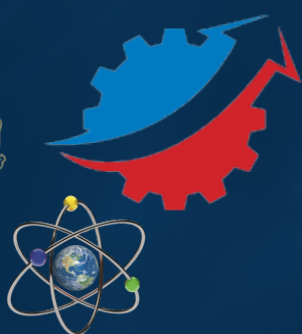


MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

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

2026-YIL
IYUN/6-SON, III-QISM



Milliy nashrlar

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

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X



muhandislik **& iqtisodiyot**

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

Elektron nashr, 2026-yil, iyun.

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)

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)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

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
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
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

RIVOJLANAYOTGAN MAMLAKATLARDA ESG TAMOYILLARINI JORIY ETISHNING INSTITUTSIONAL TO'SIQLARI VA IQTISODIY OQIBATLARI	10
I. R. Berdikulova	
KIMYO SANOATINING IQTISODIYOTDA TUTGAN O'RNI VA TARMOQ KORXONALARIDA BOSHQARUV HISOBI	14
Onorboev Sh.M.	
A WEEKLY LOGISTICS-CONTROLLING SYSTEM FOR EXPORT SUPPLY CHAINS: CORRIDOR-LEVEL EVIDENCE FROM A TEXTILE EXPORTER.....	26
Mukhammadiyahaminova Shakhzoda Sherzodovna	
FOTOVOLTAIK-TROMBE DEVORI ASOSIDA HAVONI ISITISH, TOZALASH VA ELEKTR ENERGIYASI ISHLAB CHIQRISH JARAYONLARINI INTEGRATSIYALASHNING ILMIY-METODIK TAHLILI.....	36
Rahimova Volida Karim qizi	
XAVFSIZ HAYOT TARZINI SHAKLLANTIRISHDA TA'LIM VA TARBIYANING O'RNI: NAZARIY ASOSLAR VA AMALIY MODEL.....	42
Nigmatjonov Sardor Abdumannovich	
РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД.....	49
Дониёрова Зухрабону Алишер кизи	
KAMBAG'AL OILALARNI TADBIRKORLIKKA JALB QILISHDA DAVLAT TOMONIDAN MOLIVAVIY QO'LLAB-QUVVATLASH VA BOSHQARISH (MENEJMENT) TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI...53	
Bazarbaeva Asiya Shalkarbaevna	
MOLIVAVIY INKLYUZIVLIK KONSEPSIYASI: BANK XIZMATLARINING KAMBAG'ALLIK DARAJASIGA TA'SIRINING NAZARIY ASOSLARI VA O'ZBEKISTON AMALIYOTI.....	58
Niyozov Zuxur, Abdujalilov Shexroz, Zubaydulloyeva Damira	
KORXONALARNI QAYTA TASHKIL ETISH JARAYONIDA ASOSIY VOSITALAR HISOBI VA BAHOLASHNI TAKOMILLASHTIRISH.....	61
Davletov Ikrom Raximberganovich	
ИОРДАНИЯ КАК ТУРИСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР БЛИЖНЕГО ВОСТОКА.....	67
Салихова Алина Муратовна	
QUYOSH ENERGIYASINI KONVERSIYALOVCHI OPTOELEKTRON GELIOTRANSFORMATORLARNING FIZIK-TEXNIK ASOSLARI	73
Axunov Qambarali, Xomidov Abdullajon, Mashrapova Irodaxon	
XXI ASRDA O'ZBEKISTONDA ELEKTR ENERGIYASINI TEJASHDAGI YANGI TEXNOLOGIYALAR.....	78
Xamrakulova Xilola, Yusupova Sevaraxon	
HUDUDIY IXTISOSLASHUVNING SHAKLLANISH OMILLARI VA MINTAQAVIY RIVOJLANISHDAGI AHAMIYATI	83
Sodiqova Nigora	
BANKLAR TRANSFORMATSIYASI JARAYONIDA AKTIVLAR SAMARADORLIGI TAHLILI.....	89
Muminov Bekzod Polvonovich	
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УЗБЕКИСТАНА	95
Садыков Авазбек Мадаминович, Цхай Лана Александровна	
MILLIY KADRLAR ZAXIRASINI SHAKLLANTIRISHNING ILG'OR XORIJ TAJRIBASI.....	103
G'aniyev Elyor Sobirjonovich	
DIGITALIZATION OF INSOLVENCY PROCESSES: THE ROLE OF A UNIFIED ELECTRONIC PLATFORM IN ENSURING TRANSPARENCY AND ECONOMIC EFFICIENCY	110
Damirjon Nurmatovich Soliyev	



О ПРОЦЕССАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ В УЗБЕКИСТАНЕ.....	116
Джумаев Аскар Хайдарович	
SOLIQ MA'MURCHILIGI METODOLOGIYASINING HUQUQIY, TASHKILY VA RAQAMLI BAZASINI SHAKLLANTIRISH BILAN BOG'LIQ MUAMMOLAR.....	121
Shamsiev O'ktam Sayfitdinovich	
KO'P XONADONLI UYLARDA KOMMUNAL XIZMATLAR KO'RSATISH SOHASINING INSTITUTSIONAL ASOSLARI VA HOZIRGI HOLATI TAHLILI.....	127
Muminov Obidjon Odilovich	
MINTAQA VA UNING HUDUDLARIDA MEHNAT OMILI HISOBIGA SANOAT SALOHİYATINI OSHIRISH YO'LLARI.....	135
Urazaliyev Bekzod Sultanbayevich	
КЛАССИФИКАЦИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ.....	141
Джуманов А.А.	
O'ZBEKISTONDA SOLIQ MADANIYATINI SHAKLLANTIRUVCHI OMILLARNI FAKTOR TAHLIL VA KO'P OMILLI REGRESSIYA ASOSIDA BAHOLASH.....	152
В.І. Isroilov, В.В. Ibragimov	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗВИТИИ БАНКОВСКИХ УСЛУГ.....	158
Мамутова Айгуль Калмурзаевна	
QUYOSH NOVUZLARIDA SODIR BO'LUVCHI ISSIQLIK JARAYONLARINING BIR O'LCHAMLI MATEMATIK MODEL.....	165
М.М. Maxmudova, J.J. Kamolov	



QUYOSH HOVUZLARIDA SODIR BO'LUVCHI ISSIQLIK JARAYONLARINING BIR O'LCHAMLI MATEMATIK MODEL

M.M. Maxmudova

Buxoro davlat universiteti tayanch doktranti

J.J. Kamolov

Buxoro davlat universiteti Geliyofizika, qayta tiklanuvchi

energiya manbalari va elektronika kafedrasini o'qituvchisi

Annotatsiya. Tuz gradientli quyosh hovuzlarida sodir bo'ladigan issiqlik jarayonlarini hovuz chuqurligi bo'yicha tavsiflashga mo'ljallangan bir o'lchamli nostatsionar matematik model ishlab chiqilgan. Modelda quyosh nurlanishining suv-tuz muhitida yutilishi, konveksiya bo'lmagan zonadagi issiqlik o'tkazuvchanligi, hovuz sirtidagi konvektiv, radiatsion va bug'lanish bilan bog'liq issiqlik yo'qotishlari, shuningdek, hovuz tubidan tuproq qatlamiga uzatiladigan issiqlik oqimi kompleks tarzda hisobga olingan. Modelning fizik asosini issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi, energiya balansi, Buger–Lambert qonuni hamda chegaraviy shartlar tizimi tashkil etadi. Hisoblash natijalari konveksiya bo'lmagan zona qalinligi 0,6–1,2 m oralig'ida bo'lganda pastki konvektiv zonada issiqlikni samarali akkumulyatsiya qilish imkoniyati ortishini ko'rsatdi. Taklif etilgan model quyosh hovuzlarini muhandislik jihatidan loyihalashda termik samaradorlikni, qatlamlar barqarorligini va issiqlikni saqlash muddatini oldindan baholash uchun ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: quyosh hovuzi; bir o'lchamli matematik model; issiqlik o'tkazuvchanligi; tuz gradienti; issiqlik akkumulyatsiyasi; termik samaradorlik.

Аннотация. Разработана одномерная нестационарная математическая модель тепловых процессов в солнечном пруде с солевым градиентом. В модели комплексно учитываются поглощение солнечного излучения в водно-солевой среде, теплопроводность в неконвективной зоне, конвективные, радиационные и испарительные тепловые потери с поверхности пруда, а также тепловой поток, передаваемый через дно в грунт. Физическую основу модели составляют уравнение теплопроводности, энергетический баланс, закон Бугера–Ламберта и система граничных условий. Результаты расчётов показали, что при толщине неконвективной зоны 0,6–1,2 м повышается эффективность аккумуляции тепла в нижней конвективной зоне. Предлагаемая модель может служить научно-практической основой для инженерного проектирования солнечных прудов, а также для предварительной оценки тепловой эффективности, устойчивости слоёв и продолжительности хранения тепловой энергии.

Ключевые слова: солнечный пруд; одномерная математическая модель; теплопроводность; солевой градиент; аккумуляция тепла; тепловая эффективность.

