

UO'K: 620.91.1

BINOLARNING ISSIQLIK SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA PARABOLOID QUYOSH KONTSENTRATORLARIDAN FOYDALANISH

Axadov Jobir Zamirovich¹ – texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim,
ORCID: 0009-0005-9013-7573; E-mail: ahadovj@mail.ru
Kamolov Jo'rabek Jalol o'g'li² – tayanch doktorant (PhD),
ORCID: 0009-0005-3218-163X, E-mail: kamalovjurabek92@gmail.com

¹O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi huzuridagi Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent sh., O'zbekiston

²Buxoro davlat universiteti, Buxoro sh., O'zbekiston

Annotatsiya. Mazkur ishda quyosh paraboloid konsentratori va issiq pol tizimidan foydalangan holda Toshkent iqlimi uchun turar-joy binolarining solishtirma issiqlik sarfini kamaytirish imkoniyatlari o'rganildi. Ishlab chiqilgan matematik modelda paraboloid konsentratori va issiq pol tizimi birlashtirilgan bo'lib, hisoblashlar MathCAD dasturlash muhitida va Python dasturlash tillarida amalga oshirildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, paraboloid konsentratori va issiq pol tizimidan foydalanganda yillik solishtirma issiqlik iste'moli 71% gacha kamayishi mumkin, issiqlikdan himoya darajasiga qarab xarajatlarni qoplash muddati 3-7 yilni va atrof muhitga chiqariladigan issiqxona gazlarining kamayishi 3-22 kg/m² ni tashkil etadi.

Kalit so'zlar: quyosh energiyasi, matematik model, paraboloid quyosh konsentratori, issiq pol, solishtirma issiqlik sarfi, xarajatlarni qoplash muddati, atrof-muhit va iqlim ko'rsatgichlari.

УДК: 620.91.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАБОЛОИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Ахадов Жобир Замирович¹ – доктор технических наук (DSc), старший научный сотрудник
Камолов Журабек Жалол угли² – докторант (PhD)

¹Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики Республики Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан

²Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

Аннотация. В данной работе были изучены возможности снижения удельного теплопотребления жилых помещений для Ташкентского климата с использованием солнечного параболоидного концентратора и системы теплых полов. Разработанная математическая модель включала параболоидный концентратор и систему горячего пола, а вычисления выполнялись в среде программирования Mathcad и языках программирования Python. Результаты показывают, что при использовании параболоидного концентратора и системы теплых полов годовое удельное потребление тепла может быть снижено до 71%, срок окупаемости в зависимости от уровня теплозащиты составляет 3-7 лет, а сокращение выбросов парниковых газов в окружающую среду - 3-22 кг/м².

Ключевые слова: солнечная энергетика, математическая модель, параболоидный солнечный концентратор, теплый пол, удельный расход тепла, срок окупаемости, экологические и климатические показатели.

UDC: 620.91.1

USING PARABOLOID SOLAR CONCENTRATORS TO IMPROVE THE THERMAL EFFICIENCY OF BUILDINGS

Akhadov Jobir Zamirovich¹ – Doctor of Science (DSc) is a Senior Researcher
Kamolov Zhurabek Zhalol ugli² – doctoral student (PhD)

¹National Research Institute of Renewable Energy Sources under the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan Tashkent, Uzbekistan

²Bukhara State University, Bukhara city, Uzbekistan

Abstract. *In this study, the potential for reducing the specific heat consumption of residential buildings in the Tashkent climate was examined by utilizing a solar paraboloid concentrator in combination with a heated floor system. The developed mathematical model incorporated both the solar concentrator and the heated floor system, and the calculations were carried out using the Mathcad and Python programming environments. The findings indicate that the annual specific heat consumption can be decreased by up to 71% with the implementation of these systems. The payback period for the investment, depending on the level of thermal insulation, ranges from 3 to 7 years, while the reduction in greenhouse gas emissions is estimated to be between 3 and 22 kg/m².*

Key words: *solar energy, mathematical model, paraboloid solar concentrator, heated floor, specific heat consumption, payback period, environmental and climate indicators.*

Kirish

So‘nggi o‘n yilliklarda shaharlarning rivojlanishi, aholining o‘shishi va iqtisodiy rivojlanish natijasida energiya iste‘moli global miqyosda sezilarli darajada oshdi [1-3]. Markazlashtirilgan gigavatt miqyosli tizimlarga nisbatan kichik miqyosdagi qayta tiklanadigan energiya tizimlari [4] ko‘proq ommalashmoqda.

