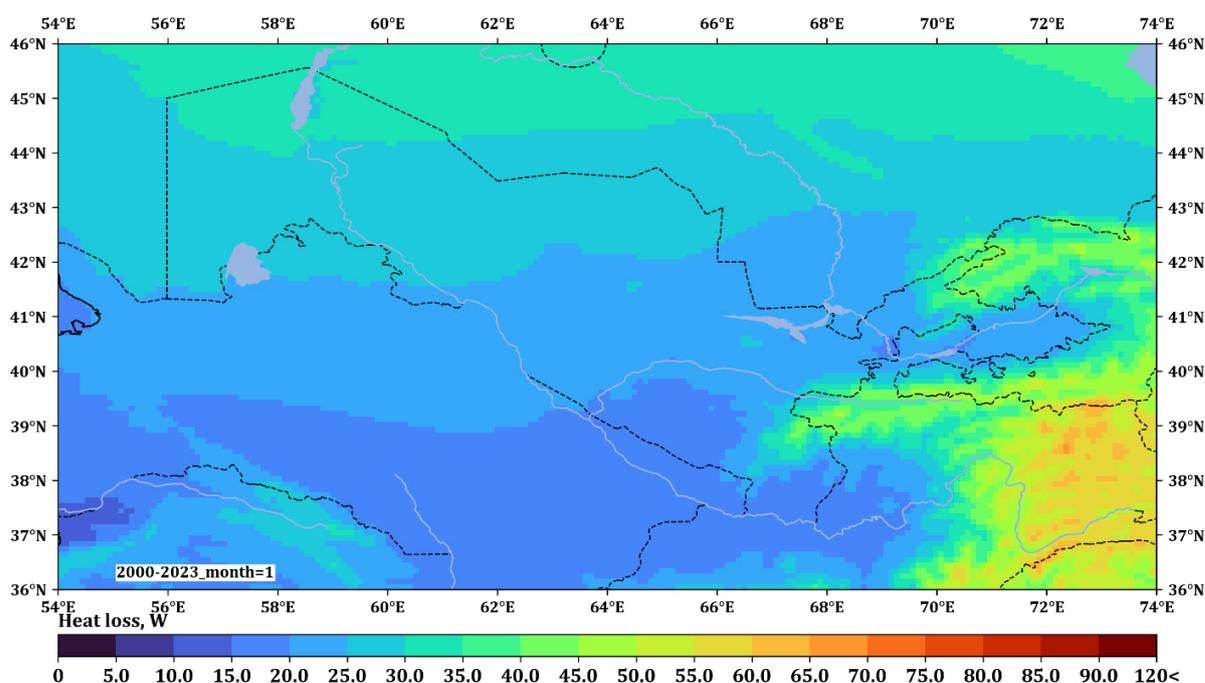


Рис. 5. Среднечасовые значения теплопотерь за январь на 1 м<sup>2</sup> окна в Узбекистане по данным среднечасовых значений температуры за 2000-2023 годы.

Как видно на Рис. 5, карта показывает средние потери тепла через окно площадью 1 м<sup>2</sup> в Узбекистане в январе на основе данных за 2000-2023 гг. Потери тепла указаны в Вт и рассчитывались с учётом средних многолетних часовых значений температуры воздуха и скорости ветра в январе.

Январь месяц состоит из 31 дня, что составляет 744 часа. Умножив средние часовые потери тепла на 744 часа, можно рассчитать общие потери энергии за январь.

Общая потеря тепла за январь в разных зонах:

1. Зона с потерями тепла 20 Вт (синие оттенки): 14.88 кВт·ч;
2. Зона с потерями тепла 25 Вт (зелёные оттенки): 18.6 кВт·ч;
3. Зона с потерями тепла 30 Вт (светло-зелёные оттенки): 22.32 кВт·ч.

