

# MUHANDISLIK

## & IQTISODIYOT

# №2

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

# 2026 fevral



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 - Texnika fanlari

08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB<sup>™</sup>  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Academic Resource Index  
ResearchBib

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE

CYBERLENINKA

OpenAIRE

ROAD

INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL

BASE

Crossref

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА LIBRARY.RU



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ  
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА  
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 538 sahifa.  
2026-yil, fevral

## **Bosh muharrir:**

**Zokirova Nodira Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

## **Bosh muharrir o'rinbosari:**

**Shakarov Zafar G'afarovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

## **Tahrir hay'ati:**

**Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich**, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shaumarov Said Sanatovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Turayev Bahodir Xatamovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Allayeva Gulchexra Jalgasovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Arabov Nurali Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Xamrayeva Sayyora Nasimovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bobonazarova Jamila Xolmurodovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Irmatova Aziza Baxromovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

**Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Amanov Otabek Amankulovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li**, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Qurbonov Samandar Pulatovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Tabayev Azamat Zaripbayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sxay Lana Aleksandrovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Ismoilova Gulnora Fayzullayevna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kasimova Nargiza Sabitdjanovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kalanova Moxigul Baxritdinovna**, dotsent

**Ashurzoda Luiza Muxtarovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Botirali Roxataliyevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor

**Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

**Bauyetdinov Majit Janizaqovich**, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

**Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li**, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sultonov Shavkatjon Abdullayevich**, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

**Jo'raeva Malohat Muhammadovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

**Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

**Kalonova Moxigul Baxritdinovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

**Mirzayev Kulmamat Djanzakovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Norboyev Odil Abrayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Mirzayev Kulmamat Djanzakovich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellashtirish
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK  
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

**Muassis:** "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

**Hamkorlarimiz:**

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



# MUNDARIJA

RIVOJLANGAN MAMLAKATLAR BANKLARIDA RISK-MENEJMENTNING TASHKILYI MODELLARI.....	26
<b>Madaminov Bekzod Allayarovich</b>	
“HUDUDGAZTA‘MINOT” AJ DA AMALGA OSHIRILGAN LOYIHALAR SAMARASI .....	32
<b>Shukurillaev Jahongir Botir o‘g‘li</b>	
HARBIY XIZMATCHI AYOLLARNING MAXSUS KIYIM SIFATIGA QO‘YILADIGAN DASTLABKI TALABLARNI SHAKLLANTIRISH .....	37
<b>Abduraxmanova N.D., Mirtolipova N.X., Nasirullayeva G.S.</b>	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО ЯЗВЕННОГО КОЛИТА У ДЕТЕЙ .....	42
<b>Закирова Бахора Исламовна, Каримов Достон Рустам угли</b>	
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИСКАЛЬНЫХ И КРЕДИТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА РЫНКИ ВЫСОКОЛИКВИДНОЙ ПРОДУКЦИИ И ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН.....	48
<b>Бекзод Умматов</b>	
ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	55
<b>Вахидов Азизжон Саиджонович</b>	
SUG‘URTA FAOLIYATIDAGI MOLIYAVIY RISKLAR: BAHOLASH VA MINIMALLASHTIRISH STRATEGIYALARI .....	58
<b>Xalikulova Shirin Utkir qizi</b>	
“ANDIJONDONMAHSULOT” AJ MISOLIDA XARAJATLARNING STRATEGIK BOSHQARUV HISOBİ: AMALIY TAHLIL VA TAKOMILLASHTIRISH TAVSIYALARI .....	62
<b>Xayitboyeva Laylo Oybekovna</b>	
XORIJYIY MAMLAKATLARNING NORASMIY IQTISODIYOT DARAJASINI PASAYTIRISHDAGI TAJRIBASI .....	66
<b>Alimardonov G‘ayratjon Nuraliyevich</b>	
XO‘JALIK YURITUVCHI SUBYEKTLARDA BARQARORLIK HISOBOTLARI AUDITINI SHAKLLANTIRISH .....	72
<b>Xolikov Ravshan Anvar o‘g‘li</b>	
PUL - KREDIT SIYOSATINING TRANSMISSION MEXANIZMINI RIVOJLANTIRISH .....	76
<b>Obidova Zilola Ikromjon qizi</b>	
HOMILADORLIK DAVRIDA AYOLLARDA UCHRAYDIGAN GESTOZLI KATARAL GINGIVITNI KOMPLEKS DAVOLASHNI OPTIMALLASHTIRISH .....	81
<b>Nomurodova Farangiz Lazizovna</b>	
AGRAR KORXONALARDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHDA INVESTITSIYA MEXANIZMLARINING IQTISODIY SAMARADORLIGI VA RIVOJLANTIRISH YO‘NALISHLARI .....	87
<b>Egamberdiyev Abdujabbor Xusanovich</b>	
YOSHLAR TADBIRKORLIGI VA KICHIK BIZNES IQTISODIYOTINI TA‘MINLASHDA INFRATUZILMALARDAN FOYDALANISH IMKONIYATLARI .....	92
<b>Mirzatov Baxtiyor Toxirovich</b>	
KICHIK BIZNES SUBYEKTLARI FAOLIYATINI BAHOLASH METODOLOGIYASINING MAZMUNI VA TAMOIYILLARI .....	96
<b>Mavrulov Ravshan Nematjonovich</b>	



УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ КОММУНИКАЦИЯМИ В ПРОЕКТАХ .....	101
<b>Носирова Гулираъно Абдулазиз кизи</b>	
DAVLAT BUDJETI JARAYONIDA MONITORING VA MOLIVAVIY NAZORATNI TAKOMILLASHTIRISH MASALALARI .....	107
<b>Yax'yayeva Dilfuza Bagdatovna</b>	
XIZMAT KO'RSATISH SOHASIDA KICHIK KORXONALAR RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISH MEKANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH .....	111
<b>Axmedov Sanjar Temur o'g'li</b>	
RAQAMLI MOLIVA TEXNOLOGIYALARI EVOLYUTSIYASINING ISTIQBOLLI YO'NALISHLARI VA YUZAGA KELISHI MUMKIN BO'LGAN XATARLAR TAHLILI .....	117
<b>Ko'chimov Jahongir Shuxrat o'g'li</b>	
GAZ VA GAZ KONDENSATINI YIG'ISH VA TAYYORLASH TIZIMLARI UCHUN ZAMONAVIY LOYIHALASH USULLARI TAHLILI .....	123
<b>Abdirazakov Akmal Ibragimovich Namozov Og'abek Maxmud o'g'li</b>	
AGILE PROJECT MANAGEMENT IN THE DIGITAL ERA: STRATEGIES, FRAMEWORKS, AND BEST PRACTICES FOR SUCCESS .....	128
<b>Utkirova Maftuna Murodjon qizi</b>	
O'ZBEKISTON EKSPORTYOR KORXONALARINING YANGI BOZORLARGA CHIQISHIDA FAOL MARKETING VOSITALARIDAN FOYDALANISH HOLATI VA MUAMMOLARI .....	134
<b>Baqoyev Sunnatillo Burxon o'g'li</b>	
TADBIRKORLIK FAOLIYATIGA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNING ILMIIY-NAZARIY ASOSLARI .....	139
<b>Salaydinov Shodiyor Nizom o'g'li</b>	
TO'QIMACHILIK SANOATIDA INVESTITSION LOYIHALARNI BOSHQARISH METODOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISHNING TASHKILIIY-IQTISODIY JIHLTLARI .....	144
<b>Qurbonov Jasurbek Pozilovich</b>	
OPTIMIZATION OF ROADSIDE AUTO CAMPING SITES (REST AREAS) ON HIGHWAYS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE: INFRASTRUCTURE GAPS AND CORRIDOR-BASED EVIDENCE FROM UZBEKISTAN .....	150
<b>Akramov Akbarjon Akmal ugli</b>	
QURILISH KORXONALARIDA INNOVATSION MARKETING YONDASHUVLARINING AHAMIYATI .....	156
<b>Aminov Abbas Mo'minboy o'g'li</b>	
XIZMAT KO'RSATISH SOHASIDA AHOLI ISH BILAN BANDLIGI SAMARADORLIGINI IFODALOVCHI KO'RSATKICHLAR .....	160
<b>Abdusaidov Akmal Abduvaliyevich</b>	
MINTAQADA XUSUSIY TIBBIYOT MUASSASALARIDA MARKETING STRATEGIYASI .....	165
<b>Yakubov Temur G'anibekovich</b>	
AHOLI DEMOGRAFIK JARAYONLARINI IFODALOVCHI STATISTIK KO'RSATKICHLAR TIZIMI .....	169
<b>Siroj Zarina Rustambekovna</b>	
AXBOROT MAHSULOTLARI BIZNESINING YAIM VA BANDLIKKA TA'SIRI: EKONOMETRIK TAHLIL .....	176
<b>Abdullayev Abdulla Fayzulla o'g'li</b>	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA SOG'LIQNI SAQLASH TIZIMINI IQTISODIY SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING KONSEPTUAL ASOSLARI .....	181
<b>Ziyodullayev Qahramon</b>	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ: ПОЛЬЗА ДЛЯ ЭКОНОМИКИ И ЭКОЛОГИИ .....	185
<b>Хамдамова Гавхар Абсаматовна</b>	
O'ZBEKISTONDA EKSPORTNI RAG'BATLANTIRISHNING MOLIVAVIY VOSITALARI VA ULARNI TAKOMILLASHTIRISHNING ASOSIY YO'NALISHLARI .....	191
<b>Mamatov Baxodir Quldoshovich</b>	



KO'P QIRRALI VALLARNING SHAKLLANTIRISH METODLARI VA USULLARINI TAHLIL QILISH .....	197
<i>Xasanov Bobirmirzo Maxmudali o'g'li, Valixonov Dostonbek Azim o'g'li, Alibekov Rasulbek Qanotbek o'g'li</i>	
MINTAQA SANOATINING TARKIBIY TRANSFORMATSIYASI VA UNNING IQTISODIY O'SISHGA TA'SIRINI EKONOMETRIK MODELASHTIRISH .....	205
<i>Abdinazarov Xusan Shaymanovich</i>	
RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA SUG'URTA BOZORINING RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISH .....	209
<i>Nomozova Qumri Isoyevna</i>	
XALQARO STANDARTLAR TALABLARI ASOSIDA AUDITORLIK TEKSHIRUVINI TASHKIL ETISHNING ILMIY-NAZARIY ASOSLARI .....	216
<i>Akromov Shohrux Shuhrat o'g'li</i>	
QASHQADARYO VILOYATIDA XIZMATLAR SOHASINING RIVOJLANISHNI TARTIBGA SOLISH TIZIMI .....	221
<i>Achilova Firuza Kurbanovna</i>	
BANK MENEJMENTIDA INKLYUZIV MOLIYALASHTIRISHNING NAZARIY ASOSLARI, TAMOYILLARI VA STRATEGIK AHAMIYATI .....	225
<i>Rajabov Oybek Panjievich</i>	
MINTAQADA OLIY TA'LIM TIZIMINING ISHSIZLIK DARAJASIGA TA'SIRINI EKONOMETRIK MODELASHTIRISH .....	229
<i>Rustamov Jasurbek Ravshanbek o'g'li</i>	
MAISHIY XIZMATLAR SOHASIDA INNOVATSION KLASTER MODELINI JORIY ETISHNING USTUVOR YO'NALISHLARI .....	235
<i>Normurodova Zebo Eshmaxmatovna</i>	
RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA INVESTITSIYA FAOLIYATINI BOSHQARISH .....	240
<i>Xatamov Nurbek Ochildiyevich, Sharifi Abdul Fatah</i>	
MOLIYAVIY REJALASHTIRISHNING AMALDAGI MUAMMOLARI VA ULARNI YECHIMI YUZASIDAN TAKLIFLAR .....	245
<i>Pardayev Jamshid Muzaffarovich</i>	
TIJORAT BANKLARI LIKVIDLIK RISKLARINI BAHOLASH METODOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH MASALALARI .....	251
<i>Sulaymanov Samandarboy Adhambek o'g'li</i>	
O'ZBEKISTON TIJORAT BANKLARIDA RISKLARNI BOSHQARISH AMALIYOTINI TAKOMILLASHTIRISH .....	257
<i>Karimov Shohrux Boydulla o'g'li</i>	
"O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI" AKSIYADORLIK JAMIYATINING HISOBOTLARINI XALQARO STANDARTLARGA TRANSFORMATSIYA QILISH .....	262
<i>Astanov Zafar Murodillayevich</i>	
QARAMA-QARSHI AYLANUVCHI IKKI ROTORLI SHAMOL TURBINASINING MATEMATIK MODEL .....	266
<i>Pirmatov Nurali Berdiyevich, Bekishev Allabergen Yergashevich, Saodullayev Abror Saypullayevich, Qurbonov Najmiddin Abduxamidovich</i>	
YASHIL IQTISODIYOT SHAROITIDA KICHIK VA O'RTA BIZNESNI BARQAROR RIVOJLANTIRISHNING INSTITUTIONAL VA INVESTITSION MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH .....	272
<i>Norboev Sarvar Azodovich</i>	
O'ZBEKISTONDA TRANSPORT SOHASIDA FAOLIYAT YURITAYOTGAN TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINING IQTISODIY AHAMIYATI .....	277
<i>Jaloliddinov Anvar Jaloliddin o'g'li</i>	
ANALYSIS OF UZBEKISTAN'S MAIN ECONOMIC INDICATORS AND GDP GROWTH .....	283
<i>B.Beknazarov</i>	



