

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

№12

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

2025
dekabr



Milliy nashrlar

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

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB[™]
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, 50 sahifa.
2025-yil, dekabr

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

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

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalandar 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.

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 modellash
- 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

RASMIY RIVOJLANISH YORDAMI (OFFICIAL DEVELOPMENT ASSISTANCE, ODA) ORQALI O'ZBEKISTONDA DAVLAT MOLİYASINI BOSHQARISH (PUBLIC FINANCIAL MANAGEMENT, PFM) TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH	24
Pulatov Dilshod Haqberdiyevich, Ulug'ova Maftunabonu To'liqinovna	
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN LEADING WHEAT-PRODUCING COUNTRIES.....	28
Turayeva Gulizahro	
BLOKCHEYN TIZIMLARI UCHUN XESH FUNKSIYALARNI TANLASH MEZONLARI VA SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARI TAHLILI	32
Abduraximov Baxtiyor, Allanov Orif, Turdibekov Baxtiyor	
RIVOJLANGAN DAVLATLAR TAJRIBASI ASOSIDA KICHIK KORXONALARDA ISHLAB CHIQRISHNI SAMARALI TASHKIL ETISH MODELLARI: NAMANGAN VILOYATI MISOLIDA	39
Xonto'rayev Obbosxon Kamolxon o'g'li	
ISSIQLIK AKKUMULYATORINING RAZRYADLANISH JARAYONIDA SUYUQLIK QATLAMLARIDA HARORAT TAQSIMLANISHINING BIR O'LCHOVLI MODEL I	43
B.A. Hikmatov, M.S. Mirzayev	



ISSIQLIK AKKUMULYATORINING RAZRYADLANISH JARAYONIDA SUJUQLIK QATLAMLARIDA HARORAT TAQSIMLANISHINING BIR O'LCHOVLI MODELI

B.A. Hikmatov

Tayanch doktorant Buxoro davlat universiteti,
Buxoro, 200117, O'zbekiston
E-mail: b.a.hikmatov@buxdu.uz
ORCID: 0000-0003-2625-2612

M.S. Mirzayev

PhD, dotsent, Buxoro davlat universiteti,
Buxoro, 200117, O'zbekiston;
E-mail: m.s.mirzaev@buxdu.uz
ORCID: 0000-0002-6165-2358

Annotatsiya. Issiqlik akkumulyatorlari (issiq suv saqlash baklari) qayta tiklanuvchi yoki aralash energiya manbalaridan olingan issiqlik energiyasini saqlashda samarali hisoblanadi. Bunday tizimlarning samaradorligi energiya saqlash sig'imi, razryadlanish jarayonidagi issiqlik almashinuvi va harorat zonalarining barqarorligiga bog'liq bo'lib, optimal ishlash rejimini aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotda issiq suv saqlash bakining razryadlanish jarayonini baholash uchun bir o'lchovli matematik model qo'llanildi. Modellashtirish natijalariga ko'ra, 330 kg/soat massa oqimi sharoitida kiruvchi suv harorati 16,5°C ga teng bo'lgan holatda razryadlanish vaqti 1 980 soniya (33 daqiqa)ni tashkil etdi. Jarayon davomida pastki qatlamlarda harorat tez pasaygani, yuqori qatlamlarda esa issiqlik saqlanishi uzoqroq davom etgani kuzatildi. Tadqiqot issiq suv saqlash baklarining issiqlik samaradorligini baholash va energiya tizimlari uchun optimal boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqishda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: energiya, issiqlik akkumulyatori, konveksiya, matematik modellashtirish, yarim siklli samaradorlik ko'rsatkichi, harorat taqsimlanishi.

Abstract. Thermal energy storage tanks (hot water storage systems) are considered efficient solutions for storing heat derived from renewable or integrated energy sources. The overall performance of such systems primarily depends on storage capacity, discharge rate, and the stability of thermal stratification; therefore, determining the optimal operational strategy is essential. In this study, a one-dimensional mathematical model was applied to analyze the discharging process of a hot water storage tank. According to the simulation results, under a mass flow rate of 330 kg/h, the discharging duration reached 1 980 seconds (33 minutes), when the inlet water temperature was 16.5°C. During the process, the water temperature decreased rapidly in the lower layers, whereas the upper layers maintained heat for a longer period. The findings provide a useful basis for evaluating the thermal performance of hot water storage tanks and developing optimal control strategies for efficient energy systems.