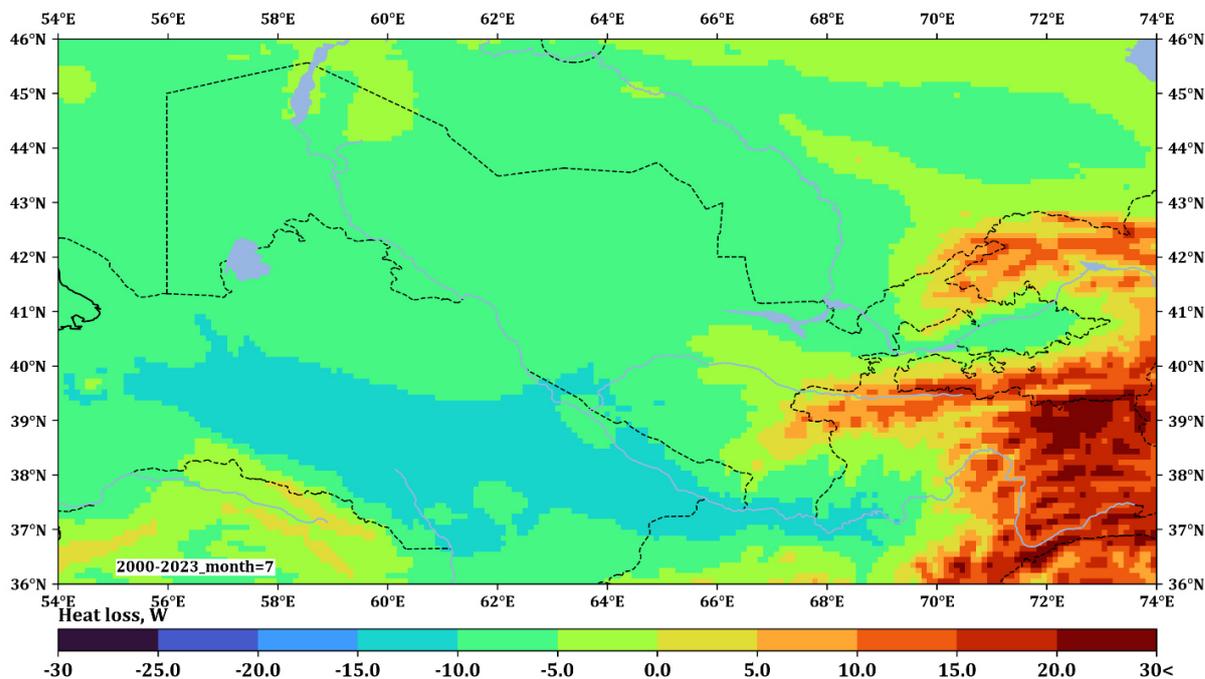


Рис. 6. Среднечасовые значения теплопоступления за июль через окно 1 м<sup>2</sup> в Узбекистане по данным среднечасовых значений температур за 2000-2023 годы.

Как видно на Рис. 6, карта отображает распределение тепловых потоков через окна площадью 1 м<sup>2</sup> в Узбекистане в июле. Данные представлены на основе средних многолетних значений среднечасовых температур, а также среднемесячной скорости ветра.

Июль месяц тоже состоит из 31 дня, что составляет 744 часа. Умножив средние часовые теплопоступления на 744 часа, можно рассчитать общие затраты энергии для поддержания температуры в комнате за июль.

Общая теплопоступления за июль в разных зонах:

1. Зона с теплоступлением -15 Вт (синие оттенки): в этих регионах окна приводят к теплоступлению до 11.16 кВт·ч т через каждый квадратный метр в течение июля;

2. Зона с теплоступлением -10 Вт (голубые оттенки): 7.44 кВт·ч;

3. Зона с теплоступлением -5 Вт (зелёные оттенки): 3.72 кВт·ч.

**Заключение.** Проведённый анализ теплотерь и теплоступлений через трёхслойное энергосберегающее окно в различных климатических условиях Узбекистана за январь и июль на основе данных за 2000-2023 годы, а также данных о среднемноголетних максимальных и минимальных температурах, даёт важные выводы для оценки его эффективности в течение всего года.

