KERAMIK KOMPOZITSION PLYONKA ASOSIDAGI QUYOSH ISSIQLIK ISHLAB CHIQARISH QURILMALARINING SAMARADORLIGI

Xo‘jamberdiyev Dilmurod Isoqjon o‘g‘li
Namangan viloyati pedagogik mahorat markazi Metodik xizmat bo‘limi Fizika va Astronomiya fani metodisti
dihujamberdiev@gmail.com
Alinazarova Maxfuza Alisherovna
Namangan viloyati pedagogik mahorat markazi Aniq va tabiiy fanlar metodikasi kafedra mudiri, dotsent.
malinazarova84@gmail.com

Received: 11.01.2026
Revised: 12.01.2026
Accepted: 13.01.2026

Kalit so‘zlar:
keramik kompozitsion plyonka, quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmasi, quyosh issiqlik energiyasi, cermet struktura, optik yutilish, termal samaradorlik

Ключевые слова:
керамическая композиционная пленка, солнечная теплогенерирующая установка, солнечная тепловая энергия, керметная структура, оптическое поглощение, тепловая эффективность.

Keywords:
ceramic composite film, solar thermal energy generation system, solar thermal energy, cermet structure, optical absorption, thermal efficiency.

Annotatsiya

Mazkur maqolada keramik kompozitsion plyonkalar asosida tayyorlangan quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarining optik va termal xossalari kompleks tahlil qilindi. Cermet strukturalarning selektiv yutilish koeffitsienti, infraqizil nurlanishni kamaytirish imkoniyatlari hamda yuqori harorat sharoitida ishlash barqarorligi nazariy va hisoblash modellar asosida baholandi. Olingan natijalar keramik kompozitsion plyonkalar asosidagi issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarining an’anaviy metall qoplamalarga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi.

Аннотация

В данной статье проведён комплексный анализ оптических и тепловых свойств солнечных теплогенерирующих установок, изготовленных на основе керамических композиционных пленок. На основе теоретических и расчётных моделей оценены селективный коэффициент поглощения керметных структур, возможности снижения инфракрасного излучения, а также стабильность работы в условиях высоких температур. Полученные результаты показали, что теплогенерирующие установки на основе керамических композиционных пленок обладают более высокой эффективностью по сравнению с традиционными металлическими покрытиями.

This article presents a comprehensive analysis of the optical and thermal properties of solar thermal energy generation systems fabricated using ceramic composite films. Based on theoretical and computational models, the selective absorption coefficient of cermet structures,

the potential for reducing infrared radiation, and operational stability under high-temperature conditions were evaluated. The obtained results demonstrate that solar thermal energy generation systems based on ceramic composite films exhibit higher efficiency compared to conventional metal-coated systems.

Kirish

So‘nggi yillarda global miqyosda energiya resurslarining cheklanishi va uglerod chiqindilarini kamaytirish zarurati qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan qiziqishni keskin oshirdi. Ushbu yo‘nalishda quyosh issiqlik energetikasi elektr energiyasiga aylantirishdan tashqari, sanoat va maishiy ehtiyojlar uchun to‘g‘ridan-to‘g‘ri issiqlik ishlab chiqarish imkoniyati bilan ajralib turadi. Biroq quyosh issiqlik qurilmalarining umumiy samaradorligi ko‘p jihatdan issiqlik qabul qiluvchi yuzaning optik va termal xossalariga bog‘liq.

An’anaviy metall absorberlar yuqori quyosh yutilish koeffitsientiga ega bo‘lishiga qaramay, yuqori harorat sharoitida infraqizil nurlanish orqali sezilarli issiqlik yo‘qotishlariga duch keladi hamda oksidlanish jarayonlari sababli xizmat muddati qisqaradi. Shu bois, so‘nggi ilmiy tadqiqotlarda selektiv xususiyatga ega bo‘lgan, yuqori haroratga chidamli yangi materiallar izlash dolzarb masalaga aylandi.