SOTISH JARAYONIDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR VA MARKETING TADQIQOTLARINING INTEGRATSIIYASI .....	288
<b>Abduxalilova Laylo Tohtasinovna</b>	
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АУДИТЕ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ: ГЛОБАЛЬНЫЙ И УЗБЕКСКИЙ КОНТЕКСТ .....	294
<b>Мегноров Алмардон Абдирахмонович</b>	
RISK MANAGEMENT STRATEGIES IN UNCERTAIN ECONOMIC ENVIRONMENTS: A GLOBAL COMPARATIVE STUDY .....	302
<b>Nigmatova Malika</b>	
OLIY TA'LIM MUASSASALARIDA MOLIVAVIY BARQARORLIKNI TA'MINLASHNING NAZARIY ASOSLARI.....	307
<b>Hamrayev Maqsudjon Saidaxmadovich</b>	
BARQAROR RIVOJLANISHNI TA'MINLASHDA AHOLI BANDLIGINI OSHIRISH MASALALARI .....	311
<b>Mamajonova Gulbaxor Toxirjon qizi</b>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ АУДИТОРСКИХ ПРОЦЕДУР НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ: ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО АУДИТОРСКИХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ .....	316
<b>Киличева Ф.Б.</b>	
MAISHIY TEXNIKA EKSPORTIDA YASHIL IQTISODIY SAMARADORLIKNI BAHOLASHNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI .....	320
<b>Kushmanova Mahbuba</b>	
GAZ TA'MINOTIDA YO'QOTISHLARNI KAMAYTIRISHNING IQTISODIY ASOSLARI .....	324
<b>Xamidov Xayriddin Faxritdinovich</b>	
DAVLAT AKTIVLARINI XUSUSIYLASHTIRISHNING MINTAQA IQTISODIY RIVOJLANISHIGA TA'SIRINI BAHOLASH (QASHQADARYO VILOYATI MISOLIDA).....	329
<b>Sharapov Farrux Shomuratovich</b>	
КРИТЕРИИ ОТБРАКОВКИ ЭКСТРУЗИОННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ ГРУППЫ ALMGS1 ПО МАКРОСТРУКТУРНЫМ ПРИЗНАКАМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ .....	333
<b>Ибрахимов Фаррухжон Фарходович</b>	
AKSIYADORLIK JAMIYATLARIDA DEBITORLIK QARZLARI VA FAKTORING OPERATSIYALARI HISOBINI TAKOMILLASHTIRISH .....	336
<b>G'oziyeva Mokhira Rustamovna</b>	
KULTIVATOR YUMSHATKICH PANJALARI O'TMASLANISH DARAJASINING ISH KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRI .....	345
<b>Quvondiqov Yoqub Tursunbaevich, Nuraliyev To'liqin Alimardanovich</b>	
SANOAT KORXONALARINI BOSHQARISHDA INNOVATSION STRATEGIYANI RIVOJLANTIRISH BO'YICHA XORIJIY TAJRIBALAR .....	352
<b>To'g'onov Ibroximxo'ja</b>	
TMK KORXONASI SHAROITIDA R6AM5 MARKALI TEZKESAR PO'LATDAN TAYYORLANGAN PARMA UCHUN TERMIK ISHLOV BERISH REJIMI .....	358
<b>Djalalova Sevara Toxtamuratovna</b>	
РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ .....	362
<b>Шоев Алим Халмуратович</b>	
TRANSFORMATSIYA VA XUSUSIYLASHTIRISH OMILLARINING BANK SAMARADORLIGI KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRI .....	367
<b>Umirzoqova Aziza Olim qizi</b>	
SANOAT KORXONALARIDA INNOVATSION BOSHQARUV SAMARADORLIGINI OSHIRISH .....	372
<b>Ismatov Raxmatilla Oltinovich</b>	
RAQAMLI TO'LOV TIZIMLARI TADBIRKORLIK SAMARADORLIGINI OSHIRISH OMILI SIFATIDA.....	376
<b>Yoqubjonov Ibrohim G'olibjon o'g'li</b>	



