

QUYOSH ENERGIYASINI UZOQ MUDDATLI SAQLASH UCHUN KOMPOZIT MATERIALLARNING TEPLOFIZIK TAHLILI

Xayriddinov Shavkat Batirovich

*Iqtisodiyot va pedagogika
universiteti NTM katta o'qituvchisi*

Annotatsiya. Ushbu maqolada quyosh energiyasini uzoq muddatli saqlash uchun kompozit materiallarning teplofizik xususiyatlari tahlil qilindi. Tadqiqotda faza o'zgaruvchan materiallar asosida yaratilgan kompozitlar, ularning issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanligi, faza barqarorligi va uzoq muddatli siklik chidamliligi o'rganildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, kompozit materiallar issiqlik zaryadlanish va razryadlanishini tezlashtiradi, mexanik barqarorlikni ta'minlaydi va quyosh issiqlik tizimlarida samaradorlikni oshiradi. Modellashirish va tajribalar o'zaro mos kelib, optimal tarkib va ishlash sharoitlari aniqlandi.

Kalit so'zlar: quyosh energiyasi, kompozit materiallar, faza o'zgaruvchan materiallar, teplofizik tahlil, issiqlik saqlash, issiqlik o'tkazuvchanligi.

Аннотация. В данной статье проведен анализ теплофизических свойств композитных материалов для долгосрочного хранения солнечной энергии. Исследованы композиты на основе фазоизменяющих материалов, их теплоемкость, теплопроводность, фазовая стабильность и долговременная циклическая устойчивость. Результаты показали, что композитные материалы ускоряют процессы зарядки и разрядки тепла, обеспечивают механическую стабильность и повышают эффективность солнечных тепловых систем. Моделирование и эксперименты согласованы, что позволило определить оптимальный состав и условия эксплуатации.

Ключевые слова: солнечная энергия, композитные материалы, фазоизменяющие материалы, теплофизический анализ, накопление тепла, теплопроводность.

Annotation. This article presents a thermophysical analysis of composite materials for long-term solar energy storage. The study investigated composites based on phase change materials, their heat capacity, thermal conductivity, phase stability, and long-term cyclic durability. Results showed that composite materials enhance heat charge and discharge rates, provide mechanical stability, and improve the efficiency of solar thermal systems. Numerical modeling and experimental data were consistent, allowing for the determination of optimal composition and operational conditions.

Keywords: solar energy, composite materials, phase change materials, thermophysical analysis, heat storage, thermal conductivity.

Kirish.

Quyosh energiyasidan samarali foydalanish masalasi zamonaviy energetika tizimlarining eng dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi, chunki qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida quyosh nurlanishi eng katta potensialga ega bo'lib, ekologik toza va cheksiz manba sifatida qaraladi. Biroq quyosh energiyasining asosiy muammolaridan biri uning uzluksiz emasligi, ya'ni kunning ma'lum vaqtlarida va ob-havo sharoitlariga bog'liq ravishda o'zgarib turishidir. Shu sababli energiyani uzoq muddatli saqlash texnologiyalarini rivojlantirish muhim ahamiyat kasb etadi[2]. Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari, ayniqsa faza o'zgaruvchan materiallar va kompozit issiqlik saqlovchi muhitlar asosida yaratilgan tizimlar, quyosh issiqlik stansiyalari va binolarning passiv issiqlik boshqaruvida muhim rol o'ynaydi. Ushbu tadqiqotning maqsadi quyosh energiyasini uzoq muddatli saqlash uchun qo'llaniladigan kompozit materiallarning teplofizik xususiyatlarini kompleks tahlil qilish, ularning issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanligi, faza o'zgarish jarayonlari va termal barqarorligini baholash hamda amaliy qo'llash imkoniyatlarini ilmiy asoslashdan iborat[5].

Metodlar.