*Эффективность окна в холодный период (октябрь - март).* В январе и феврале, когда минимальные температуры в восточных и горных регионах Узбекистана могут опускаться ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , актуальность энергосберегающих окон особенно высока. В эти месяцы наружная температура значительно ниже внутренней, и теплотери через окна становятся критичным фактором. Предложенное трёхслойное окно благодаря своим теплоизолирующим свойствам значительно снижает теплотери, что позволяет поддерживать комфортную температуру в помещении и снижать затраты на отопление. Наиболее выраженный эффект достигается в регионах с экстремально низкими зимними температурами, таких как восточные области и горные районы Узбекистана. В условиях зимнего периода окно обеспечивает существенную экономию энергоресурсов, что особенно важно в районах с суровым климатом.

*Эффективность окна в тёплый период (апрель - сентябрь).* В летние месяцы, особенно в июле и августе, максимальные температуры в Узбекистане могут превышать  $45^{\circ}\text{C}$ . В это время основная задача окон — предотвращение поступления избыточного тепла внутрь помещений, чтобы избежать перегрева и снизить нагрузку на системы кондиционирования. Трёхслойная оконная конструкция эффективно блокирует поступление

солнечного тепла и горячего воздуха снаружи, снижая тем самым энергозатраты на охлаждение помещений. Это особенно важно для центральных и южных регионов страны, а также для Ферганской долины, где летом температура достигает своих пиковых значений. В условиях летнего периода окно помогает поддерживать стабильную и комфортную температуру внутри зданий, что позволяет минимизировать расходы на кондиционирование.

*Теплопотери в январе (Рис. 3 и Рис. 5).* В январе наиболее выраженные теплопотери наблюдаются в восточных и горных регионах Узбекистана, где зимние температуры особенно низкие. Эти зоны характеризуются значительными потерями тепла через окна, что увеличивает нагрузку на системы отопления.

В центральных и южных частях страны, где зимние температуры умеренные, теплопотери через окна менее значительные, но использование трёхслойного окна всё равно способствует сохранению тепла внутри помещений.

Научное значение этих результатов заключается в подтверждении того, что трёхслойное окно эффективно снижает теплопотери в холодных климатических условиях, что позволяет минимизировать энергетические затраты на поддержание комфортной температуры внутри помещений в зимний период.

*Теплопоступления в июле (Рис. 4 и Рис. 6).* В июле, когда наружная температура достигает максимальных значений, трёхслойное энергосберегающее окно демонстрирует высокую эффективность в предотвращении перегрева помещений. В зонах теплопоступления (с отрицательными значениями, особенно в центральных и юго-восточных регионах) окно блокирует значительное количество тепла, что уменьшает нагрузку на системы кондиционирования.

В местах, несмотря на то что наружная температура может быть ниже внутренней (например, ночью), окно эффективно удерживает тепло внутри

помещения, что особенно важно для поддержания стабильного микроклимата в ночное время.

Эти данные показывают, что в условиях экстремально высоких температур, характерных для Узбекистана в летний период, предложенная оконная конструкция способствует значительному снижению энергозатрат на охлаждение и поддержание комфортного микроклимата внутри помещений.

*Энергетическая эффективность в течение года.* Совокупный анализ максимальных и минимальных температур: Как показали данные, в летний период окна защищают помещения от избыточного тепла, а в зимний период — от утечек тепла. Это делает предложенную конструкцию особенно эффективной в условиях контрастного климата Узбекистана, где разница между зимними и летними температурами может быть значительной.

*Практическое значение:* Карты, представленные на Рис. 3, Рис. 4, Рис. 5 и Рис. 6, могут быть использованы для планирования энергосберегающих мер в строительстве, выбора оптимальных конструкций и материалов для окон, а также для прогнозирования энергопотребления в жилых и коммерческих зданиях. Внедрение таких трёхслойных оконных решений будет способствовать общему снижению энергозатрат, улучшению комфорта проживания и повышению энергоэффективности зданий как в зимний, так и в летний периоды, также её использование может существенно повлиять на энергосбережение в строительстве и эксплуатации зданий в различных климатических условиях.

### **Список литературы**

1. В.Г. Гагарин, Е.В. Коркина, И.А. Шмаров. "Теплопоступления и теплопотери через стеклопакеты с повышенными теплозащитными свойствами" Архитектура и строительство, №. 2, 2017, -С. 106-110.