O‘zbekistonda birlamchi energiya resurslarining 40% turar-joy binolarining energiya iste‘moliga sarflanadi [5], turar-joy binolarining nisbiy issiqlik iste‘moli rivojlangan mamlakatlarga qaraganda 2-4 baravar ko‘p [6-7].

Turar-joy binolarining energiya sarfini kamaytirishning bir necha usullari mavjud [8], jumladan an‘anaviy energiya manbalarining samaradorligini oshirish va ishlab chiqarilgan issiqlikni iste‘molchiga yetkazib berishda minimal issiqlik yo‘qotishlariga erishish [9], bino devorlarining issiqlik himoyasini oshirish [10], qurilish elementlarining geometrik va issiqlik parametrlarini optimallashtirish [11] va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish [12].

Quyosh issiqlik qurilmalari va issiq poldan foydalanib binolarni isitishga mo‘ljallangan tizimlarga bag‘ishlangan tadqiqot ishlarini uch turga ajratish mumkin [1]: quyosh issiqlik qurilmalariga, bak-akkumulyatoriga va issiq pol tizimiga bag‘ishlangan ilmiy tadqiqot ishlari.

Quyosh issiqlik qurilmalariga bag‘ishlangan ilmiy-tadqiqot ishlari asosan quyosh issiqlik qurilmasi turi, yuzasi, undagi issiqlik tashuvchining massa sarfini aniqlashga qaratilgan [13].

Bak akkumulyatorga bag‘ishlangan ilmiy tadqiqot ishlari undagi issiqlik almashinish jarayonlarini tavsiflash, hajmini aniqlash va issiqlik almashinish jadalligini oshirishga qaratilgan [12, 14].

Issiq polga bag‘ishlangan tadqiqot ishlarida quvur geometrik o‘lchamlari, quvur materiali, quvurlar orasidagi masofa, izolyatsiya qatlamlari turi va issiqlikni akkumulyatsiya qilish imkoniyatlarini aniqlashga qaratilgan. Issiq polda fazaviy o‘tuvchi materiallardan foydalanish bo‘yicha ham juda ko‘p tadqiqotlar olib borilmoqda [15-16].

Ushbu ish quyosh paraboloid kontsentratorlari yordamida turar-joy binolarini isitishda energiya sarfini kamaytirish masalasiga bag‘ishlangan.

Matematik model. Ko‘rib chiqilayotgan obyektning issiqlik xususiyatlarini aniqlash uchun kvazistatik issiqlik balansi modeli ishlatildi. Quyida bino (1-rasm) uchun issiqlik balansi tenglamalari mavjud [8]:

$$Q_s + Q_f + Q_{he} = Q_{hl} \quad (1)$$

bunda Q_s - bino ichiga tushadigan quyosh radiatsiyasi; Q_{he} - ichki issiqlik manbalarining issiqlik quvvati; Q_f - issiq polning issiqlik quvvati; Q_{hl} - devorlar, derazalar, eshiklar, pollar, shiftlar va shamollatish orqali issiqlik yo‘qotishlari.

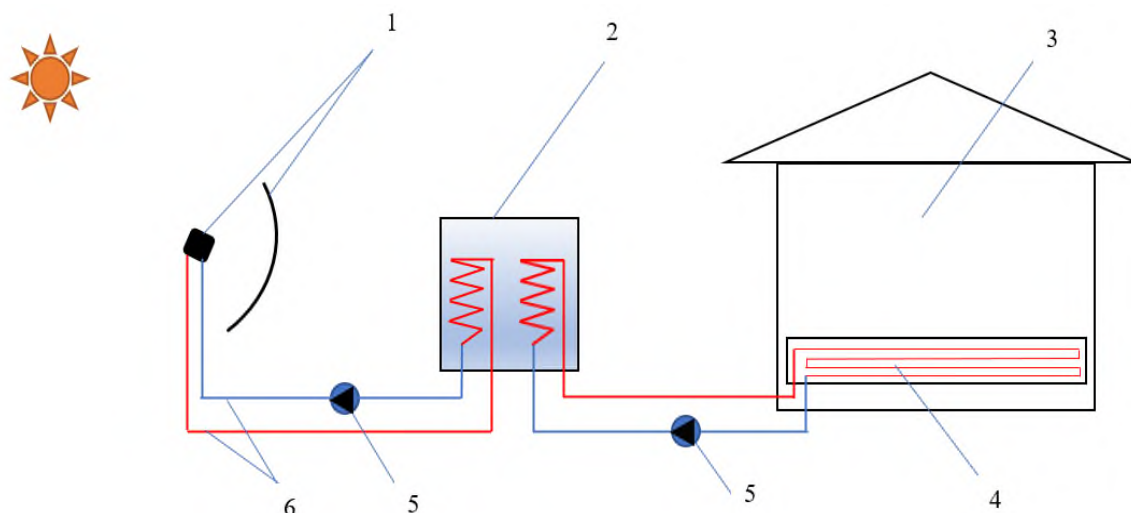
Devorlar, derazalar, eshiklar, pollar, shiftlar va shamollatish orqali issiqlik yo‘qotishlarini aniqlash matematik ifodasi quyidagicha [17]