Keywords: energy, thermal storage tank, convection, mathematical modeling, half-cycle efficiency, temperature stratification.

Аннотация. Тепловые аккумуляторы (резервуары для хранения горячей воды) являются эффективными системами для накопления тепловой энергии, полученной из возобновляемых или комбинированных источников. Эффективность их работы определяется тепловой ёмкостью, скоростью разрядки и устойчивостью температурной стратификации, что делает важным выбор оптимальной стратегии эксплуатации. В данном исследовании процесс разряда резервуара горячей воды анализируется с использованием одномерной математической модели. По результатам моделирования, при массовом расходе 330 кг/ч и температуре подающей воды 16,5°C, время разряда составило 1 980 секунд (33 минуты). Было установлено, что температура воды в нижних слоях снижается быстрее, тогда как верхние слои дольше сохраняют тепло. Полученные результаты имеют практическое значение для оценки тепловой эффективности аккумуляторов и разработки эффективных режимов управления энергосистемами.

Ключевые слова: энергия, тепловой аккумулятор, конвекция, математическое моделирование, показатель полупериода, распределение температуры.

KIRISH

Turar-joy binolarini isitish, sovutish va maishiy issiq suv bilan ta'minlash uzluksiz energiya ta'minotini talab etadi [6]. Global energiya iste'molida issiqlik energiyasining ulushi ortib borayotgani, binolarni isitish va issiq suv ta'minoti uchun energiya talabini qondirish bilan birga, energiya sarfini kamaytirishni ham dolzarb masalaga aylantirmoqda [1]. Binolar sektori CO₂ chiqindilariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi va ekologik barqarorlikka bevosita ta'sir etishi sababli, qazilma yoqilg'ilardan foydalanishni qisqartirib, ekologik toza va qayta tiklanadigan energiya manbalariga bosqichma-bosqich o'tish zarurati vujudga kelgan [3].

Hozirda quyosh energiyasi, ko'p manbali issiqlik nasoslari, biomassa, geotermal va shamol energiyasi kabi muqobil energiya tizimlari binolarni isitish va sovutishda samarali qo'llanilmoqda [4]. Xalqaro Energetika Agentligining bashoratiga ko'ra, 2028-yilga kelib sanoat jarayonlarida quyosh energiyasi asosida ishlab chiqariladigan energiya iste'moli 160% ga oshishi kutilmoqda [5]. Shu nuqtayi nazardan, quyosh issiqlik akkumulyatorlari (issiqlik suv saqlash baklari) dunyoda eng keng qo'llaniladigan issiqlik energiyasini saqlash qurilmalari bo'lib, ular maishiy issiq suv ta'minotida tejamkor, ishonchli va barqaror energiya manbai sifatida samarali natija beradi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Quyosh issiqlik akkumulyatorlari (issiqlik suv saqlash baklari) quyosh energiyasi asosida ishlovchi suv isitish tizimlarining asosiy va integral komponenti hisoblanadi [8]. Mazkur tizimlarda issiq suv sarfi turar-joy binolarining umumiy energiya iste'molida muhim ulushga ega bo'lib, issiq suv saqlash baklari maishiy isitish tizimlarida issiqlik energiyasini tejamkor va barqaror tarzda saqlash imkonini beradi [7]. Bunday baklar issiqlik nasoslari va quyosh suv isitgichlariga integratsiyalashgan holda energiya samaradorligini oshiradi, ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi hamda turar-joy isitish tizimlarining moslashuvchan ishlashini ta'minlaydi [2].