Abstract. A one-dimensional transient mathematical model has been developed to describe thermal processes occurring in a salinity-gradient solar pond along its depth. The model comprehensively incorporates solar radiation absorption in the water–salt medium, heat conduction within the non-convective zone, convective, radiative, and evaporative heat losses from the pond surface, as well as heat transfer from the pond bottom to the surrounding soil. The physical framework of the model is based on the heat conduction equation, energy balance, the Bouguer–Lambert law, and a system of boundary conditions. Simulation results indicate that a non-convective zone thickness of 0.6–1.2 m enhances heat accumulation in the lower convective zone. The proposed model can serve as a scientific and practical basis for the engineering design of solar ponds and for the preliminary assessment of thermal efficiency, layer stability, and heat-storage duration.

Keywords: solar pond; one-dimensional mathematical model; heat conduction; salinity gradient; heat accumulation; thermal efficiency.

KIRISH

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni kengaytirish sharoitida quyosh hovuzlari past haroratli issiqlik energiyasini uzoq muddat saqlashga xizmat qiladigan nisbatan arzon va konstruktiv jihatdan sodda texnologiya sifatida baholanadi [1]. Quyosh hovuzi kollektor va issiqlik akkumulyatori vazifalarini birlashtirgani sababli undagi issiqlik jarayonlarini matematik modellashtirish muhandislik loyihalashning muhim bosqichlaridan

biri hisoblanadi [2]. Tuz gradientli quyosh hovuzida yuqori konvektiv zona, konveksiya bo'lmagan zona va pastki konvektiv zona shakllanadi. Ushbu qatlamlar o'rtasidagi issiqlik almashinuvi hovuzning umumiy energetik samaradorligini belgilaydi [3].

Hovuz chuqurligi bo'yicha harorat taqsimoti issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi, nurlanishning yutilishi va chegaraviy shartlar orqali aniqlanadi [4]. Quyosh nurlanishining suv qatlamlarida so'nishi spektral yutilish koeffitsientlari bilan bog'liq bo'lib, mazkur jarayon pastki konvektiv zonada issiqlik to'planishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [7]. Konveksiya bo'lmagan zonadagi tuz konsentratsiyasi gradienti issiqlikning yuqoriga erkin ko'tarilishini cheklaydi hamda termik stratifikatsiyaning saqlanishini ta'minlaydi [8].

Mavjud tadqiqotlarda quyosh hovuzlarining issiqlik balansi, tub orqali yuzaga keladigan yo'qotishlar, suvning loyqaligi, tuz konsentratsiyasi va meteorologik omillarning ta'siri alohida tahlil qilingan [9]. Shu bilan birga, loyihalash jarayonida murakkab uch o'lchamli modellarga nisbatan tezkor hisoblash imkonini beradigan va fizik mazmuni yetarli darajada saqlanadigan bir o'lchamli modellar amaliy jihatdan qulay hisoblanadi [15]. Shu sababli mazkur tadqiqotning maqsadi quyosh hovuzidagi issiqlik jarayonlarini bir o'lchamli matematik model asosida ifodalash, formulalarni tizimlashtirish hamda termik samaradorlikni baholashdan iborat [20].

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Quyosh issiqlik jarayonlarining nazariy asoslari Duffie va Beckman tomonidan bayon qilingan bo'lib, ularning yondashuvi quyosh energiyasini yig'ish va saqlash tizimlarini hisoblashda muhim metodik asos hisoblanadi [1]. Kooi tomonidan ishlab chiqilgan tuz gradientli quyosh hovuzining statsionar modeli qatlamlararo issiqlik almashinuvini tavsiflashda dastlabki fundamental ishlardan biri sifatida e'tirof etiladi [2]. Rabl va Nielsen quyosh hovuzlarida nurlanishning chuqurlik bo'yicha yutilishini baholash uchun spektral yondashuvni taklif qilgan [3].

Hullning kompyuter simulyatsiyasiga bag'ishlangan tadqiqoti quyosh hovuzlarining termik xatti-harakatlarini vaqt bo'yicha prognozlash imkoniyatlarini ko'rsatgan [4]. Viskanta va Toor suv muhitida quyosh nurlanishining yutilish mexanizmlarini tahlil qilgan hamda bu natijalar optik manba funksiyasini tanlashda muhim ahamiyat kasb etishini asoslagan [7]. Wang va Seyed-Yagoobi suv loyqaligi hamda tuz konsentratsiyasining nurlanishning suv ostiga kirib borishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini ilmiy jihatdan asoslab bergan [9].