$$Q_{hl} = K_{tot} A \cdot HDD, \quad (2)$$

bunda U_{tot} - binoning umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti, $W/(m^2 \cdot C)$; A - binoning tashqi sirtining yuzasi, m^2 ; HDD isitish davrining gradus-sutkasi

$$HDD = (T_i - T_a) \cdot D, \quad (3)$$

bunda T_i - ichki havoning hisobiy harorati, $^{\circ}C$; T_a - atrof-muhit havosining o‘rtacha sutkalik harorati, $^{\circ}C$; D - istish mavsumining davomiyligi, sutka.



1-rasm. Paraboloid quyosh konsentratori, issiqlik akkumulyatori va issiq polga ega binoning isitish tizimi prinsipial sxemasi: 1-konsentrator; 2- bak akkumulyator; 3-bino; 4-issiqlik pol tizimi; 5-nassos; 6- issiq va sovuq suv uchun quvurlar.

Quyosh nurlanishidan binoga tushadigan issiqlik miqdori [16] da keltirilgan tenglama bilan aniqlanadi. Issiq polning (2-rasm) issiqlik olish quyidagicha tavsiflanadi [18]:

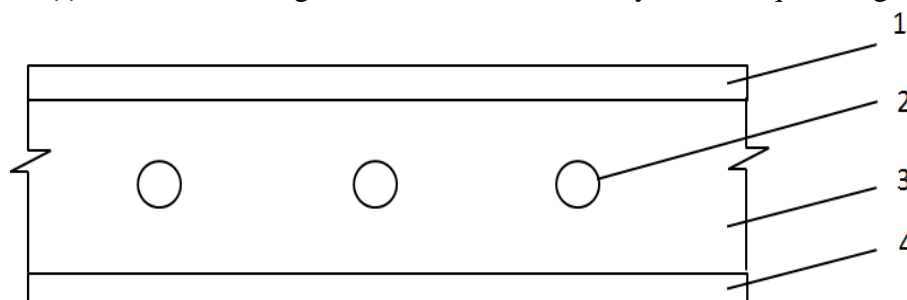
$$Q_f = K_f A_f (T_{aw} - T_{ia}), \quad (4)$$

bunda K_f - issiq pol suyuqligidan ichki havoga issiqlik uzatish koeffitsiyenti; A_f - issiq polning sirt maydoni; T_{aw} - issiq poldagi suyuqlikning o'rtacha harorati; T_{ia} - ichki havo harorati.

Issiq poldan ichki havoga issiqlik uzatish koeffitsiyenti [19]

$$K_f = \left\{ \frac{L}{2\pi\lambda_3} \left[\ln \left(\frac{L}{\pi D_o} \right) + \frac{2\pi d_1}{L} + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{G(i)}{i} \right] + \frac{L}{2\pi\lambda_p} \ln \left(\frac{D_o}{D_i} \right) + \frac{1}{h_t} \right\}^{-1}, \quad (5)$$

bunda h_t - pol yuzasidan xona havosiga issiqlik berish koeffitsiyenti; D_o , D_i - quvurning tashqi va ichki diametri; λ_p - quvurning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; d_1 - quvurdan pol sirtigacha masofa; L - quvurlar orasidagi masofa; λ_3 - quvurni o'rab olgan muhit issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; $G(i)$ - differensial tenglamalarni analitik usulda yechish orqali olingan koeffitsiyent.



2-rasm. Issiq polning sxemasi:

1- birinchi izolyatsiya qatlami; 2-quvur; 3-beton qatlami; 4- ikkinchi izolyatsiya qatlami.