Issiq suv saqlash baklari bo'yicha ilmiy tadqiqotlar tankning geometrik shakli [9], suv aralashtirgichlarining konstruksiyasi [10, 11], kirish–chiqish konfiguratsiyasi [12], harorat stratifikatsiyasi [13], suyuqlik oqim tezligi [14] hamda operatsion boshqaruv strategiyalari [15] kabi texnik va termodinamik omillarni qamrab olgan. So'nggi yillarda matematik modellash va raqamli simulyatsiyalar issiqlik taqsimlanishi va dizayn parametrlarini optimallashtirishda eksperimental tadqiqotlarga nisbatan yanada ustuvor ahamiyat kasb etmoqda [8]. Shu munosabat bilan ushbu tadqiqotda silindrsimon issiq suv saqlash bakining bir o'lchovli matematik modeli Y. Karlina [16] va A. L. Nash [17] tadqiqotlarida keltirilgan eksperimental ma'lumotlar hamda raqamli modellar asosida ishlab chiqildi. Model yordamida razryadlanish jarayoni, qatlamlarda haroratning taqsimlanishi hamda issiqlik samaradorligini ifodalovchi yarim siklli ko'rsatkich — Half-cycle figure of merit (FOM_{1/2}) raqamli tahlil qilindi. Hisoblash jarayonida issiqlik balans tenglamalari tuzilib, differensial tenglamalar ayirmali sxema usuli asosida yechildi va razryadlanish vaqtiga hamda qatlamlar bo'yicha harorat taqsimlanishiga suyuqlik oqim tezligining ta'siri baholandi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotda issiq suv saqlash bakining razryadlanish jarayonida suyuqlik qatlamlarida harorat taqsimlanishini aniqlash maqsadida bir o'lchovli matematik model qo'llanildi. Model Y. Karlina va A. Nash tomonidan issiqlik energiyasini saqlash tanklariga oid ilmiy ishlarga asoslanib tanlandi. Tahlilda bak ichidagi suv 20 ta teng qatlamga bo'lingan holda ko'rib chiqildi va har bir qatlam uchun issiqlik balans qatlamlararo tabiiy konveksiya, suv oqimi bilan bog'liq majburiy konveksiya hamda bak devorlari orqali sodir bo'ladigan issiqlik yo'qotilishi omillari asosida tuzildi.

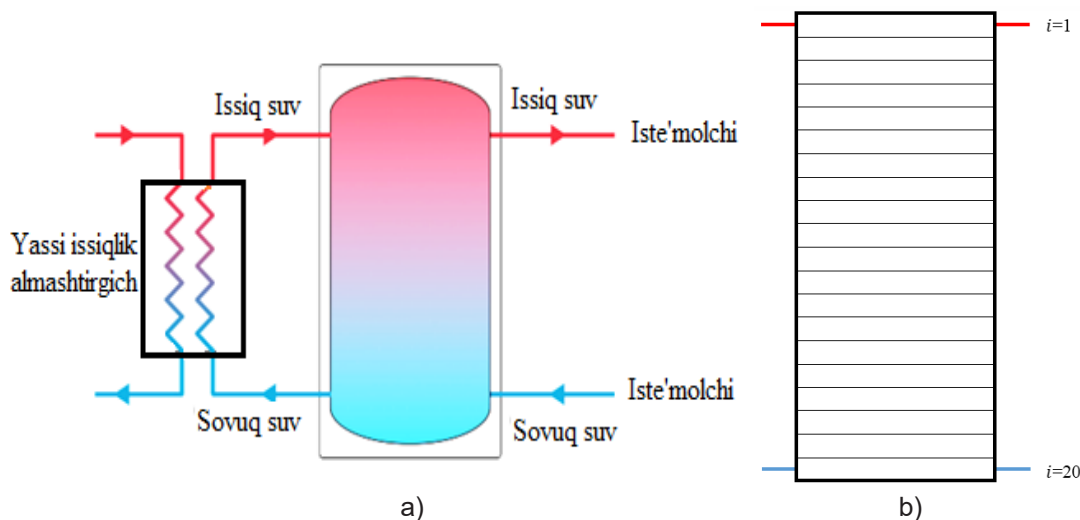
Hisoblash jarayonida dastlabki harorat 45°C deb belgilandi, pastki qatlamdan 15°C haroratga ega sovuq suv uzluksiz kiritildi va issiq suv yuqori qatlamdan chiqarildi. Massa oqim tezligi 330 kg/soat qiymatida olingan bo'lib, issiqlik balans tenglamalari differensial shaklda tuzildi va ayirmali sxema usuli asosida raqamli yechim qabul qilindi. Modellash natijasida qatlamlar bo'yicha haroratning o'zgarish dinamikasi hamda issiqlik samaradorligini ifodalovchi yarim siklli ko'rsatkich aniqlanib, issiq suv saqlash tizimlarining samarali ishlash sharoitlarini baholash imkoniyati yaratildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Yelizaveta Karlina va boshqalar [16] issiq suv saqlash bakida issiqlik taqsimlanishining bir o'lchovli modelini ishlab chiqishgan. 1-rasmda silindrsimon issiq suv saqlash bakining sxematik tasviri berilgan bo'lib, bu konfiguratsiyada tank ichidagi issiqlik almashtirgich mavjud emas deb qaraladi. Issiq suv saqlash bakiga ulangan tashqi issiqlik manbaida isitiladigan issiq suv idishning yuqori qismidan kiritiladi, issiqlik almashtirgichga qaytariladigan sovuq suv tankning pastki qismidan olinadi. Ushbu konfiguratsiyada issiqlik almashtirgichning



