UO‘K: 620.92:536

QUYOSH ENERGIYASI TIZIMLARIDA ARZON ISSIQLIK SAQLOVCHI MATERIALLARDAN FOYDALANISH IMKONIYATLARI

Safarova Setora Ulug‘bek qizi
Qarshi davlat texnika universiteti, tayanch doktorant PhD
Qarshi shahri, O‘zbekiston
ORCID: 0009-0000-5220-7124,
E-mail: safarovasetora1112@gmail.com
Ergashev Shaxriyor Hamidullayevich
Qarshi davlat texnika universiteti, texnika fanlari falsafa doktori PhD dotsent
Qarshi shahri, O‘zbekiston
ORCID: 0000-0002-3336-9942
E-mail: strong.shakhrier@mail.ru

Anotatsiya. Mazkur maqolada quyosh energiyasi tizimlarida issiqlikni saqlash masalalari ko‘rib chiqilgan. Issiqlik akkumulyatsiyasi uchun arzon va mahalliy materiallardan — pishgan g‘isht, beton, keramika, tosh, qum, tuproq hamda fazani o‘zgartiruvchi materiallardan biri bo‘lgan parafinning issiqlik-fizik xossalari tahlil qilindi. Ularning zichligi, issiqlik sig‘imi, issiqlik o‘tkazuvchanligi va issiqlikni saqlash davomiyligi nazariy asosda va hisoblashlar orqali taqqoslandi. Natijalarga ko‘ra, parafin issiqlikni eng uzoq muddat (≈9 soat) saqlash qobiliyatiga ega ekanligi aniqlandi. Pishgan g‘isht va beton esa amaliyotda arzonligi va mavjudligi sababli samarali variant sifatida tavsiya qilinadi. Qum va tuproq qisqa muddatli issiqlik akkumulyatsiyasi uchun foydali bo‘lsa-da, ularning issiqlikni ushlab qolish qobiliyati pastligi ta’kidlandi. O‘zbekiston sharoitida quyosh energiyasining yuqori salohiyati va mahalliy arzon materiallarning keng tarqalganligi hisobga olinsa, mazkur yechimlar issiq suv ta’minoti, isitish tizimlari, issiqxonalar va qishloq xo‘jaligida keng joriy etilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: quyosh energiyasi, issiqlik akkumulyatsiyasi, issiqlik-fizik xossalar, arzon materiallar, issiqlik o‘tkazuvchanlik.

Annotation. This article examines the issues of heat storage in solar energy systems. The thermophysical properties of low-cost and locally available materials — fired brick, concrete, ceramics, stone, sand, soil, as well as paraffin, which is one of the phase change materials (PCM), are analyzed. Their density, specific heat capacity, thermal conductivity, and heat storage duration were compared on the basis of theoretical principles and calculations. The results show that paraffin has the highest capacity to store heat for the longest duration (≈9 hours). Fired brick and concrete are recommended as practical and cost-effective options due to their affordability and wide availability. Sand and soil are useful for short-term heat storage, but their ability to retain heat is relatively low. Considering Uzbekistan’s high solar energy potential and the wide availability of cheap local materials, these solutions can be widely applied in hot water supply, heating systems, greenhouses, and agriculture.

Keywords: solar energy, heat storage, thermophysical properties, low-cost materials, thermal conductivity.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы аккумулирования тепла в системах солнечной энергии. Проанализированы термофизические свойства дешёвых и местных материалов — обожжённого кирпича, бетона, керамики, камня, песка, почвы, а также парафина, являющегося одним из фазоизменяющих материалов (PCM). Их плотность, удельная теплоёмкость, теплопроводность и длительность хранения тепла были сопоставлены на основе теоретических принципов и расчётов. Согласно результатам, парафин обладает наибольшей способностью длительно сохранять тепло (≈9 часов). Обожжённый кирпич и бетон рекомендуются как практичные и экономичные варианты благодаря своей доступности и распространённости. Песок и почва полезны для кратковременного аккумулирования тепла, однако их способность удерживать тепло относительно низкая. Учитывая высокий потенциал солнечной энергии в Узбекистане и широкую доступность дешёвых местных материалов, данные решения могут быть широко внедрены в системах горячего водоснабжения, отопления, теплицах и сельском хозяйстве.

Ключевые слова: солнечная энергия, аккумулирование тепла, термофизические свойства, дешёвые материалы, теплопроводность.