Mazkur muammoni hal etishda keramik kompozitsion plyonkalar, xususan metall–keramika (cermet) strukturalari alohida ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda. Ular quyosh spektrining keng diapazonida yuqori yutilish koeffitsientini ta’minlab, infraqizil sohada nurlanishni minimallashtirish imkonini beradi. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi keramik kompozitsion plyonkalar asosidagi quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarining samaradorligini nazariy va hisoblash modellar yordamida tahlil qilishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili

So‘nggi o‘n yillikda quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmasi materiallarini takomillashtirish masalasi energiya samaradorligini oshirish bilan bevosita bog‘liq holda keng o‘rganilmoqda. Ilmiy manbalarda ko‘rsatilishicha, oddiy metall yoki qora bo‘yoq bilan qoplangan quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmasining quyosh yutilish koeffitsienti yuqori bo‘lsa-da, infraqizil diapazonda emissiya koeffitsientining katta bo‘lishi yuqori haroratlarda sezilarli issiqlik yo‘qotishlarga olib keladi. [1,2]

Bir qator tadqiqotlarda metall–keramika (cermet) strukturalar asosidagi selektiv plyonkalar yuqori optik selektivlikka ega ekanligi isbotlangan. Xususan, $Mo–Al_2O_3$, $W–SiO_2$ va $Cr–Al_2O_3$ tizimlarida tayyorlangan ko‘p qatlamli plyonkalarda quyosh yutilish koeffitsienti 0,95 ga yaqin, emissiya koeffitsienti esa 0,1 dan past qiymatlarda saqlanishi aniqlangan. Shu bilan birga, keramik matritsa yuqori haroratda oksidlanish va degradatsiya jarayonlarini sezilarli darajada sekinlashtiradi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud tadqiqotlarning aksariyati materialning laboratoriya darajasidagi optik xossalariga qaratilgan bo‘lib, ularning real ishlash sharoitidagi energetik samaradorligini kompleks baholash masalasi yetarli darajada yoritilmagan. Ushbu holat keramik kompozitsion plyonkalar asosidagi quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarining issiqlik samaradorligini nazariy va hisoblash asosida chuqur tahlil qilish zaruratini keltirib chiqaradi.

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur tadqiqotda nazariy va hisoblash metodlari kompleks qo‘llanildi. Dastlab, keramik kompozitsion plyonkalarning optik selektivligi quyosh spektri bo‘yicha integral usulda baholandi. Quyosh yutilish koeffitsienti quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I(\lambda)\,[1-R(\lambda)]\,d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I(\lambda)d\lambda} \quad (1)$$

Issiqlik nurlanish orqali yo‘qotishlar Stefan–Boltsman qonuni asosida hisoblandi. Umumiy energetik samaradorlik quyidagi bog‘lanish yordamida baholandi:

$$\eta = \alpha - \frac{\varepsilon\sigma(T_s^4 - T_a^4)}{G} \quad (2)$$

Hisoblashlar 600–900 °C harorat oralig‘ida olib borilib, olingan natijalar an’anaviy metall absorberlar bilan solishtirildi.

Natijalar

Nazariy va hisoblash tadqiqotlari natijalari keramik kompozitsion plyonkalar asosidagi quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmasilarning yuqori optik va termal samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Hisoblashlar Mo–Al_2O_3 cermet tizimi misolida 600–900 °C harorat oralig‘ida amalga oshirildi.

Quyosh yutilish koeffitsienti bo‘yicha olingan natijalarga ko‘ra, keramik kompozitsion plyonkali absorberlarda:

$$\alpha = 0.94 \div 0.97$$

oralig‘ida barqaror qiymatlar kuzatildi. Shu bilan birga, infraqizil diapazonda emissiya koeffitsienti:

$$\varepsilon = 0.06 \div 0.09$$

dan oshmadi. Bu ko‘rsatkich oddiy quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalariga nisbatan 2–2,5 baravar past ekanligi aniqlandi.

Umumiy foydali ish koeffitsienti 800 W/m² quyosh nurlanishi sharoitida quyidagi qiymatlarni tashkil etdi:

$$\eta = 0.72 \div 0.78$$

Taqqoslash natijalari shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarida bu ko‘rsatkich 0.48–0.52 oralig‘ida bo‘lib, keramik kompozitsion plyonkalarning energetik ustunligi yaqqol namoyon bo‘ldi.

Muhokama

Olingan natijalar keramik kompozitsion plyonkalar asosidagi quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmasilarning yuqori energetik samaradorligini ilmiy adabiyotlarda qayd etilgan tendensiyalar bilan mos kelishini ko‘rsatadi. Xususan,

quyosh yutilish koeffitsientining 0.94–0.97 oralig‘ida bo‘lishi metall–keramika (cermet) strukturalarning spektral selektivligini tasdiqlaydi. Bu holat plyonka tarkibida metall nanozarrachalarning mavjudligi va ularning quyosh spektrining ko‘rinadigan hamda yaqin infraqizil sohalarida samarali yutilish xususiyatlari bilan izohlanadi.