tashqi qismda joylashishi issiq suv saqlash bakiga texnik xizmat ko'rsatishni qulay qiladi, issiq suv saqlash bakining ichki tuzilishini buzmasdan sodda ta'mirlash yoki o'zgartirish imkonini beradi, natijada uni mavjud tizimlarda modernizatsiya qilish uchun qiyinchilik tug'dirmaydi. Issiq suv saqlash bakining razryadlanish jarayoni uchun sovuq suv 20-qatlamdan kiradi va 1-qatlamdan issiq suv chiqadi deb qabul qilingan (1-rasm).



1-rasm. Issiq suv saqlash baki: a) umumiy konfiguratsiya; b) suyuqlik qatlamlari.

Issiq suv saqlash bakining bir o'lchovli matematik modelini ishlab chiqish va tasdiqlash uchun Austin L. Nash va boshqalar [17] eksperimental tadqiqotlaridagi ma'lumotlardan foydalanildi. Issiq suv saqlash bakining tashqi balandligi 1.42 m, ichki qismi balandligi esa 1.30 m ga teng. Ichki va tashqi diametrlari mos ravishda 0.38 m va 0.51 m ga teng. Issiq suv saqlash bakining umumiy sig'imi 151 litr.

Issiq suv saqlash bakining 1-rasmda ko'rsatilgan konfiguratsiyasi uchun energiya balans tenglamalari ishlab chiqilgan [16].

$$C_w m_{w_i} \frac{dT_{w_i}}{dt} = Q_{c,w_i} + Q_{cf,w_i} - Q_{loss_i} - Q_{hwc} \quad (1)$$

(1) tenglamada C_w – suvning solishtirma issiqlik sig'imi; m_{w_i} – har bir qatlamdagi suvning massasi; Q_{c,w_i} – suyuqlik qatlamlari orasidagi konvektiv issiqlik uzatish tezligi; Q_{cf,w_i} – suvning to'g'ridan-to'g'ri issiq suv saqlash bakiga qo'shilishi va olinishi tufayli majburiy konvektiv issiqlik uzatish tezligi; Q_{loss_i} – atrof-muhitga issiqlik yo'qotish darajasi; Q_{hwc} – issiq suv olinishi va sovuq suv qo'shilishi tufayli majburiy konvektiv issiqlik uzatish tezligi; i – tankdagi suyuqlik qatlamlarini bildiradi. Issiq suv saqlash baki ichidagi suv qatlami 20 ta teng qatlamga bo'lingan deb qabul qilingan va mos ravishda i 1 dan 20 gacha qiymatlarni qabul qiladi.

Suyuqlik qatlamlari orasidagi konvektiv issiqlik uzatish tezligi Q_{c,w_i} quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_{c,w_i} = \left(\frac{(T_{w_{i+1}} - T_{w_i})k_w \Delta_{i+1}}{L_w} + \frac{(T_{w_{i-1}} - T_{w_i})k_w \Delta_{i-1}}{L_w} \right) A_w \quad (2)$$

bunda A_w – tankning ko'ndalang kesimi maydoni; Δ – Moslashuvchan Grid multiplikatori; k_w – suvning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti;

Qatlamlar orasidagi issiqlik uzatish tezligi Q_{c,w_i} ni hisoblashda K. Powell va boshqalar [18] tomonidan taqdim etilgan Adaptiv Grid yondashuvidan foydalanilgan, bu esa harorat farqi mavjud bo'lganda qatlamlar orasidagi aralashuvni oshirish orqali issiqlik uzatishni kuchaytiradi. Ushbu ishda eksperimental natijalar asosida $\Delta = 1/400$ qiymatida tabiiy konveksiya effektlarini yanada realroq joylashtirish orqali issiq suv saqlash bakida yanada samarali taqsimlanish imkonini beradi deb qabul qilingan [16, 17].