Kirish

Bugungi kunda jahon energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalariga qiziqish tobora ortib bormoqda. Global iqlim o‘zgarishi, atrof-muhitning ifloslanishi va an’anaviy qazilma yoqilg‘i zaxiralarining kamayib borishi insoniyatni yangi, barqaror va ekologik toza energiya manbalaridan foydalanishga majbur qilmoqda. Shulardan eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri bu – quyosh energiyasidan foydalanishdir. Quyosh energiyasi insoniyat uchun cheksiz va bepul manba bo‘lib, undan turli usullarda issiqlik va elektr energiyasi olish mumkin.

Quyosh kollektorlarida hosil bo‘ladigan issiqlik energiyasi odatda darhol iste’mol qilinmaydi. Masalan, kun davomida yig‘ilgan issiqlik energiyasini kechasi ishlatish talab qilinadi. Shu bois, bunday tizimlarda issiqlikni ma’lum vaqt davomida saqlab turuvchi maxsus issiqlik akkumulyatorlariga ehtiyoj tug‘iladi. Issiqlikni saqlash texnologiyalari yordamida ishlab chiqarilgan energiyaning muayyan qismi yo‘qolib ketmasdan, keyinchalik foydalanuvchiga yetkaziladi. Bu esa nafaqat tizim samaradorligini oshiradi, balki energiya tejamkorligini ham ta’minlaydi.

Quyosh kollektorlarining qismlari bir-biri bilan uzviy bog‘langan qatlamlardan tashkil topgan bo‘lib, ular energiyani maksimal darajada yig‘ish va samarali foydalanishga xizmat qiladi. Tashqi tomondan kollektor maxsus profil (1) bilan mustahkamlangan bo‘lib, bu butun qurilmaning barqarorligini ta’minlaydi. Germetik qopqoq (2) tashqi muhit ta’siridan himoya qiladi va issiqlikning yo‘qotilishini sezilarli darajada kamaytiradi. Kollektor ichida joylashgan quvurlar (3) orqali issiqlik tashuvchi suyuqlik harakatlanadi, ular orqali yutilgan energiya tashqariga uzatiladi. Quvurlar ustida issiqlik yutuvchi qoplama (4) bo‘lib, u quyosh nurlarini to‘liqroq yutadi va issiqlikka aylantiradi. Hosil bo‘lgan issiqlik maxsus

ISSN 3030-3907

akkumulyatsion materiallar (5) da saqlanib, kollektorning barqaror ishlashini ta’minlaydi. Tashqi qatlamda esa oynali qoplama (6) mavjud bo‘lib, u quyosh nurlarini o‘tkazadi, lekin issiqlikning tashqariga chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydi hamda qurilmani mexanik ta’sirlardan himoya qiladi (1-rasm) [1, 2].



1) profil;
2) germetik qopqoq;
3) quvur;
4) issiqlik yutuvchi qoplama;
5) issiqlik akkumulyatsion materiallar;
6) oynali qoplama

1-rasm. Issiqlik akkumulyatsion quyosh kollektorlarining umumiy tuzilishi

Issiqlik akkumulyatorlari sifatida turli xil materiallardan foydalanish mumkin. Ulardan ba’zilari yuqori samaradorlikka ega bo‘lsa-da, qimmat va murakkab texnologiyalarni talab qiladi. Shu sababli so‘nggi yillarda arzon, mahalliy sharoitda mavjud va ekologik toza materiallardan foydalanish imkoniyatlarini tadqiq qilish dolzarb masalaga aylandi .

Dunyo miqyosida quyosh kollektorlarida issiqlik akkumulyatsiyasi masalalari keng tadqiq qilinmoqda. Jumladan, Hindiston va Xitoyda olib borilgan tadqiqotlarda qum va toshdan issiqlik akkumulyatori sifatida foydalanish issiqxonalarda haroratni 3–5 °C ga barqaror ushlab turishga imkon bergani qayd etilgan. Turkiyada amalga oshirilgan tajribalarda pishgan g‘isht va beton bloklari kunduzgi issiqlikni yig‘ib, kechqurun 4–6 soat davomida issiqlik chiqarib bergan.

Fazani o‘zgartiruvchi materiallar (PCM) bo‘yicha ham ko‘plab ilmiy ishlar olib borilgan. Masalan, Germaniya va Ispaniyada parafin asosidagi PCM kapsulalari qo‘llanilganda suvning 50–55 °C harorati 8–10 soat davomida barqaror ushlab turilgani aniqlangan. Bu natijalar bizning hisoblashlarda olingan qiymatlarga juda yaqin (≈9 soat).