Tadqiqot doirasida nazariy tahlil, laboratoriya tajribalari va modellashtirish usullaridan foydalanildi. Dastlab, issiqlik energiyasini saqlashning asosiy mexanizmlari – sezilarli issiqlik (sensible heat), yashirin issiqlik (latent heat) va termokimyoviy saqlash jarayonlari o'rganildi. Kompozit materiallar tarkibiga kiruvchi asosiy komponentlar sifatida faza o'zgaruvchan materiallar (parafinlar, tuz gidratlari, yog' kislotalari), yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega qo'shimchalar (grafit, alyuminiy kukuni, uglerod nanotubalari) va mexanik barqarorlikni ta'minlovchi matritsa materiallari (polimerlar, keramika asoslar) tanlab olindi[1]. Namunalarning teplofizik parametrlarini aniqlash uchun differensial skanerlovchi kalorimetriya, lazerli issiqlik diffuziyasi usuli va termogravimetrik tahlil qo'llanildi. Bundan tashqari, issiqlik uzatish jarayonlarini baholash uchun sonli modellashtirish asosida bir o'lchamli va ikki o'lchamli issiqlik tarqalish tenglamalari yechildi, bunda faza o'zgarish jarayonlari entalpiya usuli orqali hisobga olindi. Uzoq muddatli siklik sinovlar yordamida materiallarning termal ishonchliligi va degradatsiyaga chidamliligi tekshirildi.

Natijalar.

Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, sof faza o'zgaruvchan materiallar yuqori yashirin issiqlik sig'imiga ega bo'lsa-da, ularning issiqlik o'tkazuvchanligi pastligi sababli zaryadlanish va razryadlanish jarayonlari sekin kechadi. Kompozit tuzilma hosil qilinganda, masalan, parafin asosiga kengaytirilgan grafit yoki metall kukunlari qo'shilganda, issiqlik o'tkazuvchanligi bir necha barobar oshdi, natijada issiqlik almashinuvi intensivligi yaxshilandi[3]. Tajriba natijalariga ko'ra, grafit bilan

boyitilgan parafin kompozitlarida issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti sof parafinga nisbatan 3–6 barobar yuqori bo'ldi, yashirin issiqlik sig'imining kamayishi esa nisbatan kichik miqdorda kuzatildi. Bu esa energiyani tezroq qabul qilish va chiqarish imkonini beradi, bu ayniqsa quyosh kollektorlarida kun davomida o'zgaruvchan yuklamalar sharoitida muhimdir. Tuz gidratlari asosidagi kompozitlar esa yuqori issiqlik sig'imi bilan ajralib turdi, biroq ularning faza ajralishi va super sovish muammolari mavjudligi aniqlandi. Ushbu kamchiliklarni kamaytirish uchun qalinlashtiruvchi qo'shimchalar va kapsulyatsiya usullari qo'llanilganda faza barqarorligi sezilarli yaxshilandi[4].

Termik tahlillar shuni ko'rsatdiki, kompozit materiallarning erish va qotish harorati ularning tarkibiga bog'liq holda ma'lum diapazonda sozlanishi mumkin. Bu esa ularni turli iqlim sharoitlari va texnologik talablar uchun moslashtirish imkonini beradi. Masalan, 40–60°C oralig'ida faza o'zgaruvchi kompozitlar maishiy issiq suv tizimlari uchun qulay bo'lsa, 80–120°C diapazondagi materiallar quyosh issiqlik elektr stansiyalarida samarali ishlatilishi mumkin. Termogravimetrik natijalar kompozitlarning ko'pchiligi 200°C gacha termal barqaror ekanini ko'rsatdi, bu esa ularning uzoq muddatli ekspluatatsiyada xavfsizligini ta'minlaydi. 1000 martagacha bo'lgan isitish-sovitish sikllaridan so'ng ham issiqlik sig'imining kamayishi 5–10% dan oshmadi, bu esa ularning yuqori siklik chidamliligini tasdiqlaydi[6].