BANK TIZIMIDAGI AKTIVLARINING UNUMDORLIGINI OSHIRISH BO'YICHA STRATEGIK YONDASHUVLAR .....	379
<b>Sadikov Q.M.</b>	
СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ УЗБЕКИСТАНА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ И СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ .....	383
<b>Муслимова Ф.С., Хашимова Н.А.</b>	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA TIBBIY XIZMATLARNI TAQDIM QILISHNING INNOVATSION YONDASHUVLARI .....	390
<b>S.M. Raximova</b>	
YANGI O'ZBEKISTONDA OLIY TA'LIM MUASSASALARI AXBOROT-RESURS MARKAZLARI FAOLIYATINI STRATEGIK BOSHQARISH MODELI .....	395
<b>Qurbanova Muazzam Fazliddinovna</b>	
IQTISODIYOTNING TRANSFORMATSİYALASHUVI JARAYONIDA INVESTITSION KREDITLASHNING TAHLILI .....	399
<b>Tuxsanov Eldor Dilmurod o'g'li</b>	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA EKSPORTNI RAG'BATLANTIRISH MASALALARI .....	404
<b>Abdug'aniyev Murodjon Shavkat o'g'li</b>	
XO'JALIK YURITUVCHI SUBYEKTLARNING INNOVATSION FAOLIYATINI INVESTITSİYALAR YORDAMIDA QO'LLAB-QUVVATLASH .....	408
<b>Baxriddinov Nodirbek Zamirdinovich</b>	
FRANSUZ TILIDA FE'L SEMANTIKASINING KO'PMA'NOLILIK VA BIRMA'NOLILIK ASPEKTLARI .....	412
<b>Jo'rayeva Malohat Muhammadovna, Bekmetova Munisa Karimbayevna</b>	
QORAQALPOG'ISTON RESPUBLIKASIDA ASOSIY KAPITALGA KIRITILGAN INVESTISIYALARDA CHET-EL INVESTISIYASI VA KREDITLARINI ROLI .....	418
<b>Sultanov Anvar Abdullaevich</b>	
INSON QON TOMIRLARINING TARMOQLANISHINI L-SISTEMALAR ASOSIDA HOSIL QILISH ALGORITMNI ISHLAB CHIQUISH .....	423
<b>Boliyeva Dilrabo Nurbek qizi</b>	
YASHIL IQTISODIYOT LOYIHALARINI MOLIYALASHTIRISHDA DAVLAT-XUSUSIY SHERIKLIK (DXSH)NING AHAMIYATI .....	429
<b>Ergashev Axmadjon Maxmudjon o'g'li</b>	
NAMANGAN VILOYATIDA TURIZM SOHASINI RIVOJLANTIRISHNING STRATEGIK YO'NALISHLARI .....	434
<b>Otaylor Usmonaliyev</b>	
TIJORAT BANKLARIDA VALYUTA ARBITRAJI VA UNING MOHIYATI .....	440
<b>Yaxyayev Ziyodilla Lutfullayevich</b>	
TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN ALOQA SOHASINI MOLIYALASHTIRISHNING NAZARIY JIHATLARI .....	443
<b>Mirzaraximova Aziza Azimdjanoyna</b>	
DON VA UN MAHSULOTLARINI QAYTA ISHLASH KORXONALARIDA MARKETING FAOLIYATINI BOSHQARISH XUSUSIYATLARI .....	450
<b>Boyjigitov Sanjarbek Komiljon o'g'li</b>	
SURXONDARYO VILOYATIDA TUXUM ISHLAB CHIQUARISHNING JORIY HOLATI TAHLILI .....	454
<b>Ismoilov Zuhridin Sayitqulovich</b>	
ZAMONAVIY TURAR-JOY ME'MORCHILIGIDA MILLIYLIK VA AN'ANAVIYLIKNING O'RNI VA AHAMIYATI .....	459
<b>Toshniyozov Otabek Hakimovich</b>	
MARKAZIY QIZILQUM FOSFORIT RUDALARIDAN QIMMATBAHO KOMPONENTLARNI KOMPLEKS AJRATISH TEXNOLOGIYASI .....	464
<b>Eshonqulov Uchqun Xudaynazar o'g'li, Ruzibayeva Dildora Akramovna, Xushvaqtova Dilshoda Shavkat qizi</b>	



BANKLARDA CHAKANA KREDITLASH JARAYONLARINI RAQAMLASHTIRISH TARTIBI .....	470
<b>Axmedova Dilrabo Kurbondurdi qizi</b>	
TADBIRKORLIK VA KICHIK BIZNESNI QO‘LLAB-QUVVATLASHNING XALQARO MODELLARI HAMDA ULARNING AMALIY AHAMIYATI .....	476
<b>Nodirbek Shavkatovich Mirzaaxmedov</b>	
DAVLAT FUQAROLIK XIZMATIDA XOTIN-QIZLARNING BOSHQARUV KARYERASI: MOHIYATI, ZARURIYATI VA ILMIY-NAZARIY ASOSLARI .....	483
<b>Abduraxmonova Feruzabonu</b>	
ASOSIY KAPITALGA INVESTITSİYALARNI MOLIYALASHTIRISHNING RIVOJLANAYOTGAN MAMLAKATLAR TAJRIBALARI .....	489
<b>Xoshimov Sobir Murtazayevich</b>	
QURILISH MATERIALLARI ISHLAB CHIQUVCHI KORXONALARDA MARKETING FAOLIYATINING TASHKILIY TUZILMASINI OPTIMALLASHTIRISH .....	495
<b>Uzakova Umida Ruziyevna</b>	
OLIY TA‘LIMNI MOLIYALASHTIRISH SAMARADORLIGI VA PROFESSOR-O‘QITUVCHI–TALABA NISBATI O‘RTASIDAGI IQTISODIY BOG‘LIQLIK.....	502
<b>Dusanov Salim Mamarasulovich</b>	
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЫ AML: АНАЛИЗ ПРАКТИК ВЕДУЩИХ БАНКОВ И СТРАН СНГ .....	507
<b>Рашидов Авазбек Рахимович</b>	
BOJXONA TIZIMINI RAQAMLASHTIRISHDAGI MAVJUD MUAMMOLAR TAHLILI .....	516
<b>Radjapova Latofat Sardorovna</b>	
DEFORMATSIYALANUVCHAN STANDART CHIZIQLI QATTIQ (STANDARD LINEAR SOLID MODEL, SLS) MODEL ISHLAB CHIQUVCHILIK VA SONINI TAHLIL QILISH .....	523
<b>Ahmadov Ilhom Aktam o‘g‘li, Faxriddinova Rayhona Vahobjon qizi, Rustamova Ruxsora Kamtar qizi</b>	
ВЛИЯНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕПЛОВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАМЕННОГО ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА В СОЛНЕЧНО-АССИСТИРОВАННЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ .....	530
<b>Д.М. Жураханов</b>	



УДК 620.91:662.636:621.311

# ВЛИЯНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕПЛОВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАМЕННОГО ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА В СОЛНЕЧНО-АССИСТИРОВАННЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ

**Д.М. Жураханов**

Докторант Наманганского государственного технического университета

Email: [dilshodbekjuraxanov@gmail.com](mailto:dilshodbekjuraxanov@gmail.com);ORCID: [0009-0004-1319-2942](https://orcid.org/0009-0004-1319-2942)

**Аннотация.** В работе исследуется влияние керамических композиционных покрытий на тепловую эффективность каменного тепло аккумулятора, применяемого в солнечно-ассистированных биогазовых установках. Рассматриваются два случая: тепло аккумулятор без покрытия и тепло аккумулятор с функциональным керамическим покрытием, при одинаковых геометрических и эксплуатационных условиях. Для оценки теплового поведения системы разработана математическая модель на основе энергетического баланса с учетом поглощения солнечного излучения, конвективных и радиационных теплотерь. Показано, что применение керамического покрытия приводит к увеличению поглощаемого теплового потока и снижению радиационных потерь, что обеспечивает более высокую температуру и инерционность теплоаккумулятора. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования керамических покрытий для повышения эффективности солнечных биогазовых систем.

