MUHANDISLIK & IQTISODIYOT

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

2026-YIL
SENTYABR / 9-SON, V-QISM



Milliy nashrlar

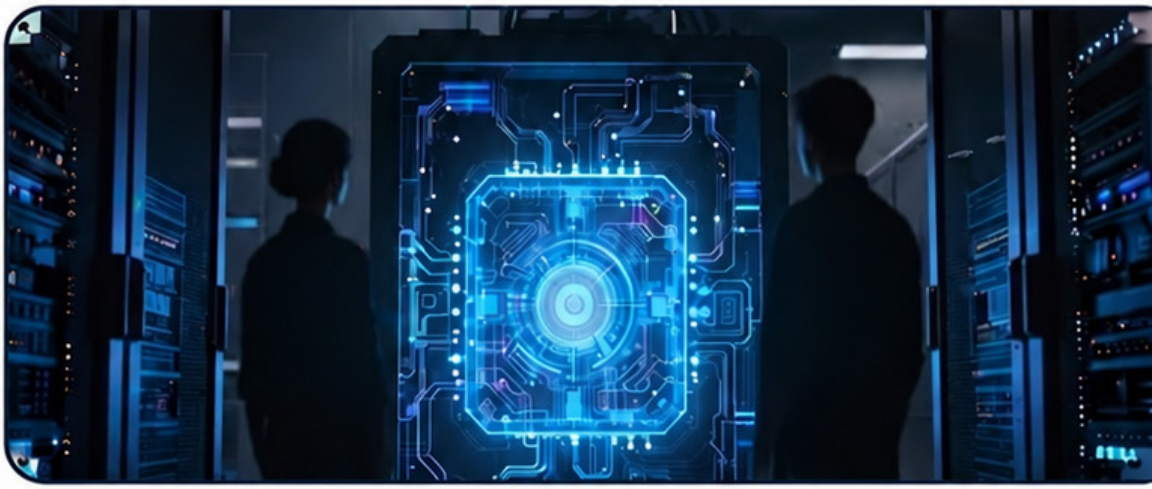
OAK: https://oak.uz/pages/4802

05.00.00 - Texnika fanlari
08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar

Google Scholar

INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE.

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ФИЛИАЛ В Г. ТАШКЕНТЕ

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

TAS STOKHOLM UNIVERSITETI

muhandislik & iqtisodiyot

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

Elektron nashr, 2026-yil, sentyabr.

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 (DSc), 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
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 – Telekommunikasiya va kompyuter tizimlari, telekommunikasiya 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 • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

MUNDARIJA

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К INDUSTRY 5.0 9
Нигмонходжаев А. А.
ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ИНДЕКС КАЧЕСТВА АКТИВОВ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ С УЧЁТОМ СТАДИЙ МСФО (IFRS) 9 И КЛАССИФИКАЦИОННОГО РАЗРЫВА 15
Ю Вей
O‘ZBEKISTONNING 2026-YIL I YARIM YILLIGIDA ORGANIK SERTIFIKAT TALAB QILUVCHI MAMLAKATLARGA MEVA-SABZAVOT EKSPORTI 21
Shavqidinova Dilnavoz
INTERNATIONAL EXPERIENCE IN FINANCING FIXED CAPITAL INVESTMENT 26
Hasanova Nargiza Okilovna
THE ROLE AND SIGNIFICANCE OF STATE PROGRAMS IN FINANCING FIXED CAPITAL INVESTMENT 34
Innaminova Naubakhar Sansizbayevna
SANOAT VA QURILISH TARMOQLARINING O‘ZARO INTEGRATSIYASI ASOSIDA HUDUDIY IQTISODIY O‘SISHNI TA’MINLASH MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH 41
Jo‘rayev Bobomurod Abdimuminovich
O‘ZBEKISTONDA JAMOAT AHAMIYATIGA EGA TASHKILOTLARDA 8-SON MHXSNI QO‘LLASHNING USLUBIY MASALALARI 49
U. A. Shirinov
MINTAQALARDA OILAVIY TADBIRKORLIKNI RIVOJLANTIRISH YO‘NALISHLARI 55
Ko‘paysinov Behruz Xurshid o‘g‘li
BANK XIZMATLARIDA RAQAMLI QAMROV VA MULKCHILIKNING EKONOMETRIK TAHLILI 60
Shamsiyeva Yulduz Olimovna
RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA KONSALTING KOMPANIYALARIDA “SMART” BOSHQARUV TIZMLARINI JORIY ETISH MEXANIZIMLARI 65
Ermamatova Shohsanam Ermamat qizi
O‘ZBEKISTONDA TURISTIK OQIMNING HUDUDIY IQTISODIY NATIJALARGA TA’SIRINI BAHOLASH VA MAHALLIY DAROMADLAR HAMDA IQTISODIY MANFAATLAR TAHLILI 71
Mehrojbonu Ochilova
ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ: МЕТОДИКА РАСЧЁТА И РИСК-КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЁМЩИКОВ 77
Шахабутдинова Муаттар Зиятходжаевна
DAVLAT ISHTIROKIDAGI TRANSPORT KORXONALARIDA KORPORATIV BOSHQARUV SHAFFOFLIGINING INVESTITSION JOZIBADORLIKKA TA’SIRINI BAHOLASH 84
Raxmatov Ziyodullo Nosirovich
INTELLEKTUAL TRANSPORT TIZIMLARINI JORIY ETISH ASOSIDA TRANSPORT XIZMATLARI BOZORINI RIVOJLANTIRISH 92
Kenjayeva Shaxnoza Muratovna
ISSIQLIK ALMASHINUVI QURILMALARINING GEOMETRIK SHAKLLARINI KOMPYUTERDA MODELLASHTIRISH ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH 96
Yo‘ldashev Solmonjon Iqboljon o‘g‘li