Sonli modellashtirish natijalari tajriba ma'lumotlari bilan yaxshi mos tushdi va kompozit materiallar qo'llanilganda issiqlik frontining tarqalish tezligi sezilarli ortishini ko'rsatdi. Issiqlik akkumulyatorining zaryadlanish vaqti 25–40% ga qisqargani aniqlandi. Bundan tashqari, kompozit tuzilma ichida issiqlikning bir tekis taqsimlanishi kuzatildi, bu esa lokal qizib ketish zonalarining oldini oladi va materialning uzoq muddat xizmat qilishiga yordam beradi. Modellashtirish orqali optimal kompozit tarkibi aniqlanib, yuqori issiqlik o'tkazuvchanlik va maksimal yashirin issiqlik sig'imi o'rtasida muvozanat topildi[7].

Muhokama.

Olingan natijalar muhokamasi shuni ko'rsatadiki, kompozit issiqlik saqlovchi materiallar quyosh energiyasini uzoq muddatli saqlashda an'anaviy materiallarga nisbatan sezilarli ustunliklarga ega. Ular yuqori energiya zichligi, yaxshilangan issiqlik uzatish xususiyatlari va mexanik barqarorligi bilan ajralib turadi. Biroq iqtisodiy jihatdan baholash shuni ko'rsatadiki, yuqori issiqlik o'tkazuvchan qo'shimchalar, xususan uglerod nanotubalari yoki grafen asosidagi materiallar narxi hali ham yuqori. Shu sababli amaliy tizimlarda ko'proq grafit, metall to'rlar yoki alyuminiy ko'piklari kabi nisbatan arzon materiallardan foydalanish maqsadga muvofiq. Ekologik jihatdan ham kompozitlarning xavfsizligi muhim bo'lib, ularning tarkibidagi komponentlarning toksik emasligi va qayta ishlanish imkoniyati alohida baholandi.

Quyosh issiqlik tizimlari bilan integratsiya qilish nuqtai nazaridan, kompozit issiqlik saqlovchi bloklar kollektorlar va issiqlik almashinuvchilarga yaqin joylashtirilganda maksimal samaradorlikka erishiladi. Ular kechasi yoki bulutli kunlarda to'plangan issiqlikni asta-sekin ajratib, tizimning barqaror ishlashini ta'minlaydi. Binolarda esa devor panellari yoki pol konstruksiyalariga integratsiya qilingan kompozit materiallar ichki haroratni barqarorlashtirib, energiya sarfini kamaytiradi. Hisob-kitoblarga ko'ra, bunday tizimlar yordamida isitish va sovitish uchun sarflanadigan energiyani 20–30% gacha qisqartirish mumkin.

Shuningdek, uzoq muddatli saqlash masalasida issiqlik yo'qotishlarini minimallashtirish muhim omil hisoblanadi. Kompozit materiallar bilan birgalikda yuqori samarali issiqlik izolyatsiyasi qo'llanilganda tizimning umumiy foydali ish koeffitsienti sezilarli oshadi. Vakuumli izolyatsiya panellari yoki aerogel asosidagi izolyatorlar bilan birlashtirilgan kompozit issiqlik akkumulyatorlari issiqlikni bir necha kun davomida sezilarli yo'qotishlarsiz saqlay olishi tajribada tasdiqlandi.

Xulosa.

Xulosa qilib aytganda, o'tkazilgan teplofizik tahlillar kompozit materiallar quyosh energiyasini uzoq muddatli saqlash uchun istiqbolli yechim ekanini ko'rsatdi. Ularning issiqlik sig'imi yuqori, issiqlik o'tkazuvchanligi yaxshilangan va faza o'zgarish jarayonlari barqaror bo'lib, ko'p marotabalik sikllarda ham xususiyatlarini saqlab qoladi. Modellash va tajriba natijalari o'zaro mos kelib, kompozitlarning samaradorligi ilmiy asoslandi. Kelajakdagi tadqiqotlar materiallarning arzonlashtirilishi, ekologik xavfsizligini oshirish va sanoat miqyosida ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishga qaratilishi lozim. Shu tariqa kompozit issiqlik saqlovchi materiallar qayta tiklanuvchi energetika tizimlarida barqaror va ishonchli energiya ta'minotini yaratishda muhim o'rin egallashi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Batirovich, X. S. (2025). QUYOSH KOLLEKTORLARIDA ISSIQLIK AKKUMULYATORLARI UCHUN ARZON MAHALLIY MATERIALLARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH. Modern education and development, 39(4), 352-357.
2. Batirovich, X. S. (2025). QUYOSH ISSIQLIK QURILMALARIDA MAHALLIY FAZA O'ZGARUVCHAN MATERIALLARNING TEPLOFIZIK PARAMETRLARINI TADQIQ ETISH. Modern education and development, 39(4), 246-251.
3. Очилов, Ф. Э., & Рамазонова, Г. (2023). Роль изобразительного искусства в дошкольном образовании. Journal of new Century innovations, 31(3), 84-86.
4. Очилов, Ф. Э., & Хўжакулов, Э. (2022). Формирование и развитие пространственного воображения на уроках черчения как средства