**Ключевые слова:** каменный тепло аккумулятор, керамическое покрытие, тепловая эффективность, солнечно-ассистированных биогазовая установка, моделирование тепловых процессов, радиационные теплотери.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada quyosh-biogaz tizimlarida qo'llaniladigan toshli issiqlik energiyasini saqlash qurilmasining issiqlik samaradorligiga keramik qoplamaning ta'siri o'rganilgan. Bir xil geometrik va ish sharoitlarida ikki konfiguratsiya — qoplamasiz va keramik qoplama issiqlik saqlash qurilmasi — ko'rib chiqilgan. Energiya balansi tenglamalariga asoslangan matematik model ishlab chiqilgan bo'lib, unda quyosh nurlanishining yutilishi, shuningdek, konvektiv va radiatsion issiqlik yo'qotishlari hisobga olingan. Natijalar keramik qoplama yutilgan issiqlik oqimini oshirishi va radiatsion yo'qotishlarni kamaytirishini, bu esa ish haroratining oshishiga hamda saqlash qurilmasining issiqlik inertsiyasining yaxshilanishiga olib kelishini ko'rsatdi. Tadqiqot keramik qoplamalarning quyosh yordamida ishlovchi biogaz tizimlarining issiqlik samaradorligini oshirishda samarali yechim ekanligini tasdiqlaydi.

**Kalit so'zlar:** toshli issiqlik akkumulyatori, keramik qoplama, issiqlik samaradorligi, quyosh yordamida ishlovchi biogaz qurilmasi, issiqlik jarayonlarini modellashtirish, radiatsion issiqlik yo'qotishlari.

**Abstract.** This paper investigates the effect of ceramic coating on the thermal efficiency of rock-bed thermal energy storage used in solar-biogas systems. Two configurations are considered under identical geometric and operating conditions: uncoated and ceramic-coated thermal energy storage. A mathematical model based on energy balance equations is developed, accounting for solar radiation absorption as well as convective and radiative heat losses. The results demonstrate that the ceramic coating increases the absorbed thermal flux and reduces radiative losses, leading to higher operating temperature and improved thermal inertia of the storage unit. The study confirms the potential of ceramic coatings as an effective approach to enhance the thermal performance of solar-assisted biogas systems.

**Keywords:** stone heat accumulator, ceramic coating, thermal efficiency, solar-assisted biogas plant, modeling of thermal processes, radiative heat losses.



## ВВЕДЕНИЕ

Использование солнечной энергии для подогрева биогазовых установок является одним из наиболее энергоэффективных и экологически безопасных решений [1, 2]. Однако неравномерность солнечной радиации во времени и значительные суточные колебания температуры ограничивают прямое применение солнечных коллекторов без промежуточного аккумулирования тепла. В этой связи системы аккумулирования тепловой энергии приобретают ключевое значение, обеспечивая согласование между поступлением солнечной энергии и тепловыми потребностями биогазового реактора [1-3]. В последние годы биогазовые технологии рассматриваются как одно из перспективных направлений использования возобновляемых источников энергии, обеспечивающих одновременное решение энергетических и экологических задач [7, 8]. Эффективность анаэробного сбраживания в биогазовых установках в значительной степени определяется температурным режимом реактора, поскольку активность метаногенных микроорганизмов чувствительна к отклонениям температуры от оптимальных мезофильных и термофильных диапазонов. Особенно остро проблема температурной стабильности проявляется в условиях холодного климата, где теплотери реактора возрастают, а потребность во внешних источниках тепла существенно увеличивается [7].

Каменные (твердофазные) тепло аккумуляторы привлекают внимание исследователей благодаря простоте конструкции, низкой стоимости, высокой термической устойчивости и экологической безопасности. В то же время тепловая эффективность таких тепло аккумуляторов во многом определяется оптическими и радиационными свойствами их поверхности, которые, как правило, не оптимизированы для поглощения солнечного излучения и снижения тепловых потерь [3, 12, 14]. В большинстве существующих исследований каменные тепло аккумуляторы рассматриваются как пассивная среда хранения тепла, тогда как возможности активного управления процессами поглощения и излучения тепловой энергии остаются недостаточно изученными.

Одним из перспективных направлений повышения тепловой эффективности каменных тепло аккумуляторов является применение функциональных керамических покрытий, обладающих высокой солнечной поглощающей способностью и пониженной тепловой излучательной способностью. За счёт изменения поверхностных оптических характеристик керамическое покрытие потенциально позволяет увеличить долю поглощаемого солнечного излучения и одновременно снизить радиационные теплотери, особенно при повышенных температурах, где вклад излучения возрастает пропорционально четвёртой степени температуры [4, 10, 15]. Несмотря на активное развитие исследований в области керамических покрытий для солнечных теплотехнических применений, их использование в составе каменных тепло аккумуляторов, предназначенных для солнечно-ассистированных биогазовых установок, изучено недостаточно. В частности, отсутствует систематическое сравнение теплового поведения теплоаккумуляторов с керамическим покрытием и без него на основе математического моделирования, позволяющего количественно оценить влияние покрытия при одинаковых геометрических и эксплуатационных условиях [12, 15]. В связи с этим целью настоящей работы является исследование влияния керамического покрытия на тепловую эффективность каменного тепло аккумулятора в солнечно-ассистированных биогазовых установках на основе сравнительного математического моделирования. В работе анализируются процессы поглощения солнечного излучения, конвективных и радиационных теплотерей, а также динамика температуры тепло аккумулятора для покрытого и непокрытого вариантов, что позволяет обосновать целесообразность применения керамических покрытий для повышения энергетической эффективности биогазовых систем [7, 12].

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Интеграция солнечных тепловых технологий с биогазовыми установками в последние десятилетия рассматривается как одно из перспективных направлений повышения энергетической эффективности и устойчивости агроэнергетических систем. Базовые теоретические положения солнечной теплотехники системно изложены в труде John A. Duffie и William A. Beckman формируют термодинамическую и теплотехническую основу анализа солнечных систем, включая расчёт коллекторов, тепловых балансов и процессов аккумулирования энергии. Эти положения являются методологической базой для исследования работы каменных теплоаккумуляторов в солнечно-ассистированных биогазовых установках.

Комплексный анализ солнечных тепловых коллекторов представлен в работе Soteris A. Kalogirou (2004), где подробно рассматриваются показатели эффективности, конструктивные особенности и направления оптимизации теплопередачи. Особое внимание уделяется снижению тепловых потерь и улучшению характеристик теплообменных поверхностей, что непосредственно связано с применением

керамических композиционных покрытий для повышения теплоотдачи и теплоёмкости каменных аккумуляторов.