Hisoblashlar quyidagi 4 ta holat uchun amalga oshirildi:

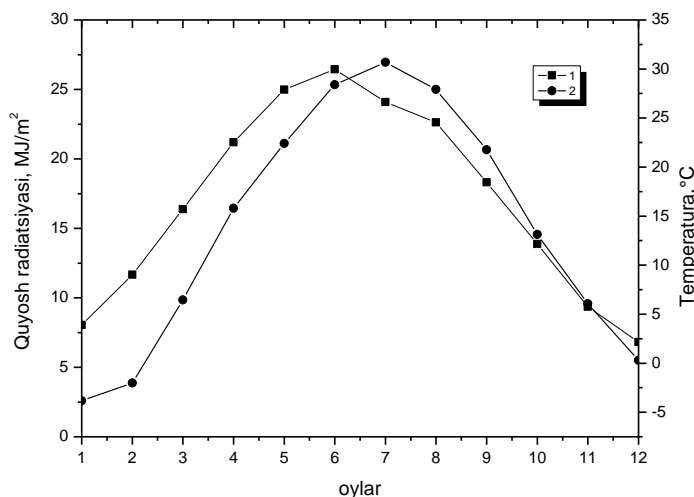
- oddiy isitish tizimiga ega namunali 4 xonali turar-joy binosi;
- quyosh kollektorili kombinirlashgan isitish tizimiga ega namunali 4 xonali turar-joy binosi;
- issiqlik pol tizimili oddiy isitish tizimiga ega namunali 4 xonali turar-joy binosi;
- quyosh paraboloid konsentratori va issiq polga ega isitish tizimili namunali 4 xonali turar-joy binosi.

Taqdim etilgan tadqiqot ishi yashash maydoni, paraboloid konsentratori va issiq pol tizimining matematik modellarini birlashtiradi va hisob-kitoblar MathCAD dasturlash muhiti va Python dasturlash tillarida amalga oshirildi. 1-jadvalda matematik modelda issiq pol uchun ishlatilgan materiallarning issiqlik-fizikaviy parametrlari va geometrik o'lchamlari ko'rsatib o'tilgan.

Issiq polning issiqlik-fizikaviy xususiyatlari [16], [20]

T/r	Qatlam nomi	Qalinligi, mm	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, W/(m·°C)
1	Birinchi izolyatsiya qatlami	3	0,2
2	Quvurlar	2	0,042
3	Beton qatlami	10	1,4
4	Ikkinchi izolyatsiya qatlami	40	0,15

Matematik model yordamida hisob-kitoblar natijalari manbalarda keltirilgan natijalar bilan taqqoslandi va tasdiqlandi [5, 6, 16]. Hisoblashlarda 3-rasmda keltirilgan. Toshkent viloyati uchun oylar bo'yicha yig'indi quyosh radiatsiyasi va o'rtacha haroratdan foydalanildi.

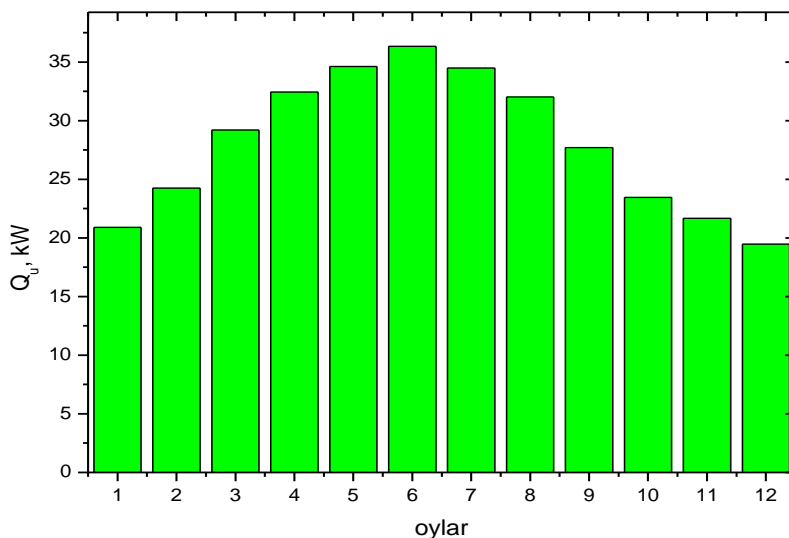


3-rasm. Toshkent viloyati uchun oylar bo'yicha yig'indi quyosh radiatsiyasi (1) va o'rtacha harorat (2).

Hisoblash natijalari va muhokama

Hisoblashlar 2018-yilda qabul qilingan qurilish me'yorlari va qoidalariga asosan o'tkazildi [20]. Bu hujjatda bino elementlarining issiqlik qarshiligi avvalgi qabul qilingan shu turdagi hujjatlarga nisbatan oshirilgan.