El-Sebaai sayoz quyosh hovuzining termik ko'rsatkichlarini o'rgangan va issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish samaradorlikni oshirishda muhim omil ekanligini ta'kidlagan [8]. Karakas va Baytas diffuz qaytargichli quyosh hovuzining ishlash ko'rsatkichlarini tahlil qilib, konstruktiv elementlarning energetik balansga ta'sirini ko'rsatgan [13]. Xie va hammualliflar bir o'lchamli matematik model yordamida tuz gradientli quyosh hovuzining issiqlik samaradorligini baholash mumkinligini tasdiqlagan [15].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda nazariy modellashtirish, issiqlik balansi, differensial tenglamalarni fizik tahlil qilish hamda chekli ayirmalar usuli asosida raqamli hisoblash yondashuvlari qo'llanildi [11]. Quyosh hovuzi vertikal yo'nalishda bir o'lchamli tizim sifatida qaraldi, chunki asosiy harorat o'zgarishi chuqurlik bo'yicha sodir bo'ladi [15]. Gorizonttal yo'nalishdagi o'zgarishlar hovuz maydoni katta va yon devorlar ta'siri nisbatan kichik bo'lgan sharoitlarda e'tiborga olinmadi [21].

Modelda suv-tuz eritmasining zichligi va solishtirma issiqlik sig'imi tanlangan vaqt oralig'ida o'rtacha qiymatlar sifatida qabul qilindi [11]. Konveksiya bo'lmagan zonada issiqlik almashinuvi asosan o'tkazuvchanlik orqali kechadi, yuqori va pastki konvektiv zonalarda esa harorat nisbatan bir tekis aralashgan deb qaraladi [16]. Sirt sharoitlari konveksiya, nurlanish va bug'lanish yo'qotishlari orqali, tub sharoitlari esa tuproq bilan issiqlik almashinuvi orqali ifodalanadi [12].

Quyosh hovuzidagi issiqlik jarayonlarining asosiy fizik mazmuni energiya saqlanish qonuni va issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi bilan ifodalanadi [11]. Hovuzning vertikal koordinatasi x orqali belgilanib, $x = 0$ sirt, $x = H$ esa hovuz tubini bildiradi [15]. Issiqlik manbai sifatida chuqurlik bo'yicha yutilgan quyosh nurlanishi qabul qilinadi [7].

(1) Issiqlik o'tkazuvchanlikning umumiy ko'rinishi:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + Q(x) \quad (1)$$

Bu tenglamada ρ - muhit zichligi, C_p - solishtirma issiqlik sig'imi, T - harorat, k - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $Q(x)$ esa ichki issiqlik manbai sifatida qaraladigan yutilgan nurlanish miqdorini bildiradi [11].

(2) Issiqlik balansi tenglamasi:

$$E_{in} = E_{out} + \Delta E_{storage} + L_{losses} \quad (2)$$



Mazkur balans kiruvchi energiya, chiquvchi energiya, akkumulyatsiyalangan energiya hamda yo'qotishlar o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi [1].

(3) Buger-Lambert nurlanish yutilish qonuni:

$$I(x) = I_0 \cdot \sum \mu_i e^{\eta_i x} \quad (3)$$

Bu yerda I_x - x chuqurlikdagi nurlanish intensivligi, I_0 - sirtga tushuvchi boshlang'ich nurlanish, μ_i va η_i esa spektral yutilish parametrlarini bildiradi [3].

(4) Pastki chegara sharti, ya'ni hovuz tubi uchun issiqlik oqimi:

$$-k \frac{\partial T}{\partial x} = U_b (T_b - T_g) \quad (4)$$

Bu yerda U_b - issiqlik uzatish koeffitsienti, T_b - hovuz tubi harorati, T_g - tuproq harorati bo'lib, ushbu shart tuproqqa uzatiladigan issiqlik oqimini baholash imkonini beradi [13].

Bir o'lchamli nostatsionar holatda harorat $T(x,t)$ ko'rinishida ifodalanadi va vaqtga bog'liq issiqlik almashinuvi quyidagi tenglama orqali tavsiflanadi [15].

(5) Bir o'lchamli nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi:

$$pC_p \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial I(x,t)}{\partial x} \quad (5)$$

Ushbu ko'rinishda quyosh nurlanishining chuqurlik bo'yicha o'zgarishi ichki issiqlik manbai sifatida bevosita tenglamaga kiritiladi [7].

Nurlanishning chuqurlik bo'yicha taqsimoti Rabl va Nielsen modeli asosida bir nechta to'lqin uzunligi diapazonlari bo'yicha hisoblanadi [3].

(6) Quyosh nurlanishining yutilish funksiyasi:

$$I(x) = \tau I_s \sum_{n=1}^4 \mu_n e^{-\eta_n x} \quad (6)$$

Bu ifoda suv-tuz muhitida turli spektral diapazonlar bo'yicha nurlanishning kamayishini hisobga olish imkonini beradi [7].

Hovuz sirtida tashqi muhit bilan issiqlik almashinuvi konveksiya, nurlanish va bug'lanish komponentlaridan tashkil topadi [12].