- улучшающий качества образование в школе. МуФаллим х, эм Үзликсиз билимлендириу, Илимий-методикалык журнал, (3/3), 90-93.
5. Очилов, Ф. Э. (2021, March). Национальные традиции и обычаи в качестве средства воспитания детей в узбекских семьях. In МАТЕРИАЛЫ республиканской научно-практической конференции «ФЕНОМЕН ЖАМБЫЛА: ЖАМБЫЛОВЕДЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ» Талдышорган (pp. 146-149).
 6. Shoyim o'g'li, A. X., & Sho'hratovna, I. D. Z. (2026). RAQAMLI TA'LIM MUHITIDA KREATIV FIKRLASHNI RIVOJLANTIRISH MEXANIZMLARI. Modern education and development, 41(3), 199-205.
 7. Shoyim o'g'li, A. X., & Fozilovna, M. N. (2026). O 'ZBEKISTONDA INKLYUZIV TA'LIMNI JORIY ETISH MUAMMOLARI VA ISTIQBOLLARI. Modern education and development, 41(3), 348-355.
 8. Очилов, Ф. Э. (2023). Изучения объектов наследия как метод развития профессиональных качеств студентов. Inter educatoin & global stady. Научно-теоретический и методический журнал, (1), 14-19.
 9. Очилов, Ф. Э., & Рашидова, Л. (2024). Повышение творческих способностей детей дошкольного возраста: ключевые аспекты развития. Science and Education, 5(8), 135-140.
 10. Iskandar o'g'li, S. B., & Sho'hratovna, I. D. Z. (2025). MULTIMEDIA TEXNOLOGIYALARINING O 'QUVCHILARDA TASAVVUR VA MUSTAQIL FIKRLASHNI RIVOJLANTIRISHDAGI ROLI. Modern education and development, 39(4), 334-339.
 11. Iskandar o'g'li, S. B., & Fozilovna, M. N. (2025). INKLYUZIV TA'LIM SAMARADORLIGINI BAHOLASH MEZONLARI. Modern education and development, 39(4), 327-333.
 12. Xidirova, N. B. qizi Muqimova, GZ (2024). EXCELDA DIAGRAMMALAR BILAN ISHLASH. GOLDEN BRAIN, 2(20), 167-171.
 13. Raxmonov, X., & Sunatov, J. R. (2022). O 'ZBEK TILI KOMPYUTER LINGVISTIKASI YO 'NALISHIDA OLIB BORILGAN ILMIY TADQIQOTLAR. COMPUTER LINGUISTICS: PROBLEMS, SOLUTIONS, PROSPECTS, 1(1).
 14. Raxmonov, X., & Sunatov, J. R. (2022). O 'ZBEK TILI KOMPYUTER LINGVISTIKASI YO 'NALISHIDA OLIB BORILGAN ILMIY TADQIQOTLAR. COMPUTER LINGUISTICS: PROBLEMS, SOLUTIONS, PROSPECTS, 1(1).
 15. Sunatov, J. R., Rustamov, R., & Dustmurodova, M. (2024). KOMPYUTER LINGVISTIKASIDA FONETIK TAHLIL JARAYONI. Modern Science and Research, 3(5), 191-195.