2. Савин, В.К. Архитектура и энергоэффективность окна / В.К. Савин, Н.В. Савина // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 124–130.
3. Савин, В.К. Энергоэффективная конструкция оконного блока с проветривателем / В.К. Савин, В.К. Рыбкин // Жилищное строительство. – 2016. – № 1–2. – С. 15–18.
4. В. А. Волков, А. В. Герасимов, А. Я. Шелгинский. Методика расчёта теплопоступлений через остекления с заданными характеристиками пропускания солнечной энергии / Журнал С.О.К. № 12, 2023, -С. 32-40
5. Земцов, В.А. Расчётно-экспериментальный метод определения общего коэффициента пропускания света оконными блоками / В.А. Земцов, Е.В. Гагарина // Архитектура и строительство. – 2010. – № 3. – С. 472–476.
6. Коркина, Е.В. Комплексное сравнение оконных блоков по светотехническим и теплотехническим параметрам / Е.В. Коркина // Жилищное строительство. – 2015. – № 6. – С. 60–62.
7. Куприянов, В.Н. Натурные исследования энергетических параметров инсоляции жилых помещений / В.Н. Куприянов, Ф.Р. Халикова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 4. – С. 139–147.
8. Чжао Цзиньлин. Влияние региональных различий на проектирование здания в холодной зоне в КНР / Чжао Цзиньлин, Ли Цзе, Люй Ляньи // Жилищное строительство. – 2016. – № 7. – С. 38–42.
9. Соловьёв, А.К. Влияния характеристик светопрёма на энергопотребление офисного здания в климатической зоне с жарким летом и холодной зимой в Китае / А.К. Соловьёв, Сунь Ифэн // Вестник МГСУ. – 2012. – № 9. – С. 31–38.
10. Р.Р. Аvezов, Н.Р. Аvezова Влияние коэффициента ослабления солнечного излучения светопрозрачных ограждений на тепловые потери через них. Гелиотехника-2012г.,№2, 34-46 стр.

11. Н.Р.Авезова, Р.Р.Авезов, К.А.Самиев «Моделирование стационарного теплового режима помещения, отапливаемого инсоляционной пассивной системой с трехслойным светопрозрачным ограждением, содержащим частично лучепоглощающее пленочное покрытие на внутренней поверхности»// Гелиотехника -2014г., №1, -С.38 - 44 стр.

12. Н.Р.Авезова, Р.Р.Авезов, Ю.К.Рашидов, К.А.Самиев «Моделирование нестационарного теплового режима помещений с инсоляционной пассивной системой отопления с трехслойными светопрозрачным ограждением» // Гелиотехника -2014г., №3-С.61 -66 стр.

13. Н.Р.Авезова, Р.Р.Авезов, Ю.К.Рашидов “Методика и расчета месячного хода коэффициента замещение тепловой нагрузки инсоляционных пассивных систем с трехслойным светопрозрачным ограждением, содержащим частично лучепоглощающее пленочное покрытие на внутренней поверхности»// Гелиотехника -2014г., №4 (принято в печать)

14. Н.Р. Авезова, Ж.З.Ахадов, А.А.Абдумуминов “Многофункциональные и энергоэффективные оконный блоки для систем зимнего отопления помещений в климатических условиях республики Узбекистан”// Экологический вестник-2014, №5, (принята в печать).

15. Н.Р. Авезова, Р.Р. Авезов. Оптические характеристики сопряженного с частично лучепоглощающей ламинатной пленкой слоя энергоактивных светопрозрачных ограждений инсоляционных систем отопления //Гелиотехника. 2015. №4. –С. 61-64.

16. Р.Р.Авезов, Н.Р.Авезова, М.А.Куралов, Д.У. Абдухамидов. Некоторые результаты исследований теплового режима зданий с инсоляционной системой отопления с энергоактивными светопрозрачными ограждениями//Журнал С.О.К. (Сантехника Отопление Кондиционирование) подано

17. Р.Р.Авезов, Н.Р.Авезова, М.Абдухамидов, Ф.Ш.Касимов. Зависимость коэффициента замещения топлива инсоляционных систем отопления от удельной тепловой характеристики помещений//Журнал С.О.К. (Сантехника Отопление Кондиционирование) подано