Shuningdek, AQSh va Kanada ilmiy markazlarida issiqlik akkumulyatsiyasi uchun arzon qurilish chiqindilari – shag‘al, g‘ovakli beton va kul qo‘shilgan g‘ishtlardan foydalanish samaradorligi o‘rganilgan. Ularning xulosasiga ko‘ra, bunday materiallar arzon va ekologik jihatdan foydali bo‘lsa-da, issiqlikni saqlash davomiyligi parafin yoki eritilgan tuzlarga qaraganda ancha qisqa [3, 4, 5].

O‘zbekiston sharoitida, ayniqsa quyosh nurlanishi yuqori bo‘lgan hududlarda, arzon issiqlik saqlovchi materiallardan foydalanish katta ahamiyat kasb etadi. Qashqadaryo, Surxondaryo, Buxoro va Navoiy viloyatlarida quyoshli kunlar soni yiliga 280–300 kunga yetadi. Bu hududlarda quyosh kollektorlaridan keng foydalanish imkoniyatlari mavjud bo‘lsa-da, issiqlikni samarali saqlab qolish masalasi hali ham dolzarb bo‘lib qolmoqda. Ayniqsa, mahalliy aholi uchun oddiy va arzon variantlarni joriy etish orqali energiya tejash, xo‘jaliklarda avtonom issiq suv ta’minoti tizimlarini yaratish mumkin [6, 7].

Uslub va materiallar

ISSN 3030-3907

Quyosh kollektorlarida issiqlikni saqlash uchun arzon va oson topiladigan materiallardan foydalanish masalasi muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Bu yo‘nalishda olib boriladigan tadqiqotlar energiya tejash, ekologik muhitni yaxshilash, hamda aholiga qulay va arzon issiqlik manbalarini taqdim etishda katta rol o‘ynaydi.

Issiqlik akkumulyatsiyasi tizimlari asosan ikki turga bo‘linadi:

1) Sezgir issiqlikni akkumulyatsiya qilish – materialning o‘z haroratini oshirish orqali issiqlikni saqlash. Masalan, beton, tosh yoki g‘ishtni quyoshda qizdirib, keyinchalik ular asta-sekin soviydi va shu bilan issiqlikni qaytaradi.

2) Latent issiqlikni akkumulyatsiya qilish – fazani o‘zgartirish (masalan, qattiq → suyuq yoki suyuq → gaz) orqali issiqlikni saqlash. Masalan, parafin 50–60 °C da eriyotganda juda katta miqdorda issiqlikni o‘zida to‘playdi va bu jarayonda harorati deyarli o‘zgarmaydi [8].

Issiqlik akkumulyatsiyasi jarayonida materialning umumiy saqlagan issiqlik miqdorini aniqlash uchun klassik termofizik tenglamalardan foydalanildi. Bunda issiqlik sig‘imi, zichlik va harorat farqi asosiy hisobiy ko‘rsatkich sifatida qabul qilindi.

Materialning qizish va sovish tezligi tashqi muhit bilan issiqlik almashinuvi qonunlari asosida aniqlanadi. Nevton sovish qonuniga ko‘ra:

$$Q' = h \cdot A \cdot (T_{material} - T_{mu}\quad) \qquad (\text{Vt}), \qquad (1)$$

bu yerda Q' – vaqt birligida yo‘qotilayotgan issiqlik oqimi (Vt yoki kJ/s), h – issiqlik uzatish koeffitsienti (Vt/m² K), A – sirt yuzasi (m^2), $T_{material}$ – materialning harorati (°C), T_{muhit} – tashqi harorati (°C).

Materialdagi umumiy issiqlik zaxirasini topamiz:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_{material} - T_{muhit}) \qquad (\text{J}), \qquad (2)$$

bu yerda Q – materialdagi umumiy issiqlik zaxirasi (kJ), c – issiqlik sig‘imi (kJ/kg K)

Keyin sovishda har soniyada yo‘qotilayotgan issiqlikni hisoblaymiz:

$$t = \frac{Q'}{Q} = sekund, \qquad (3)$$

Matematik model sifatida, quyosh nuri ta’sirida materialning qizish tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{G \cdot A \cdot \alpha}{m \cdot c}, \qquad (4)$$

bu yerda: G – quyosh radiatsiyasi (Vt/m²), α – yutilish koeffitsienti, m·c – materialning massasi (kg) va issiqlik sig‘imi (J/(kg*°C)[9, 10, 11].