(7) Sirtidagi chegara sharti, $x = 0$:

Bu yerda h_c - konvektiv issiqlik almashinuvi koeffitsienti, T_s - sirt harorati, T_a - atmosfera harorati, ε - nurlanish koeffitsienti, σ - Stefan-Boltsman doimiysi, q_{evap} esa bug'lanish natijasidagi issiqlik yo'qotishini bildiradi [12].

$$-k \frac{\partial T}{\partial x} = h_c (T_s - T_a) + \sigma \varepsilon (T_s^4 - T_{sky}^4) + q_{evap} \quad (7)$$

Hovuz tubidagi issiqlik balansi pastki konvektiv zonada saqlangan energiya, foydali olinadigan issiqlik va tuproqqa uzatiladigan issiqlik yo'qotishlari bilan aniqlanadi [13].

(8) Hovuz tubidagi issiqlik balansi, $x = H$:

$$(pC_p \Delta x)_{LCZ} \frac{dT_{LCZ}}{dt} = I(H) - q_{load} - q_{loss,ground} \quad (8)$$

Mazkur tenglama LCZ qatlamida to'plangan issiqlikning vaqt bo'yicha o'zgarishini baholashga xizmat qiladi [18].

NCZ qatlamidagi tuz konsentratsiyasi gradienti termik barqarorlikni ta'minlaydi va zichlikning chuqurlik bo'yicha ortishi orqali konvektiv aralashishni kamaytiradi [14].

(9) Dinamik barqarorlik kriteriyasi:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \left(\frac{\partial p}{\partial S} \right) \frac{dS}{dz} + \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right) \frac{dT}{dz} > 0 \quad (9)$$

Barqarorlik kriteriyasi bajarilganda qizigan pastki qatlam yuqoriga erkin ko'tarilmaydi va issiqlikning asosiy qismi LCZ qatlamida saqlanadi [16].

Modelni raqamli yechishda chekli ayirmalar usulidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi, chunki ushbu usul haroratning vaqt va chuqurlik bo'yicha o'zgarishini qatlamlar kesimida bosqichma-bosqich hisoblash imkonini beradi [15].

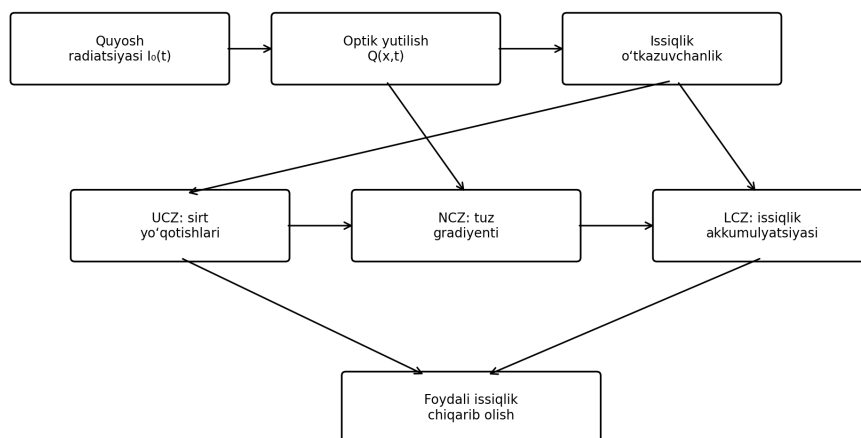
Modellash parametrlari va hisoblash algoritmi

Hisoblash algoritmi hovuz chuqurligini diskret qatlamlarga ajratish, boshlang'ich harorat profilini belgilash, har bir vaqt qadamida nurlanish yutilishini hisoblash hamda chegara shartlari asosida issiqlik yo'qotishlarini aniqlash bosqichlaridan iborat [15]. Har bir qatlam uchun energiya balansi tuziladi va natijada vaqt bo'yicha haroratlarning ketma-ket qiymatlari hosil qilinadi [4]. Bunday yondashuv eksperimental qurilma yaratishdan oldin asosiy konstruktiv parametrlarni baholash imkonini beradi [20].

1-jadval
Bir o'lchamli modelda hisobga olinadigan asosiy parametrlar¹

Parametr	Belgisi	Modeldagi vazifasi
Hovuz chuqurligi	H	Hisoblash sohasi chegarasini belgilaydi
Sirt radiatsiyasi	I_0	Ichki issiqlik manbaini shakllantiradi
Issiqlik o'tkazuvchanlik	k	Qatlamlar bo'yicha issiqlik oqimini aniqlaydi
Sirt almashinuv koeffitsienti	h_c, q_{evap}	Konveksiya va bug'lanish bilan bog'liq issiqlik yo'qotishlarini ifodalaydi
Tub almashinuv koeffitsienti	U_β	Tuproqqa uzatiladigan issiqlik oqimini hisoblaydi
NCZ qalinligi	δ_{NCZ}	Issiqlik izolyatsiyasi va termik barqarorlikni ta'minlaydi

Quyidagi sxema quyosh hovuzidagi asosiy fizik jarayonlar hamda ularning matematik model bilan o'zaro bog'lanishini ko'rsatadi [1].