Suvning to'g'ridan-to'g'ri issiq suv saqlash bakiga qo'shilishi va olinishi tufayli majburiy konvektiv issiqlik

uzatish tezligi $\dot{Q}_{cf,w_i}$ quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\dot{Q}_{cf,w_i} = \dot{m} C_w (T_{w_{i-1}} - T_{w_i}) \quad (3)$$

bunda $\dot{m}$ - kiruvchi suvning massa oqim tezligi.

Suvning to'g'ridan-to'g'ri issiq suv saqlash bakiga qo'shilishi va olinishi tufayli majburiy konvektiv issiqlik

uzatish tezligi $\dot{Q}_{cf,w_i}$ kiruvchi issiq suv tufayli yuqori qatlamlardagi harorat o'zgarishi tezligini ifodalaydi, issiq suv saqlash bakining devorlari orqali atrof-muhitga issiqlik yo'qotilishini bartaraf etish orqali issiqlik samaradorligini oshiradi.

Atrof-muhitga issiqlik yo'qotish darajasi $\dot{Q}_{loss_i}$ quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\dot{Q}_{loss_i} = \frac{A_{wall_i} k_{ti} (T_{w_i} - T_{room})}{L_{ti}} \quad (4)$$

bunda T_{room} - issiq suv saqlash baki joylashgan xona haroratini ifodalaydi. Atrof-muhitga issiqlik

yo'qotish darajasi $\dot{Q}_{loss_i}$ har bir qatlam uchun alohida issiq suv saqlash bakining izolyatsiyasi xususiyatlariga, shu jumladan izolyatsiya qalinligi va ta'sir qilish yuzasiga qarab hisoblab chiqiladi. Oraliq qatlamlar uchun ($2 \leq i \leq 18$) A_{wall_i} yuza issiq suv saqlash bakining yon tomoni yuzasini ifodalaydi, yuqori ($i = 1$) va pastki ($i = 20$) qatlamlar uchun esa issiq suv saqlash bakining yon tomoni yuzasi va yuqori/pastki asos yuzalarini o'z ichiga oladi.

Issiq suv olinishi va sovuq suv qo'shilishi tufayli majburiy konvektiv issiqlik uzatish tezligi $\dot{Q}_{hwc}$ quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\dot{Q}_{hwc} = C_w (T_{w_{20}} - T_{cold}) \dot{m}_{t,fraction} \quad (5)$$

bunda $\dot{m}_{t,fraction}$ - suyuqlikning nisbiy oqim tezligi bo'lib, quyidagicha topiladi:

$$\dot{m}_{t,fraction} = \dot{m}_t \cdot fraction \quad (6)$$

$\dot{m}_t$ - issiq suvning umumiy iste'mol darajasini, $fraction$ esa issiq suv ulushini ifodalab,

$$fraction = \frac{(T_{use} - T_{cold})}{(T_{w_0} - T_{cold})} \quad (7)$$

$fraction$ (7) tenglama orqali topiladi. (7) tenglamadagi T_{use} - iste'molchi uchun talab qilinadigan

harorat, T_{w_0} - issiq suv saqlash bakining suv olinadigan yuqori qatlam harorati, T_{cold} - issiq suv saqlash bakining pastki qatlamiga kiruvchi sovuq suv harorati.

Demak, issiq suv olinishi va sovuq suv qo'shilishi tufayli majburiy konvektiv issiqlik uzatish tezligi $\dot{Q}_{hwc}$ issiq suv saqlash bakining pastgi qatlamidan suv olishning issiqlik taqsimotiga aniq ta'sirini baholash uchun

zarur va kiruvchi sovuq suv harorati T_{cold} ga bog'liq. $\dot{Q}_{hwc}$ odatda issiq suv saqlash bakining pastki ikki qatlamiga yoki faqatgina eng oxirgi qatlamiga ta'sir qiladi deb hisoblanadi.