Natijalar

Ushbu tadqiqotda arzon issiqlik saqlovchi materiallarning quyosh kollektorlarida qo‘llash samaradorligi hisoblashlar asosida baholandi. Har bir material uchun massa, umumiy issiqlik sig‘imi, qizish va sovish vaqtlarining nazariy qiymatlari aniqlandi. Natijalardan ko‘rinib turibdiki, materiallarning issiqlikni yig‘ish va uni ma’lum vaqt davomida saqlab qolish qobiliyati ularning issiqlik-fizik xossalari bilan bevosita bog‘liq (1-jadval).

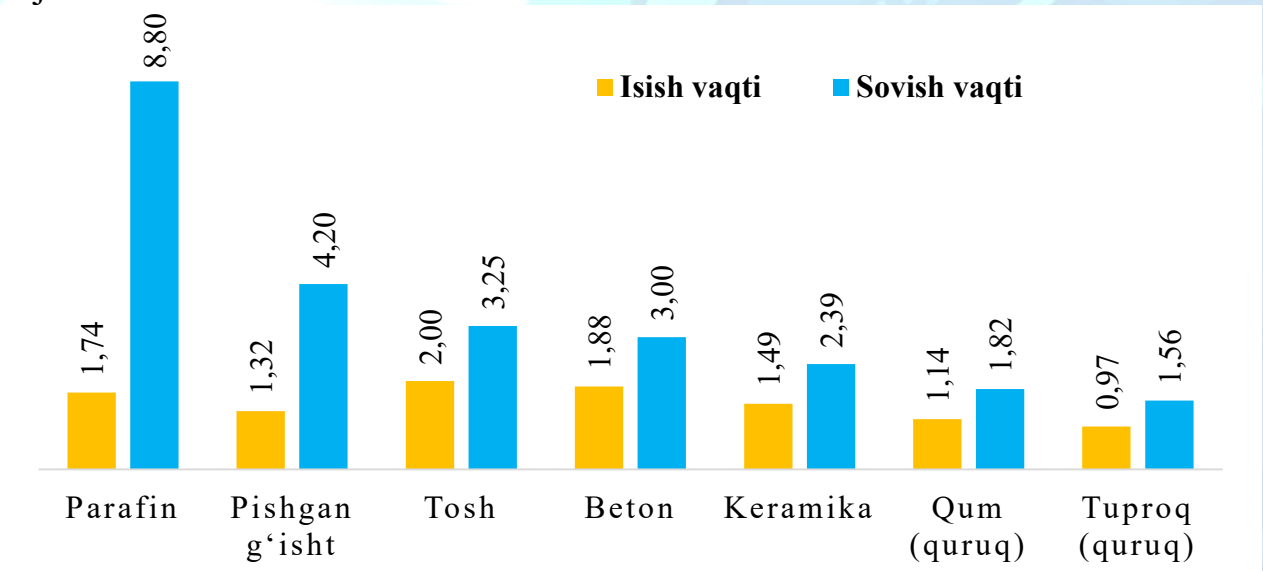
ISSN 3030-3907

1-jadval

Turli materiallarning issiqlik xossalari

Material	O‘rtacha zichlik ρ (kg/m³)	Issiqlik sig‘imi c (kJ/kg·K)	Issiqlik o‘tkazuvchanlik λ (Vt/m·K)
Parafin	770–900	2.1–2.9	0.2–0.4
Pishgan g‘isht	1900 – 2000	0.8-0.9	0.6 – 0.8
Tosh	2500–3000	0.8–0.9	2–4
Beton	2200–2500	0.84–1.0	1.4–2.0
Keramika	1800–2400	0.75–0.9	1.0–2.5
Qum (quruq)	1500–1700	0.80–0.85	0.25–0.5
Tuproq (quruq)	1200–1600	0.75–0.85	0.25–0.6

Hisoblashlarda quyosh radiatsiyasi G=800 Vt/m² deb qabul qilindi va yutilish koeffitsienti α=0.8 hisobga olinganda 1 m² yuzali 5 sm qalinlikdagi turli xil materiallarning qatlamlari qabul qilindi. Barcha materiallar uchun boshlang‘ich harorat 20 °C, yakuniy harorat 60 °C deb olindi. Issiqlik almashinuvi jarayonida tashqi muhit harorati 20 °C bo‘lib, sovish hisoblari Nevton sovish qonuni asosida bajarildi.



1-rasm. Materiallarning isish va sovish vaqtlari grafigi (soat)

Quyosh kollektorlarida issiqlik asosan suv, havo yoki qattiq issiqlik akkumulyatorlari orqali yig‘iladi. Agar issiqlik saqlash materiali sifatida arzon qurilish materiallari ishlatilsa, tizimning umumiy qiymatini arzonlashtiradi va aholi uchun foydalanish qulay bo‘ladi.