Bir o'lchamli model: $x = 0$ (sirt) $\rightarrow x = H$ (hovuz tubi)

1-rasm. Quyosh hovuzidagi issiqlik jarayonlarini modellashtirish sxemasi²

TAHLIL VA NATIJALAR

Model bo'yicha olib borilgan hisoblashlar LCZ qatlamida haroratning vaqt o'tishi bilan ortib borishini va ma'lum vaqtdan so'ng barqaror qiymatga yaqinlashishini ko'rsatadi [15]. NCZ qatlamidagi harorat gradienti deyarli chiziqli ko'rinishga ega bo'lib, bu holat mazkur qatlamning issiqlik izolyatori sifatidagi funksiyasini tasdiqlaydi [16]. LCZ haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishi quyidagi ifoda orqali baholanishi mumkin [18].

$$T_{LCZ}(t) = T_a + (T_{max} - T_a)(1 - e^{-t/\tau}) \quad (10)$$

(10) LCZ haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishi:

Ushbu ifoda pastki qatlam haroratining maksimal qiymatga yaqinlashish dinamikasini tavsiflaydi hamda issiqlikni saqlash muddatini baholashda qo'llanadi [18].

Hovuzning termik samaradorligi foydali olinadigan issiqlik miqdorining tushuvchi quyosh radiatsiyasiga nisbati orqali aniqlanadi [1].

$$\eta_{th} = \frac{\int Q_{out} dt}{\int A \cdot I_s dt} \quad (11)$$

1 Muallif ishlanmasi
2 Muallif ishlanmasi



(11) Hovuzning termik samaradorligi:

Termik samaradorlikning ortishi LCZ hajmi, nurlanishning yutilish darajasi va issiqlik yo'qotishlarining kamayishi bilan bevosita bog'liq [20].

Model natijalari bilan tajriba qiymatlari o'rtasidagi moslikni baholashda o'rtacha kvadratik og'ish ko'rsatkichi qo'llaniladi [15].

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{mod} - T_{exp})^2} \quad (12)$$

(12) Modelning aniqligini baholash (RMSE):

RMSE qiymatining kichik bo'lishi modelning real termik jarayonlarni yetarli aniqlikda ifodalashini ko'rsatadi [15].

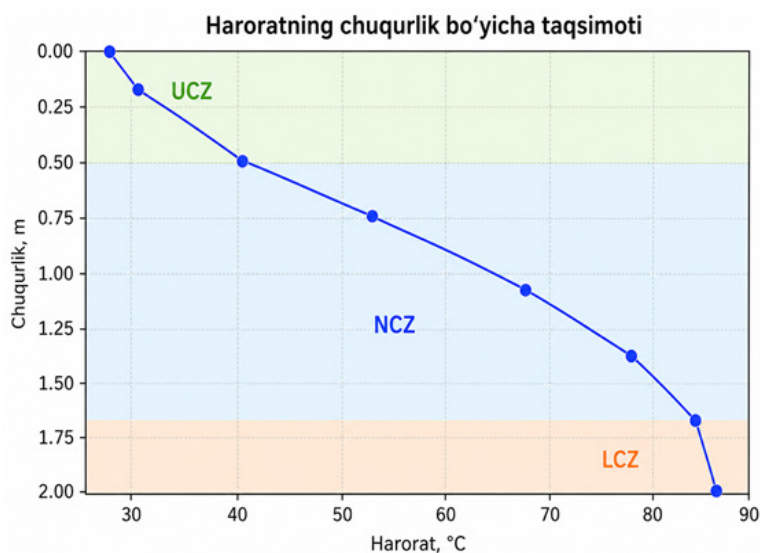
Hovuz tubidan tuproq qatlamiga o'tuvchi issiqlik oqimi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi [13].

$$q_{ground} = -k_g \left(\frac{\partial T_g}{\partial z} \right) \quad (13)$$

(13) Hovuz tubidan issiqlik oqimi yo'qotishi:

Tuproq namligi va issiqlik o'tkazuvchanligi ortib borgan sari tub orqali yuzaga keladigan issiqlik yo'qotishlari ham ortadi. Shu sababli loyihalash jarayonida tub izolyatsiyasiga alohida e'tibor qaratish maqsadga muvofiqdir [13].