4-rasmda paraboloid quyosh konsentratorida hosil bo'lgan foydali quvvatning kunlik yig'indi miqdori keltirilgan. Undan ko'rinib turibdiki 6,36 m² yuzaga teng bo'lgan quyosh paraboloid konsentratorida foydali quvvat quyosh nurlariga normal tushuvchi quyosh radiatsiyasi miqdoriga qarab 20 dan 36 kW gacha o'zgaradi.



4-rasm. Quyosh konsentratorida hosil bo'ladigan foydali quvvat.

Shuningdek iqtisodiy va ekologik yoʻnalishlarda ham hisoblashlar oʻtkazildi. Hisoblash natijalarining koʻrsatishicha xarajatlarni qoplash muddati 2018-yilda qabul qilingan qurilish meʼyorlari va qoidalari hamda elektr energiyasi va tabiiy gazning oshirilgan tariflarini inobatga olganda issiqlik himoyasining darajalariga qarab 3-7 yilni tashkil etadi.

2-jadval

Bino turlari boʻyicha issiqlik isteʼmoli

Issiqlik himoyasining darajalari	Bino turlari boʻyicha issiqlik isteʼmoli, kW·h/m ² ·yil				Bino turlari boʻyicha issiqlik isteʼmolining kamayishi, %		
	A	B	C	D	B	C	D
I darajali issiqlikdan himoya	154	138	123	62	10	20	60
II darajali issiqlikdan himoya	136	120	110	48	12	20	66
III darajali issiqlikdan himoya	122	106	100	36	13	20	71

2-jadvaldan koʻrinib turibdiki 2018-yilda qabul qilingan qurilish normalari va qoidalari asosida qurilgan namunaviy 4 xonali turar-joy binosining I darajali issiqlikdan himoyasida yillik issiqlik energiyasi isteʼmoli 154 kW·h/m² ga teng, quyosh kollektorlaridan isitish tizimida kombinirlashgan holda foydalanilganda yillik issiqlik solishtirma energiyasi isteʼmoli 138 kW·h/m² ga teng boʻladi (kamayish 10%), issiq poldan foydalanilganda 123 kW·h/m² ga teng boʻladi (kamayish 20%), issiq pol va quyosh konsentratoridan foydalanilganda 62 kW·h/m² (kamayish 60%) ga teng boʻladi. Shu kabi issiqlik himoyasining II va III darajalarida solishtirma issiqlik energiyasining tejalishi mos ravishda 66 va 71 foizlarni tashkil etadi.

Atrof muhitga chiqariladigan issiqxona gazlarining kamayishi, yonilgʻi gaz boʻlganda, issiqlikdan himoya darajalariga qarab va bino turlariga qarab 3-22 kg/m² ni tashkil etadi.

Xulosa

Namunali 4 xonali turar-joy binosi modeli, paraboloid quyosh konsentratori va polni isitish tizimi uchun ishlab chiqilgan barqaror holatdagi matematik modellar birlashtirilib, kompyuter dasturi ishlab chiqildi. Toshkent viloyati iqlimi boʻyicha hisoblashlar oʻtkazildi, koʻrib chiqilayotgan turar-joy binosining yillik solishtirma issiqlik isteʼmoli, xarajatlarni qoplash muddati va ekologik koʻrsatgichlari aniqlandi. Unga koʻra, paraboloid quyosh konsentratori va issiq pol tizimidan foydalanilganda issiqlikning yillik solishtirma sarfi maksimal 71 foizgacha kamayishi mumkin, xarajatlarni qoplash muddati esa issiqlikdan himoyalalanish darajasiga qarab 3-7 yilni tashkil etadi hamda atrof muhitga chiqariladigan issiqxona gazlarining kamayishi 3-22 kg/m² ni tashkil etadi.