Проблематика аккумулирования тепловой энергии широко раскрыта в исследованиях Luisa F. Cabeza и соавторов (2010), посвящённых современным технологиям высокотемпературного хранения энергии. Авторы проводят сравнительный анализ чувствительных и фазопереходных систем хранения, подчёркивая преимущества твёрдых материалов, включая камень и керамику, благодаря их термической устойчивости и долговечности. Аналогичные выводы содержатся в работе Chunying Zhao и Zhenggui Wu (2011), где исследуются расплавленные соли и твёрдые частицы как среды аккумулирования. Показано, что твёрдые материалы обеспечивают стабильную работу при циклических тепловых нагрузках, что особенно важно для биогазовых реакторов с солнечной поддержкой.

Материаловедческий аспект теплоаккумулирования детально рассмотрен Luisa F. Cabeza и соавторами (2011) в обзоре фазопереходных материалов для зданий. Авторы выделяют ключевые параметры — теплопроводность, удельную теплоёмкость и термическую стабильность, — которые могут быть использованы в качестве критериев оценки эффективности керамических композиционных покрытий. В последующих исследованиях (2013) подчёркивается значимость рационального подбора материалов и оптимизации геометрии теплоаккумулирующих систем для повышения общей тепловой эффективности.

Фундаментальные механизмы теплопереноса в твёрдых телах и композиционных материалах изложены в работе Frank P. Incropera и соавторов *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (2011). Представленные модели теплопроводности, конвекции и излучения позволяют теоретически обосновать влияние керамических покрытий на коэффициент теплопередачи, тепловое сопротивление и излучательные свойства поверхности каменного аккумулятора.

Технологические особенности биогазового производства рассмотрены в исследованиях Peter Weiland (2010), где подчёркивается решающая роль стабильного температурного режима в процессе анаэробного сбраживания. Ayhan Demirbas (2008) также указывает, что эффективность получения биогаза напрямую зависит от качества теплового обеспечения реактора. В работе Stavros Karellas и соавторов (2010) показано, что повышение тепловой эффективности снижает эксплуатационные затраты и улучшает инвестиционную привлекательность биогазовых проектов.

Дополнительные аспекты солнечно-ассистированных тепловых процессов отражены в исследованиях Rakesh Shukla и соавторов (2010), где подчёркивается важность управляемого аккумулирования и равномерного распределения тепла в агроэнергетических системах.

Таким образом, анализ научных источников свидетельствует о том, что эффективность солнечно-ассистированных биогазовых установок во многом определяется характеристиками систем аккумулирования тепла. Несмотря на значительное количество исследований в области солнечной теплотехники и тепловых накопителей, влияние керамических композиционных покрытий на тепловую эффективность каменных теплоаккумуляторов остаётся недостаточно изученным. Это определяет научную актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе для оценки влияния керамического покрытия на тепловую эффективность каменного тепло аккумулятора используется сравнительный подход на основе математического моделирования. Рассматриваются два варианта тепло аккумулятора при одинаковых геометрических и эксплуатационных условиях: каменный тепло аккумулятор без керамического покрытия и каменный тепло аккумулятор с функциональным керамическим покрытием. Различие между вариантами учитывается исключительно через оптические и радиационные свойства поверхности [1, 6].

## АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Для упрощения анализа и получения наглядных сравнительных результатов в модели приняты следующие допущения:

- Температура каменной засыпки считается равномерной по объёму (модель с сосредоточенными параметрами);
- Теплофизические свойства камня не зависят от температуры в рассматриваемом диапазоне;
- Теплопередача между тепло аккумулятором и окружающей средой осуществляется за счёт конвекции и теплового излучения;
- Солнечное излучение равномерно падает на эффективную поверхность тепло аккумулятора;
- Влияние теплопроводности внутри засыпки учитывается интегрально через эффективную теплоёмкость.



Тепловое поведение каменного тепло аккумулятора описывается уравнением нестационарного энергетического баланса:

$$mc \frac{dT}{dt} = Q_{abc} - Q_{conv} - Q_{rad} \quad (1)$$

Где  $m$  — масса каменной засыпки,  
 $c$  — удельная теплоёмкость камня,  
 $t$  — средняя температура тепло аккумулятора.

Количество тепла, поглощаемого тепло аккумулятором от солнечного излучения, определяется выражением:

$$Q_{abc} = \alpha GA \quad (2)$$

Где  $\alpha$  — коэффициент солнечного поглощения поверхности,  
 $G$  — плотность потока солнечной радиации,  
 $A$  — эффективная площадь теплообмена.

Для тепло аккумулятора с керамическим покрытием значение  $\alpha$  принимается выше по сравнению с непокрытым вариантом.

Конвективный теплообмен с окружающей средой рассчитывается по формуле:

$$Q_{conv} = hA(T - T_a) \quad (3)$$

Где  $h$  — коэффициент конвективной теплоотдачи,  
 $T_a$

— температура окружающей среды.

Радиационные теплототери определяются законом Стефана–Больцмана:

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A(T^4 - T_a^4) \quad (4)$$

Где  $\varepsilon$  — коэффициент теплового излучения поверхности,  
 $\sigma$  — постоянная Стефана–Больцмана.

Для варианта с керамическим покрытием принимается пониженное значение  $\varepsilon$ , что приводит к снижению радиационных теплототери, особенно при повышенных температурах [4, 6].

Для обоих вариантов тепло аккумулятора уравнение (1) решается численно при одинаковых начальных и граничных условиях. Сравнение теплового поведения проводится по следующим показателям:

- Максимальная температура тепло аккумулятора;
- Скорость охлаждения после прекращения солнечного облучения;
- Тепловая инерционность системы.

Такой подход позволяет количественно оценить вклад керамического покрытия в повышение тепловой эффективности каменного тепло аккумулятора и исключить влияние посторонних факторов, не связанных с оптическими и радиационными свойствами поверхности. В расчётах использованы типичные значения теплофизических и оптических параметров, характерные для каменных теплоаккумулирующих сред и функциональных керамических покрытий. Значения коэффициентов солнечного поглощения и теплового излучения выбраны в диапазонах, широко применяемых в опубликованных исследованиях, что позволяет рассматривать полученные результаты как качественную и сравнительную оценку влияния керамического покрытия на тепловое поведение тепло аккумулятора.

На основе разработанной математической модели выполнен сравнительный анализ теплового поведения каменного теплоаккумулятора без керамического покрытия и с керамическим покрытием при одинаковых геометрических и эксплуатационных условиях. Во всех расчетах параметры, приведенные в таблице 1, принимались идентичными для обоих вариантов, за исключением эффективных коэффициентов солнечного поглощения и теплового излучения поверхности.