Ushbu issiqlik balans tenglamalari differensial tenglamalarni ayirmali sxema metodi yordamida sonli usulda yechildi. Hisoblashlarda issiq suv saqlash bakidagi har bir qatlamning dastlabki harorati 45°C deb qabul qilindi, razryadlanish jarayonida suyuqlikning massa oqim tezligi 330 kg/soatga teng bo'ldi va pastki qatlamga 15°C haroratli sovuq suv uzluksiz kiritilib, issiq suv yuqori qatlamdan chiqarildi. Barcha hisob-kitoblarda issiqlik almashinuvi bilan bog'liq fraksion koeffitsient doimiy 0,92 qiymatida qabul qilinib, jarayon bo'ylab o'zgarmas deb hisoblandi.

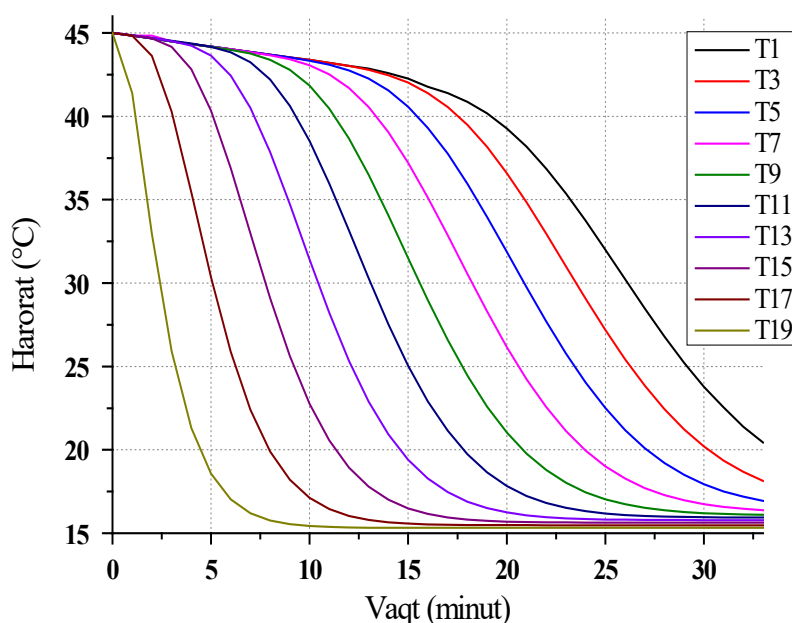
Yarim siklli qiymat ko'rsatkichi (Half-cycle figure of merit, $FOM_{1/2}$). yarim siklli qiymat ko'rsatkichi ($FOM_{1/2}$) issiq suv saqlash bakining faqat zaryadlash yoki razryadlanish jarayonlari paytidagi samaradorlikni miqdoriy jihatdan aniqlaydigan o'lchovsiz kattalik bo'lib, bu integral zaryadlash yoki foydali (real) issiqlik miqdorining nazariy (ideal) issiqlik miqdoriga nisbati sifatida belgilanadi [16]:



$$FOM_{1/2} = \frac{\int_0^t \dot{m} C_w (|T'_{in} - T'_{out}|) dt}{M C_w (T_{in} - T_{out})} \quad (8)$$

bunda T'_{in} va T'_{out} mos ravishda issiq suv saqlash bakiga haqiqiy kiruvchi va chiquvchi suyuqlik haroratini ifodalaydi, T_{in} va T_{out} mos ravishda issiq suv saqlash bakiga kiruvchi nazariy jihatdan ideal bo'lgan kiruvchi va chiquvchi suyuqlik haroratini ifodalaydi, M issiq suv saqlash bakidagi suvning umumiy massasi.