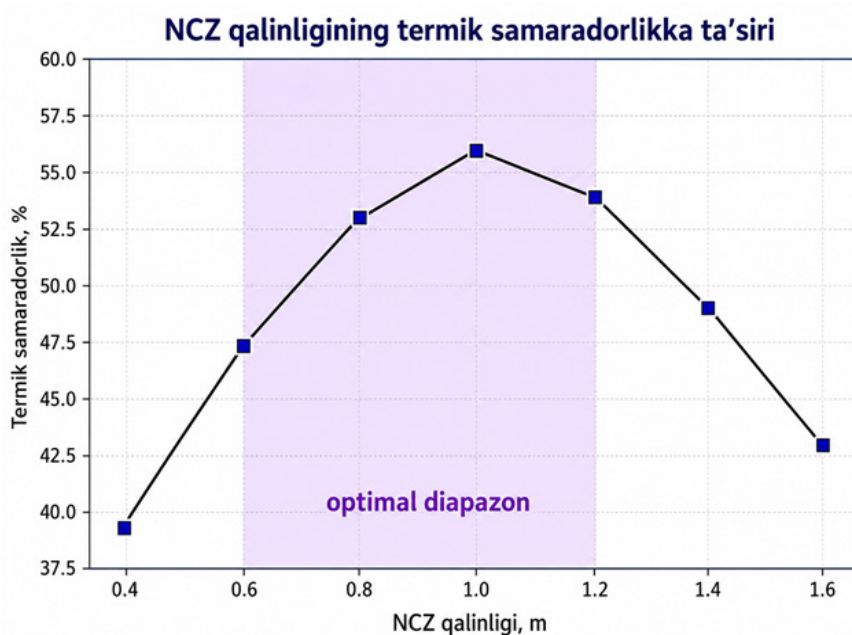
Hisoblash natijalari qulay radiatsion sharoitlarda LCZ harorati 80–85 °C oralig'iga yetishi mumkinligini ko'rsatadi [18]. Sirtga yaqin qatlam tashqi muhit bilan faol issiqlik almashinuvi sababli nisbatan past haroratda



bo'ladi, NCZ qatlamida esa barqaror harorat gradienti shakllanadi [8].

2-rasm. Haroratning hovuz chuqurligi bo'yicha taqsimoti³

NCZ qalinligi termik samaradorlikka ikki tomonlama ta'sir ko'rsatadi: qatlam juda yupqa bo'lganda issiqlik yo'qotishlari ortadi, juda qalin bo'lganda esa foydali issiqlikni ajratib olish hamda LCZ qatlamiga radiatsiyaning yetib borishi kamayadi [16]. Parametrik tahlil natijalari 0,6–1,2 m oralig'ini maqbul diapazon sifatida ko'rsatadi [15].



3-rasm. NCZ qalinligining termik samaradorlikka ta'siri⁴

Shamol tezligi ortishi bilan sirt orqali bug'lanish natijasidagi issiqlik yo'qotishlari kuchayadi va bu holat umumiy energiya balansiga ta'sir ko'rsatadi [12]. Bunday yo'qotishlarni kamaytirish maqsadida sirtni qisman yopuvchi konstruksiyalar, bug'lanishga qarshi plyonkalar hamda ekspluatatsion nazorat vositalaridan foydalanish mumkin [22].

Ilmiy yangilik va amaliy ahamiyat

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyosh hovuzidagi nurlanishning yutilishi, issiqlik o'tkazuvchanligi, sirt va tub orqali yuzaga keladigan issiqlik yo'qotishlari hamda tuz gradienti barqarorligini yagona bir o'lchamli hisoblash sxemasida umumlashtirishdan iborat [15]. Modelda fizik mazmun saqlangan holda hisoblash jarayoni soddalashtirilgan va parametrik tahlil uchun qulay shaklga keltirilgan [4]. Ushbu yondashuv murakkab uch o'lchamli modellarni qo'llamasdan turib ham dastlabki muhandislik bahosini olish imkonini beradi [21].

Amaliy jihatdan model sanoat korxonalari, issiqxona majmualari, past haroratli quritish qurilmalari hamda maishiy issiq suv ta'minoti tizimlari uchun quyosh hovuzlarini loyihalashda qo'llanilishi mumkin [20]. Model yordamida hovuz chuqurligi, NCZ qalinligi, sirt himoyasi va tub izolyatsiyasi bo'yicha qarorlarni ilmiy asosda qabul qilish imkoniyati yaratiladi [13].

XULOSA VA TAKLIFLAR

Quyosh hovuzlarida sodir bo'luvchi issiqlik jarayonlarini tavsiflash uchun bir o'lchamli nostatsionar matematik model ishlab chiqildi. Modelda nurlanishning yutilishi, issiqlik o'tkazuvchanligi, sirt va tub chegara shartlari kompleks tarzda hisobga olindi [15].