Результаты моделирования показывают, что применение керамического покрытия приводит к увеличению поглощаемого теплоаккумулятором солнечного теплового потока. Это обусловлено более высоким значением эффективного коэффициента солнечного поглощения, что непосредственно отражается в уравнении (2). В результате при одинаковой интенсивности солнечной радиации покрытый тепло аккумулятор демонстрирует более быстрый рост температуры по сравнению с непокрытым

вариантом. Существенные различия между рассматриваемыми вариантами проявляются также в характере тепловых потерь. Согласно уравнению (4), радиационные теплотери возрастают пропорционально четвёртой степени температуры, что делает их доминирующим механизмом теплопередачи при повышенных температурах. Использование керамического покрытия с пониженным коэффициентом теплового излучения приводит к заметному снижению радиационных потерь, особенно в области высоких температур, где вклад излучения является определяющим [4, 10, 15].

Анализ нестационарного температурного режима показывает, что каменный тепло аккумулятор с керамическим покрытием характеризуется более высокой максимальной температурой и увеличенной тепловой инерционностью. После прекращения солнечного облучения скорость охлаждения покрытого тепло аккумулятора оказывается ниже по сравнению с непокрытым вариантом, что свидетельствует о более эффективном сохранении накопленной тепловой энергии. Данный эффект имеет принципиальное значение для солнечно-ассистированных биогазовых установок, поскольку способствует сглаживанию суточных колебаний температуры и снижению потребности во внешних источниках тепла [7, 12]. Полученные результаты подтверждают, что влияние керамического покрытия на тепловое поведение каменного тепло аккумулятора носит комплексный характер и обусловлено одновременным увеличением поглощения солнечного излучения и снижением радиационных теплотери. В совокупности эти факторы обеспечивают повышение тепловой эффективности системы аккумулирования и создают более благоприятные условия для поддержания стабильного температурного режима биогазового реактора. Следует отметить, что представленные результаты получены в рамках модельного подхода и отражают потенциальные преимущества применения керамических покрытий. Тем не менее выявленные тенденции согласуются с физическими закономерностями теплообмена и позволяют рассматривать керамическое покрытие как эффективный инструмент повышения энергетической эффективности каменных тепло аккумуляторов в солнечно-ассистированных биогазовых системах. На основе численного решения уравнения (1) при исходных параметрах, приведённых в рис. 1, получены зависимости температуры каменного тепло аккумулятора от времени для покрытого и непокрытого вариантов (Рис. 1).

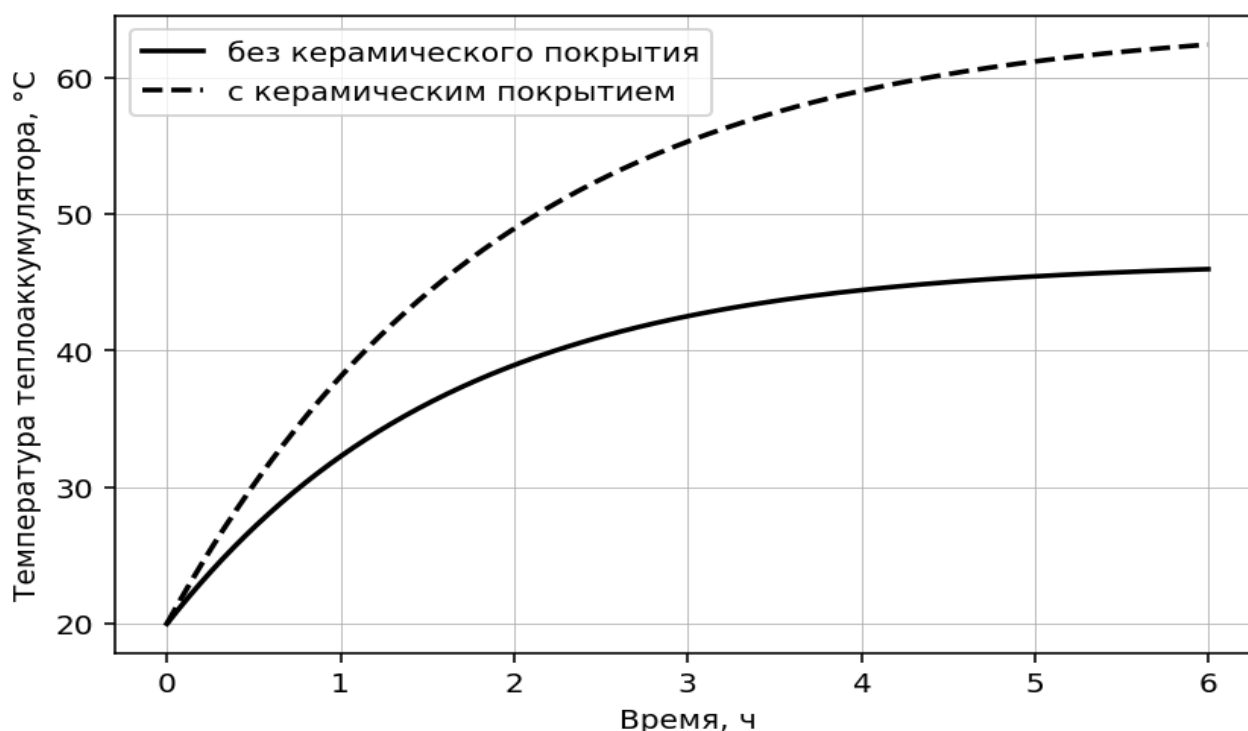


Рис. 1. Изменение температуры каменного тепло аккумулятора во времени

Как видно из рис. 1, применение керамического покрытия приводит к повышению рабочей температуры тепло аккумулятора и увеличению его тепловой инерционности.

Для анализа механизмов теплопередачи рассчитана зависимость суммарных тепловых потерь тепло аккумулятора от его температуры для вариантов с керамическим покрытием и без покрытия (Рис. 2).