18. Р.Р.Авезов, Н.Р.Авезова, М.А.Куралов, Д.У.Абдухамидов. Температурный режим воздушной среды помещений с инсоляционной пассивной системой отопления с трехслойными энергоактивными светопрозрачными ограждениями//Вестник ВИЭСХ, Россия, г. Москва. 5/2016

19. Н.Р.Авезова. Инсоляционные системы солнечного отопления с трехслойным энергоактивным светопрозрачным ограждением //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE) –(топширилган) Республика илмий журналларида – 1:

20. Р.Р.Авезов, Н.Р.Авезова, М.А.Куралов, М.Абдухамидов. Годовой ход коэффициента замещения тепловой нагрузки на отопление инсоляционных систем с трехслойным энергоактивным светопрозрачным ограждением//ж.Проблемы энерго- и ресурсосбережения . г.Ташкент. №3/2016г.

21. Авезов Р.Р. Влияние условий теплообмена на температурные режимы и теплопередачи частично лучепоглощающего слоя сложного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления //Гелиотехника. 2004. №4. С.32-38.

22. Авезов Р.Р. Влияние коэффициента лучепоглощения на температурный режим частично лучепоглощающего слоя сложных светопрозрачных ограждений инсоляционных пассивных систем солнечного отопления //Гелиотехника. 2005.№2. С.31-39

23. Авезова Н.Р., Самиев К.А. Влияние толщины и коэффициента ослабления на температурный режим частично лучепоглощающего слоя сложных светопрозрачных ограждений инсоляционных пассивных систем солнечного отопления //Гелиотехника. 2005.№3. С. 59-66.

24. Авезова Н.Р., Самиев К.А. Тепловая оптимизация оптической толщины частично лучепоглощающего слоя светопрозрачных ограждений инсоляционных пассивных систем солнечного отопления //Гелиотехника. 2005.№4. С.45-49.

25. Авезов Р.Р., Самиев К.А. Тепловая эффективность сложного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления с частично лучепоглощающим слоем //Гелиотехника. 2006.№2. С.60-66.

26. Авезов Р.Р., Самиев К.А. Методика расчета оптических характеристик двух - и трехслойного светопрозрачных ограждений инсоляционных пассивных систем солнечного отопления //Гелиотехника. 2006.№3. С.71-78

27. Авезов Р.Р., Самиев К.А. Влияние места размещения частично лучепоглощающего слоя на оптические и теплотехнические характеристик трехслойного светопрозрачного ограждения инсоляционных пассивных систем солнечного отопления // Гелиотехника. 2006.№4. С.19-25.

28. К. А. Самиев. “Повышение эффективности сложных светопрозрачных ограждений с частично лучепоглощающим слоем инсоляционных пассивных систем солнечного отопления” / Диссертационная работа. УДК 662.997÷621.472. Ташкент – 2010.

29. ERA5-Land hourly data from 1950 to present. <https://cds-beta.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-land?tab=overview>.

30. Рахимов Э.Ю., Омонов Б.Ю., Холматжонов Б.М., Абдыкулов Ф.И. Возможности использования данных о температуре воздуха баз NASA POWER и ERA5 в Узбекистане// Научный журнал “Гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды”, №3, 2023, с. 8-20.

31. N. Rakhmatova, M. Arushanov, L. Shardakova, B. Nishonov, R.Taryannikova, V. Rakhmatova, D.A. Belikov. Evaluation of the Perspective of ERA-Interim and ERA5 Reanalyses for Calculation of Drought Indicators for

## СОЛНЕЧНЫЙ ОБОГРЕВ ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ

Матчанов Нураддин Азадович<sup>1</sup>, Вохидов Акмал Улашевич<sup>2</sup>,

Арзиев Завкидин Джумамурод угли<sup>3</sup>

*zarziyev@mail.ru*

<sup>1</sup>АО «O‘ZBEKENERGOTA‘MIR»

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский университет "Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства"*

<sup>3</sup>*Физико-технический институт Академии наук Республики Узбекистан*

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены особенности применения солнечной энергии для обогрева плавательных бассейнов. Приведены результаты исследований эффективности и технологических достижений современных солнечных систем обогрева, а также их экологические преимущества. Описаны пассивные и активные системы солнечного обогрева бассейнов, их конструкционные элементы и принцип работы. Особое внимание уделено интеграции интеллектуальных технологий, таких как автоматизированное управление и удаленный мониторинг, которые повышают производительность и удобство использования данных систем. Также проанализированы экологические и экономические выгоды использования солнечных систем обогрева по сравнению с традиционными методами, включая сокращение выбросов углекислого газа и снижение эксплуатационных расходов.