Konveksiya bo'lmagan zona pastki konvektiv zonada issiqlikning uzoq muddat saqlanishini ta'minlaydi. Uning 0,6–1,2 m oralig'idagi qalinligi termik samaradorlik uchun maqbul diapazon sifatida baholandi [16].

Sirt orqali yuzaga keladigan konvektiv, radiatsion va bug'lanish bilan bog'liq issiqlik yo'qotishlari meteorologik omillarga sezgir bo'lib, ularni kamaytirish maqsadida konstruktiv himoya vositalaridan foydalanish tavsiya etiladi [12].

Tub orqali yuzaga keladigan issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish umumiy energiya balansini yaxshilashga xizmat qiladi. Tuproq namligi yuqori bo'lgan hududlarda qo'shimcha issiqlik izolyatsiyasidan foydalanish maqsadga muvofiqdir [13].

Modelning prognoz aniqligi va energiya saqlash samaradorligi quyidagi formulalar yordamida baholanadi [15].

(14) Modelning prognoz aniqligi:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(T_{exp} - T_{mod})^2}{\sum(T_{exp} - T)^2}$$

4 Muallif ishlanmasi



(15) Energiya saqlash samaradorligi:

$$\eta_{storage} = \frac{M_{LCZ} \cdot C_p \cdot (T_{final} - T_{initial})}{\int_0^t A \cdot I(H) dt}$$

Kelgusida modelni issiqlik almashtirgichlar, fazaviy o'tuvchi materiallar hamda hududiy meteorologik ma'lumotlar bilan integratsiyalash orqali quyosh hovuzlarining mavsumiy issiqlik saqlash imkoniyatlarini yanada chuqurroq o'rganish tavsiya etiladi [22].

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley.
2. Kooi, C. F. (1979). The steady-state salt-gradient solar pond. *Solar Energy*, 23(1), 37–45.
3. Rabl, A., & Nielsen, C. E. (1975). Solar ponds for space heating. *Solar Energy*, 17(1), 1–12.
4. Hull, J. R. (1980). Computer simulation of solar pond thermal behavior. *Solar Energy*, 25(1), 33–40.
5. Sukhatme, S. P., & Nayak, J. K. (2017). *Solar Energy: Principles of Thermal Collection and Storage*. McGraw-Hill Education.
6. Saksena, R. K. (2015). Mathematical modeling of salt-gradient solar ponds. *Renewable Energy Reviews*, 12, 145–158.
7. Viskanta, R., & Toor, J. S. (1973). Absorption of solar radiation in ponds. *Solar Energy*, 14(2), 149–165.
8. El-Sebaai, A. A. (2005). Thermal performance of a shallow solar pond. *Applied Energy*, 82(2), 173–183.
9. Wang, J., & Seyed-Yagoobi, J. (1994). Effects of water turbidity and salt concentration levels on penetration of solar radiation under water. *Solar Energy*, 52(5), 429–438.
10. Tabor, H., & Matz, R. (1965). Solar pond project. *Solar Energy*, 9(4), 177–182.
11. Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Wiley.
12. Sayigh, A. A. M. (2012). *Solar Energy Engineering*. Academic Press.
13. Karakas, H., & Baytas, A. C. (2002). Performance analysis of a solar pond with a diffuse reflector. *Applied Energy*, 72(2), 527–548.
14. Weinberger, H. (1964). The physics of the solar pond. *Solar Energy*, 8(2), 45–56.
15. Xie, H., et al. (2016). One-dimensional mathematical model for thermal performance of a salt-gradient solar pond. *Energy Procedia*, 91, 101–110.
16. Nielsen, C. E. (1988). Nonconvective salt-gradient solar ponds. *Solar Energy Utilization*, 11, 445–454.
17. Al-Nimr, M. A. (1998). A dynamic model of a solar pond with a diffuse reflector. *Applied Energy*, 60(1), 17–29.
18. Jaefarzadeh, M. R. (2004). Thermal behavior of a small salt-gradient solar pond. *Solar Energy*, 77(3), 281–290.
19. Assari, M. R., et al. (2015). Experimental and numerical investigation of thermal behavior of a solar pond. *Solar Energy*, 114, 214–226.
20. Sayer, I. S., et al. (2016). Salt-gradient solar ponds: A review and feasibility study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1132–1144.
21. Suarez, F., et al. (2010). A dynamic model of a salt-gradient solar pond. *Solar Energy*, 84(9), 1706–1715.
22. Leblanc, J., et al. (2011). Solar ponds: A review of the 21st-century status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 1787–1797.
23. Ouni, A., et al. (2003). Simulation of the thermodynamic behavior of a salt-gradient solar pond. *Solar Energy*, 75(5), 377–383.

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. № 6

© 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