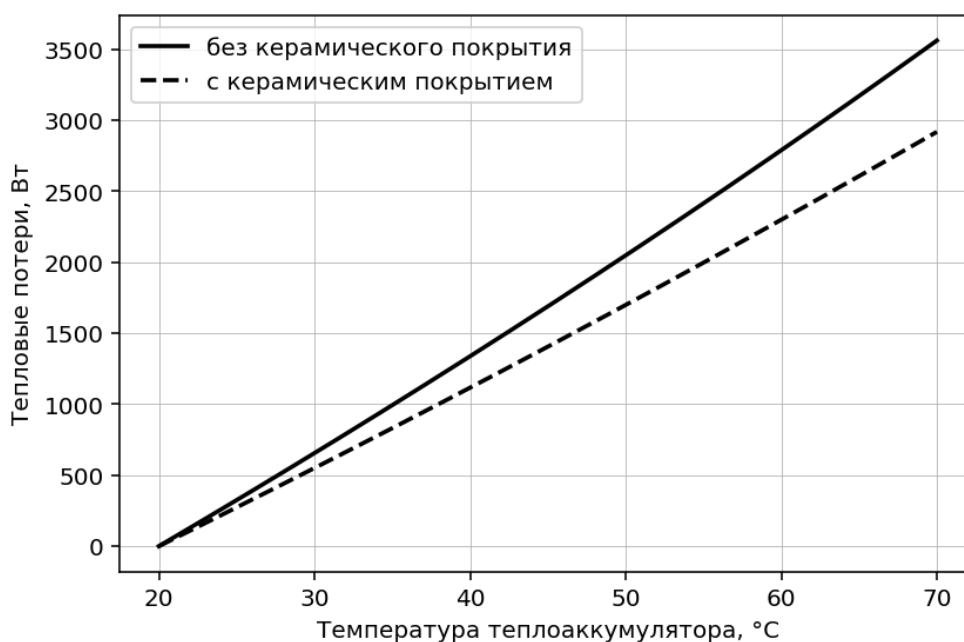


Рис. 2. Зависимость суммарных тепловых потерь каменного тепло аккумулятора от температуры

Следует отметить, что в рассматриваемом температурном диапазоне зависимость суммарных тепловых потерь от температуры носит квазилинейный характер, что обусловлено сочетанием конвективного и радиационного теплообмена при относительно узком интервале изменения температуры.

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В настоящей работе на основе математического моделирования выполнена сравнительная оценка теплового поведения каменного теплоаккумулятора без керамического покрытия и с функциональным керамическим покрытием в составе солнечно-ассистированных биогазовых систем. Предложенный модельный подход позволил количественно проанализировать влияние оптических и радиационных свойств поверхности на процессы накопления и потерь тепловой энергии при одинаковых геометрических и эксплуатационных условиях.

Показано, что применение керамического покрытия приводит к увеличению поглощаемого солнечного теплового потока за счёт повышения эффективного коэффициента солнечного поглощения, а также к снижению радиационных тепловых потерь вследствие уменьшения коэффициента теплового излучения поверхности. В результате каменный теплоаккумулятор с керамическим покрытием характеризуется более высокой рабочей температурой и повышенной тепловой инерционностью по сравнению с непокрытым вариантом.

Анализ тепловых потерь в рассматриваемом температурном диапазоне показал, что снижение излучательных потерь играет особенно важную роль при повышенных температурах, где вклад радиационного теплообмена становится определяющим. Это обеспечивает более эффективное сохранение накопленной тепловой энергии и способствует сглаживанию температурных колебаний, характерных для солнечно- систем.

Полученные результаты подтверждают целесообразность использования керамических покрытий для повышения тепловой эффективности каменных теплоаккумуляторов и создания более стабильного температурного режима в биогазовых реакторах. Представленный подход может быть использован в качестве теоретической основы для дальнейших экспериментальных исследований и оптимизации солнечно-ассистированных биогазовых установок [7, 12].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. – New York: Wiley, 2013, 928 P.
2. Kalogirou S.A. Solar Thermal Collectors and Applications. – Progress In Energy and Combustion Science, 2004, Vol. 30, No. 3, Pp. 231–295.
3. Gil A., Medrano M., Martorell I., Lázaro A., Dolado P., Zalba B., Cabeza L.F. State Of The Art On High-Temperature Thermal Energy Storage For Power Generation. – Renewable And Sustainable Energy Reviews, 2010, Vol. 14, No. 1, Pp. 31–55.



4. Zhao C.Y., Wu Z.G. Thermal Energy Storage with Molten Salt and Solid Particle Media. – *Applied Energy*, 2011, Vol. 88, No. 11, Pp. 4014–4022.
5. Cabeza L.F., Castell A., Barreneche C., De Gracia A., Fernández A.I. Materials Used As Pcm In Thermal Energy Storage In Buildings: A Review. – *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 2011, Vol. 15, No. 3, Pp. 1675–1695.
6. Incropera F.P., Dewitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. – New York: Wiley, 2011, 1072 P.
7. Weiland P. Biogas Production: Current State and Perspectives. – *Applied Microbiology And Biotechnology*, 2010, Vol. 85, No. 4, Pp. 849–860.
8. Demirbas A. Biogas Production from Organic Wastes. – *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects*, 2008, Vol. 30, No. 4, Pp. 333–340.
9. Karellas S., Boukis I., Kontopoulos G. Development of An Investment Decision Tool for Biogas Production from Agricultural Waste. – *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 2010, Vol. 14, No. 4, Pp. 1273–1282.
10. Gil A., Oró E., Peiró G., Álvarez S., Cabeza L.F. Material Selection And Design Of Thermal Energy Storage Systems For Solar Power Plants. – *Applied Energy*, 2013, Vol. 109, Pp. 51–63.
11. Shukla R., Sumathy K., Erickson P., Gong J. Recent Advances in The Solar Drying of Agricultural Produce. – *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 2010, Vol. 14, No. 9, Pp. 2734–2744.
12. Kenmogne F., Nkwetta D.N., Tchinda R. Performance Analysis of Rock-Bed Thermal Energy Storage Systems for Solar Air Heaters. – *Energy Conversion and Management*, 2013, Vol. 76, Pp. 688–698.
13. Zhao D., Tan G. A Review of Thermochemical Energy Storage Systems for Concentrated Solar Power Plants. – *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 2014, Vol. 32, Pp. 414–426.
14. Shimizu H., Nakajima M. Thermal Behavior of Packed-Bed Thermal Energy Storage Systems Under Transient Conditions. – *Applied Thermal Engineering*, 2004, Vol. 24, No. 11–12, Pp. 1661–1674.
15. Liu M., Tay N.H.S., Bell S., Belusko M., Jacob R., Will G., Saman W., Bruno F. Review On Concentrating Solar Power Plants And New Developments In High Temperature Thermal Energy Storage Technologies. – *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 2016, Vol. 53, Pp. 1411–1432.
16. Kenisarin M., Mahkamov K. Solar Energy Storage Using Phase Change Materials. – *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 2007, Vol. 11, No. 9, Pp. 1913–1965.

# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

**Ingliz tili muharriri:** Feruz Hakimov

**Musahhih:** Zokir Alibekov

**Sahifalovchi va dizayner:** Abdurahmon Qurbonov

---

**2026. № 2**

---

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan  
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi  
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan  
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.  
**Litsenziya raqami: №095310.**

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod  
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



[t.me/yait\\_2100](https://t.me/yait_2100)