Adabiyotlar

- [1] Z. Simou *et al.*, “Thermal evaluation and optimization of a building heating system: radiant floor coupled with a solar system,” *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, vol. 9, no. 1, pp. 1–20, 2024, doi: 10.1007/s41024-023-00375-2.
- [2] S. A. Mrabet, Zouhair, Mouyad Alsamara, Ali Salman Saleh, “No Title Urbanization and non-renewable energy demand: A comparison of developed and emerging countries,” *Energy*, vol. 170, pp. 832–839, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.198>.
- [3] L. El Iysaouy, N. E. A. El Idrissi, M. Tvaronavičienė, M. Lahbabi, and A. Oumnad, “Towards energy efficiency: case of Morocco,” *Insights into Regional Development*, vol. 1, no. 3, pp. 259–271, 2019, doi: 10.9770/ird.2019.1.3(6).
- [4] M. Victoria and G. B. Andresen, “Using validated reanalysis data to investigate the impact of the PV system configurations at high penetration levels in European countries,” *Prog. Photovoltaics Res*, vol. 27, no. 7, pp. 576–592, 2019, doi: <https://doi.org/10.1002/pip.3126>.
- [5] K. A. Samiev, A. S. Halimov, and S. S. Fayziev, “Multiobjective Optimization of Integration of the Trombe Wall in Buildings Using a Full Factorial Experiment,” *Applied Solar Energy*, vol. 58, no. 1, pp. 127–136, 2022, doi: <https://doi.org/10.3103/S0003701X22010169>.
- [6] Samiev K.A., “Determination of Rational Values of the Parameters of an Unventilated Trombe

- Wall Using the Method of Multicriteria Optimization for the Climatic Conditions of Uzbekistan,” *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, pp. 123–134, 2022, doi: DOI: 10.30880/ijscet.2022.13.03.012.
- [7] K. A. Samiev and H. A.S., “Annual Thermal Performance of the Trombe Wall with Phase Change Heat Storage under Climate Conditions of Uzbekistan,” *Applied Solar Energy*, pp. 297–305, 2022, doi: <https://doi.org/10.3103/S0003701X22020189>.
- [8] J. f. Kreider, P. S. Curtiss, and R. Ari, *Heating and cooling of buildings 2010 by Taylor & Francis Group, LLC*. 2010.
- [9] Богословски and Н.В, *Строительная теплотехника (теплофизические основы отопления вентиляции и кондиционирования воздуха)*. – М.: «Высшая школа». 1982.
- [10] A. Halimov, M. Nürenberg, D. Müller, J. Akhatov, and Z. Iskandarov, “Multi-Objective Optimization of Complex Measures on Supplying Energy to Rural Residential Buildings in Uzbekistan Using Renewable Energy Sources,” *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika)*, vol. 56, no. 2, pp. 137–148, 2020, doi: 10.3103/S0003701X20020073.
- [11] A. Halimov, M. Lauster, and D. Müller, “Validation and integration of a latent heat storage model into building envelopes of a high-order building model for Modelica library AixLib,” *Energy and Buildings*, vol. 202, no. July, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.109336.
- [12] J. A. D. Deceased and W. A. Beckman, *University of Wisconsin-Madison*.
- [13] M. Thalfeldt, R. Simson, and J. Kurnitski, “The Effect of Hydronic Balancing on Room Temperature and Heat Pump Efficiency of a Building with Underfloor Heating,” *Energy Procedia*, vol. 96, no. November, pp. 467–477, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.09.178.
- [14] S. A. Klein, W. A. Beckman, and J. A. Duffie, “TRNSYS 16 Manuals Volume 3 Standard Component Library Overview,” *TRNSYS 16 a TRaN sient S Ystem Simulation program*, vol. 1, no. pt 1, pp. 1–87, 2007.
- [15] V. Echarrri-Iribarren, C. Rizo-Maestre, and J. L. Sanjuan-Palermo, “Underfloor heating using ceramic thermal panels and solar thermal panels in public buildings in the Mediterranean: Energy savings and healthy indoor environment,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 10, pp. 1–18, 2019, doi: 10.3390/app9102089.
- [16] Z. Z. Akhadov, “Study of the Performance Characteristics of a Solar Concentrator for Production of Thermal Energy,” *Applied Solar Energy*, vol. 59, no. 2, pp. 169–175, 2023, doi: DOI: 10.3103/S0003701X23600765.
- [17] *Теплопотери здания*. 2007.
- [18] Q. Q. Li, C. Chen, Y. Zhang, J. Lin, and H. S. Ling, “Simplified thermal calculation method for floor structure in radiant floor cooling system,” *Energy and Buildings*, vol. 74, pp. 182–190, May 2014, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2014.01.032.
- [19] J. J. Kamolov, M. S. Mirzayev, S. S. Fayziyev, and K. A. Samiev, “Use of paraboloid solar concentrators to reduce heat consumption of residential buildings in the climatic conditions of Uzbekistan,” *BIO Web of Conferences*, vol. 84, 2024, doi: 10.1051/bioconf/20248405019.
- [20] “kmk-2.01.04-18-kurilish-issiklik-tehnikasi.pdf.”