Issiq suv saqlash bakining razryadlanish vaqti, qatlamlardagi harorat taqsimlanishi va yarim siklli qiymat ko'rsatkichi ($FOM_{1/2}$) massa oqimining 330 kg/soat qiymati bo'lgan hollarda raqamli tahlil qilindi [16, 17]. Bunda issiq suv saqlash bakida suyuqlik teng 20 ta qatlamga bo'lingan va har bir qatlam harorati 45°C ga teng deb olingan. Issiq suv saqlash baki to'liq razryadlanishi uchun to'la razryadlanish nuqtasi sifatida issiq suv saqlash bakiga kiruvchi sovuq suv haroratining o'rtacha 16.5°C ga erishgan vaqt qabul qilinadi. 2-rasmda issiq suv saqlash bakining suyuqlik qatlamlarida harorat o'zgarishi tasvirlangan.



2-rasm. Issiq suv saqlash bakining 330 kg/soat massa oqimi tezligida suyuqlik qatlamlarida harorat o'zgarishi.

2-rasmdagi issiq suv saqlash bakida razryadlash jarayonida vaqt o'tishi bilan qatlamlar bo'ylab harorat o'zgarishi shuni ko'rsatadiki, sovuq suv (15°C) pastki qismga kiritilganda, pastki qatlamda harorat keskin pasayadi. Vaqt o'tishi bilan yuqori qatlamlar ham soviydi, termoklin (issiq va sovuq suv qatlamlari o'rtasida termik o'tish) zonasi asta-sekin ko'tarilib, endi issiq suv o'rniga sovuq suv oqimi ustuvorlik qilayotganini ko'rish mumkin. Issiq suv hajmi kamayib borishi bilan sovuq harorat asta-sekin yuqoriga tarqaladi va bak pastdan yuqoriga qarab sovutiladi. Shunda issiq suv saqlash bakining 330 kg/soat massa oqimi tezligi bo'lgan holdagi razryadlanish vaqti 1980 soniyani yoki 33 minutni tashkil qildi. Ya'ni suyuqlik qatlamlarining o'rtacha harorati kiruvchi sovuq suv harorati 16.5°C ni tashkil qilishi uchun razryadlanish jarayoni shuncha vaqt davom etadi. Bu vaqt oxirida harorat eng sekin tushadigan birinchi qatlam harorati 45°C dan 20.44°C gacha tushadi. (8) ifoda orqali issiq suv saqlash bakida razryadlash jarayonida $FOM_{1/2}$ ning qiymati 0.914 ga teng bo'lishi aniqlandi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu ishda silindrsimon issiq suv saqlash bakining bir o'lchovli matematik modeli Y. Karlina [16] va A.L. Nash [17] tadqiqotlaridagi eksperimental tajribalar va raqamli modellashirish natijalari asosida ishlab chiqilgan va issiq suv saqlash bakining razryadlanish vaqti, suyuqlik qatlamlarida harorati taqsimlanishi hamda yarim siklli qiymat ko'rsatkichi (Half-cycle figure of merit, $FOM_{1/2}$) razryadlanish jarayoni uchun raqamli tahlil qilingan.

Bir o'lchovli model natijalariga ko'ra issiq suv saqlash bakining 330 kg/soat massa oqimi tezligi bo'lgan holdagi razryadlanish harorati 16.5°C bo'lganda razryadlanish vaqti 1980 soniyani yoki 33 minutni tashkil qildi. Bu vaqt ichida suv harorati eng pastki qatlamlarda keskin tushib borgan bo'lsa, yuqori qatlamda sovishi sekinroq ro'y bergan. Razryadlanish vaqti oxirida 1-qatlam harorati 20.44°C ga teng bo'lgan bo'lsa, 19-qatlamda 15.32°C ga teng bo'ldi.