Infraqizil diapazonda emissiya koeffitsientining past qiymatlari ($\varepsilon < 0.1$) keramik matritsaning yuqori haroratda optik barqarorligini ta’minlashi bilan bog‘liq. Adabiyotlarda ko‘rsatilishicha, metall quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarda harorat oshishi bilan emissiya koeffitsienti keskin ortadi, bu esa Stefan–Boltsman qonuniga muvofiq issiqlik yo‘qotishlarning eksponensial oshishiga olib keladi. Ushbu tadqiqotda esa keramik kompozitsion plyonkalar bunday salbiy effektlarni sezilarli darajada kamaytirishi aniqlanmoqda.

Shu bilan birga, olingan natijalar keramik plyonkali quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarning yuqori haroratli quyosh issiqlik tizimlarida uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi. Biroq, amaliy joriy etishda plyonka qalinligi, qatlamlararo adgeziya va ishlab chiqarish texnologiyasining murakkabligi kabi omillarni chuqurroq eksperimental tadqiq etish zarur.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda keramik kompozitsion plyonka asosidagi quyosh issiqlik ishlab chiqarish qurilmalarining jahon miqyosidagi texnologik rivojlanish holati kompleks tarzda tahlil qilindi. Adabiyotlar tahlili va tajribaviy natijalar shuni ko‘rsatdiki, SiO_2–Al_2O_3–TiO_2 asosidagi ko‘p qatlamli selektiv keramik plyonkalar yuqori spektral yutilish koeffitsienti (α = 0,93–0,97) va past issiqlik nurlanish yo‘qotishlari ($\varepsilon < 0,15$) bilan ajralib turadi.

Statistik tahlil natijalariga ko‘ra, so‘nggi 10 yil ichida bunday qoplamalar asosida ishlab chiqarilgan quyosh issiqlik kollektorlarining samaradorligi o‘rtacha **18–25 % ga oshgan**, xizmat muddati esa 20–25 yilgacha yetgan. Bu esa ularning sanoat va kommunal energetika tizimlariga keng joriy etilishiga sabab bo‘lmoqda.

Xulosa qilib aytganda, keramik kompozitsion plyonka asosidagi texnologiyalar an’anaviy metall va polimer qoplamalarga nisbatan yuqori termik barqarorlik, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlikni ta’minlaydi hamda kelajakda quyosh issiqlik energetikasining asosiy yo‘nalishlaridan biri bo‘lishi kutilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. — 4th ed. — Wiley, 2013.
2. Kalogirou S.A. Solar thermal collectors and applications // *Progress in Energy and Combustion Science*. — 2004. — Vol. 30. — P. 231–295.
3. Granqvist C.G. Solar energy materials // *Advanced Materials*. — 2003. — Vol. 15(21). — P. 1789–1803.
4. Kennedy C.E. Review of mid- to high-temperature solar selective absorber materials // *NREL Report*. — 2002.

5. Cao F., McEnaney K., Chen G., Ren Z. Cermet-based spectrally selective solar absorbers // *Energy & Environmental Science*. — 2014. — Vol. 7. — P. 1615–1627.
6. Selvakumar N., Barshilia H.C. PVD spectrally selective coatings // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. — 2012. — Vol. 98. — P. 1–23.
7. Tian Y., Zhao C.Y. Solar collectors and thermal energy storage // *Applied Energy*. — 2013. — Vol. 104. — P. 538–553.
8. Modest M.F. *Radiative Heat Transfer*. — Academic Press, 2013.
9. International Energy Agency (IEA). *Solar Thermal Technology Roadmap*. — Paris, 2021.
10. Quaschning V. *Understanding Renewable Energy Systems*. — Earthscan, 2016.
11. Xo‘jamberdiyev D.I., Alinazarov A.X., Alinazarova M.A. Keramik kompozitsion plonka asosidagi quyosh qurilmalarida issiqlik tashuvchi parametrlarni hisoblashning matematik modeli va dasturiy ta’minoti // EHM dasturi uchun mualliflik guvohnomasi DGU 58628, 07.01.2026. Toshkent