Arzon issiqlik saqlovchi materiallardan foydalanish quyosh kollektorlarining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ular issiqlikni kun davomida yig‘ib, tungi vaqtda foydalanuvchiga yetkazadi. Bu nafaqat energiya tejash, balki iqtisodiy va ekologik foyda ham beradi.

Xulosa

O‘tkazilgan nazariy va amaliy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, quyosh kollektorlarida issiqlikni saqlash uchun turli materiallardan foydalanish mumkin,

ISSN 3030-3907

ammo ularning samaradorligi issiqlik-fizik xossalariga bevosita bog‘liq. Issiqlik akkumulyatsiyasi jarayonida asosiy rolni materialning zichligi, maxsus issiqlik sig‘imi va issiqlik o‘tkazuvchanligi o‘ynaydi.

Parafin eng samarali issiqlik saqlovchi material sifatida ajralib chiqdi. 1 m² yuzali va 5 sm qalinlikdagi parafin qatlami massasi atigi 40 kg bo‘lishiga qaramay, umumiy issiqlik sig‘imi 11 200 kJ ga teng. Bu natija pishgan g‘isht yoki betonnikidan deyarli uch baravar ko‘pdir. Parafin 60 °C dan 20 °C gacha sovishda 9 soatgacha issiqlikni ushlab tura oladi. Bu xususiyat uni issiq suv ta’minoti va kechki isitish tizimlari uchun eng maqbul materialga aylantiradi.

Pishgan g‘isht va beton arzonligi va keng tarqalganligi bilan ajralib turadi. Ular issiqlikni o‘rtacha darajada saqlaydi (3–4 soat), shu sababli mahalliy uy xo‘jaliklari va issiqxonalarda samarali qo‘llanilishi mumkin. Ayniqsa, qishloq hududlarida qurilishda ishlatiladigan g‘isht devorlar tabiiy issiqlik akkumulyatori vazifasini bajaradi.

Tosh yuqori zichlikka ega bo‘lgani sababli issiqlikni ko‘p yig‘adi, ammo sovish tezligi betonga yaqin bo‘lib, 3 soat atrofida issiqlikni saqlaydi. Bu uni sanoat quritish sexlarida yoki yirik issiqlik akkumulyatorlari sifatida qo‘llash imkonini beradi.

Keramika yuqori haroratga chidamli, ammo mo‘rt va qimmat materialdir. Shuning uchun u issiqlik akkumulyatori sifatida ko‘proq sanoatda, maxsus qurilmalarda ishlatilishi mumkin.

Qum va tuproq eng arzon va hamma joyda mavjud materiallardir. Ular issiqlikni tez yig‘adi, ammo tez chiqaradi. Shu sababli ular qisqa muddatli issiqlik akkumulyatorlari sifatida issiqxonalar, parrandachilik fermalari va oddiy uy xo‘jaliklarida foydali bo‘lishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. – 4th ed. – New Jersey: Wiley, 2013. – 816 p.
2. Kalogirou S.A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. – 2nd ed. – Oxford: Academic Press, 2014. – 840 p.
3. Sharma A., Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – Vol. 13, №2. – P. 318–345.
4. Zalba B., Marín J.M., Cabeza L.F., Mehling H. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications // Applied Thermal Engineering. – 2003. – Vol. 23, №3. – P. 251–283.
5. Farid M.M., Khudhair A.M., Razack S.A.K., Al-Hallaj S. A review on phase change energy storage: materials and applications // Energy Conversion and Management. – 2004. – Vol. 45, №9–10. – P. 1597–1615.
6. Hasanov B. O‘zbekiston sharoitida quyosh kollektorlarining samaradorligini oshirish yo‘llari // O‘zbekiston Energetika Jurnali. – 2020. – №3. – P. 45–52.
7. Karimov K.S., et al. Development of solar thermal collectors and their applications in Central Asia // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16, №8. – P. 4907–4916.

ISSN 3030-3907

8. Mehling H., Cabeza L.F. Heat and Cold Storage with PCM: An Up to Date Introduction into Basics and Applications. – Berlin: Springer, 2008. – 308 p.
9. Memon S.A. Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – Vol. 31. – P. 870–906.
10. Enhancing solar drying with paraffin PCM // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – P. 1–10. DOI: 10.1038/s41598-025-01555-5.
11. Experimental study of PCM storage in solar collectors // Journal of Energy Storage. – 2025. – Vol. 73. – P. 102868.

ISSN 3030-3907