Yarim siklli qiymat ko'rsatkichining ($FOM = 0,914$) yuqori bo'lishi shuni anglatadiki, issiq suv saqlash bakida energiya yo'qotilishi nisbatan past, issiqlikning real ishlatilish samaradorligi esa yuqori bo'lib, bu tizimni maishiy ehtiyojlar uchun iqtisodiy jihatdan maqbul deb baholash imkonini beradi. Model asosida olingan natijalar issiq suvni yetkazib berish tizimlari, quyosh energiyasi asosida ishlovchi isitish tizimlari va issiqlik nasoslari bilan ishlovchi integratsiyalashgan tizimlarning optimal boshqaruv strategiyalarini yaratish uchun amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Xuyang Cui, Liyang Zhao, Junlan Yang, Ming Yin. A novel solar-coupled CO₂ transcritical heat pump system for building heating and hot water supply: Comparative study and multi-objective optimization. *Journal of Building Engineering*, 104 (2025) 112339. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112339>
2. Chenghao Li, Wei He, Yunfei Bai, Jihong Wang. A semi-analytic method for buoyancy-induced thermal stratification in hot water tanks during standby periods. *Applied Thermal Engineering*, 249 (2024) 123440. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123440>
3. Y. Siva Kumar Redda, A. M. Guruchethan, Simarpreet Singh, Sarun Kumar K., M. P. Maiya, Armin Hafner. CO₂ heat pump integrated thermal storage for domestic hot water in hotels. *Journal of Building Engineering*, 89 (2024) 109270. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109270>
4. Dong Li and et al. Combined solar and ground source heat pump heating system with a latent heat storage tank as a sustainable system to replace an oilfield hot water station. *Energy*, 307 (2024) 132726. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132726>
5. World Energy Outlook 2025. 1–519.
6. Jun Bai and et al. Combined space cooling/heating and domestic hot water supply driven by data center waste heat: Complementary energy conservation, economic capacity optimization and generic analysis framework. *Building and Environment*, 283 (2025) 113402. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113402>
7. Zhihao Zhang and et al. Design and experimental analysis of energy-saving and heat storage of a hot water tank based on the source-sink matching principle. *Case Studies in Thermal Engineering*, 41 (2023) 102672. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102672>
8. Baihong Liu and et al. Effect of initial temperature of water in a solar hot water storage tank on the thermal stratification under the discharging mode. *Renewable Energy*, 212 (2023) 994–1004. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.102>
9. Angui Li, Feifei Cao, Wanqing Zhang, Bingjin Shi, Huang Li. Effects of different thermal storage tank structures on temperature stratification and thermal efficiency during charging. *Solar Energy*, 173 (2018) 882–892. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.08.025>
10. Can Xu, Ming Liu, Shuai Jiao, Haiyu Tang, Junjie Yan. Experimental study and analytical modeling on the thermocline hot water storage tank with radial plate-type diffuser. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 186 (2022) 122478. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.122478>
11. Yajun Deng, Dongliang Sun, Mingyu Niu, Bo Yu, Ruihao Bian. Performance assessment of a novel diffuser for stratified thermal energy storage tanks – The nonequal-diameter radial diffuser. *Journal of Energy Storage*, 35 (2021) 102276. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102276>
12. Jiarong Li, Lixing Ding, Yong Wang, Tianming Zhong. Thermal performance of a solar water tank with variable inlet/outlet under various charging strategies. *Applied Thermal Engineering*, 246 (2024) 122900. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122900>
13. Hitesh Khurana, Rudrodip Majumdar, Sandip K. Saha. Improved realistic stratification model for estimating thermocline thickness in vertical thermal energy storage undergoing simultaneous charging and discharging. *Journal of Energy Storage*, 82 (2024) 110490. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.110490>
14. Hitesh Khurana, Rudrodip Majumdar, Sandip K. Saha. Thermal stratification characteristics during simultaneous charging and discharging for different storage tank geometries with immersed discharging coil. *Applied Thermal Engineering*, 225 (2023) 120235. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120235>
15. Qiong Li and et al. Thermocline dynamics in a thermally stratified water tank under different operation modes. *Applied Thermal Engineering*, 212 (2022) 118560. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118560>
16. Y. Karlina, Y. Yerdesh, A. Toleukhanov, Y. Belyayev, H. S. Wang, O. Botella. Numerical Simulation Study of Thermal Performance in Hot Water Storage Tanks with External and Internal Heat Exchangers. *Energies (Basel)*, 17 (22), Nov. 2024. <https://doi.org/10.3390/en17225623>
17. A. L. Nash, A. Badithela, N. Jain. Dynamic modeling of a sensible thermal energy storage tank with an immersed coil heat exchanger under three operation modes. *Applied Energy*, 195 (2017) 877–889. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.092>
18. K. M. Powell, T. F. Edgar. An adaptive-grid model for dynamic simulation of thermocline thermal energy storage systems. *Energy Conversion and Management*, 76 (2013) 865–873. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.08.043>



Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Iskandar Islomov

2025. № 12

© 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