**Введение.** В XXI веке солнечная энергия и системы на их основе стали более устойчивой системой среди экологически чистых источников энергии. Наиболее распространённых востребованных системы на основе солнечной энергии являются системы солнечного тепло и хладоснабжения,

<b>Содержание</b>	
Секция 1	
<b>Н.Р. Авезова, Э.Ю. Рахимов, А.У. Вохидов, М.Х. Дехконова.</b> Методика расчета тепловых потерь через трехслойные светопрозрачные ограждения зданий	<b>8</b>
<b>Н.А. Матчанов, А.У. Вохидов, З.Д. Арзиев.</b> Солнечный обогрев воды в плавательных бассейнах	<b>26</b>
<b>J. Yakhshilikov, M. Cavana, P. Leone.</b> Projecting power sector demand: the role of energy modeling tools	<b>35</b>
<b>R. Aliev, M. Komilov, N. Mirzaalimov, M. Usmanova.</b> Studying the effect of gold nanoparticle penetrated into a solar cell on photoelectric parameters by numerical modeling using sentaurus tcad software	<b>37</b>
<b>М.А. Аскарлов, Ф.Ф. Исаев, Э.З. Имамов, И.Т. Базаров, А.А. Мухамедов.</b> Перспективы производства солнечных элементов на основе аморфного кремния	<b>43</b>
<b>А.А. Alaev.</b> Perspectives of concentrated solar cells in electric power industry	<b>48</b>
<b>Б.Д. Мамаджанов.</b> Развитие энергетики в Германии на основе возобновляемых источников энергии	<b>58</b>
<b>Н.Ф. Зикриллаева, К.А. Исмаилов, Х.У. Камалов, З.Т. Кенжаев, Т.Б. Исмаилов, Ш.З. Олламберганов.</b> Магнитные свойства кремния, легированного примесными атомами	<b>67</b>
<b>З.Д. Арзиев.</b> Анализ современных технологий, используемых при солнечном обогреве бассейнов, и их преимущества	<b>72</b>
<b>D.D. Karimjonov.</b> Cleaning the solar panel by water pressure	<b>76</b>
<b>Р. Алиев, И. Гуломова, В. Абдуазимов.</b> Двухсторонне-чувствительные фотовольтаические гетероструктуры на основе перовскита	<b>80</b>
<b>К.М. Reymov, SH.M. Esemuratova, G.M. Esemuratova</b> Analysis of solar movement in improving solar energy efficiency	<b>87</b>
<b>К.А. Ismaylov, N.F. Zikrillaev, Z.T. Kenzhaev, Sh.Z. Ollamberganov T.B. Ismailov.</b> Technology of texture production on monocrystalline silicon wafers	<b>91</b>
<b>M.S. Paizullakhanov, O.R. Parpiev, J.Z. Shermatov, S.S. Sabirov, A.A. Xolmatov.</b> Solar energy use for a synthesis of nickel ferrite	<b>96</b>
<b>К.А. Ismaylov., Z.T.Kenjayeв. Kh.U.Kamalov.</b> The development of solar energy in Uzbekistan	<b>102</b>
<b>Р.А. Муминов, Э.З. Имамов, Х.Н. Каримов, А.Э. Имамов, М.А. Аскарлов.</b> Расчет электрических параметров контактного поля нано-гетеро-перехода	<b>106</b>
<b>J.O. Izzatillaev, I. Kh. Siddikov, D.B. Kodirov.</b> Determination of voltage drop in a photovoltaic system using etap software	<b>113</b>
<b>N.B. Abbosova.</b> Use of innovative technologies in the process of studying problems of alternative energy sources in physics lessons	<b>120</b>
<b>SH.M. Esemuratova, G.M. Esemuratova.</b> Charging public buildings in the city with solar energy	<b>125</b>