ISSIQLIK ALMASHINUVI QURILMALARINING GEOMETRIK SHAKLLARINI KOMPYUTERDA MODELLASHTIRISH ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Yo‘ldashev Solmonjon Iqboljon o‘g‘li
ITECH LABS MCHJ xodimi

Annotatsiya: Maqolada qobiqli-quvurli issiqlik almashinuvi qurilmasining geometrik shaklini kompyuterda modellashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish masalasi tadqiq etildi. Tadqiqotning asosiy g‘oyasi quvur diametri, quvurlar oralig‘i, quvur joylashuvi, to‘siqlar qadami va oqim yo‘nalishini yagona parametrik model doirasida o‘zgartirib, issiqlik uzatish hamda gidravlik qarshilikni birgalikda baholashdan iborat. Uchta konstruktiv variant bir xil chegara shartlarida hisoblandi. Natijalar issiqlik almashinuvi yuzasi va oqimning aralashtirilishi ortishi issiqlik yuklamasini oshirishini, biroq bosim yo‘qotilishi ham kuchayishini ko‘rsatdi. Ko‘p mezonli baholashda qiya-to‘siqli variant issiqlik samaradorligi, nasos quvvati va konstruktiv hajm o‘rtasidagi eng maqbul muvozanatni berdi. Taklif etilgan metodika loyiha oldi tahlilini tezlashtirish va energiya tejamkor qurilma geometriyasini asoslash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: qobiqli-quvurli issiqlik almashinuvi qurilmasi, parametrik modellashtirish, CAD, CFD, issiqlik uzatish, gidravlik qarshilik, energiya samaradorligi, ko‘p mezonli optimallashtirish, geometrik shakl, to‘siq.

Abstract: The paper investigates improving the energy efficiency of a shell-and-tube heat exchanger through computer-based geometric modeling. A unified parametric model was developed in which tube diameter, pitch, tube arrangement, baffle spacing, baffle inclination, and flow direction could be varied under identical boundary conditions. Three design alternatives were compared using thermal and hydraulic criteria. The results indicate that increasing effective heat-transfer area and promoting cross-flow intensifies heat transfer, while excessive flow redirection causes a disproportionate pressure penalty. A multi-criteria assessment identified the inclined-baffle configuration as the most balanced solution in terms of heat duty, pumping power, and construction volume. The proposed workflow links engineering drawing, three-dimensional CAD geometry, simplified CFD calculations, and comparative decision-making. It can support preliminary design, reduce physical prototyping, and provide a transparent basis for selecting energy-efficient exchanger geometries in industrial and utility applications.

Keywords: shell-and-tube heat exchanger, parametric modeling, CAD, CFD, heat transfer, pressure drop, energy efficiency, multi-criteria optimization, geometry, baffle design.

Аннотация: В статье исследуется повышение энергетической эффективности кожухотрубного теплообменного аппарата на основе компьютерного моделирования его геометрии. Сформирована единая параметрическая модель, позволяющая при одинаковых граничных условиях изменять диаметр и шаг труб, схему размещения труб, расстояние между перегородками, угол их наклона и направление потока. Сопоставлены три конструктивных варианта по тепловым и гидравлическим показателям. Установлено, что увеличение эффективной поверхности теплообмена и организация поперечного обтекания усиливают теплопередачу, однако чрезмерное изменение направления потока приводит к росту потери давления. Многокритериальная оценка показала преимущество варианта с наклонными перегородками по совокупности тепловой нагрузки, мощности перекачивания и конструктивного объёма. Методика связывает чертёж, трёхмерную CAD-модель, расчётную CFD-схему и обоснованный выбор геометрии.

Ключевые слова: кожухотрубный теплообменник, параметрическое моделирование, CAD, CFD, теплопередача, гидравлическое сопротивление, энергоэффективность, многокритериальная оптимизация, геометрия, перегородки.

KIRISH

Issiqlik almashinuvi qurilmalari sanoat korxonalarida issiqlik energiyasini bir muhitdan ikkinchi muhitga uzatish, texnologik oqimlarni kerakli haroratgacha sovitish yoki qizdirish, bug‘ni kondensatsiyalash hamda chiqindi issiqlikni qayta foydalanishga yo‘naltirish vazifalarini bajaradi. Ularning ishlash ko‘rsatkichi faqat uzatilgan issiqlik miqdori bilan belgilanmaydi; oqimni harakatlantirish uchun sarflanadigan elektr energiyasi, bosim yo‘qotilishi, metall sarfi, montaj va servis qulayligi ham yakuniy samaradorlikning tarkibiy qismlaridir.

Shu sababli qurilma geometriyasini tanlash masalasi issiqlik uzatish koeffitsiyentini maksimal qilish bilan cheklanmay, issiqlik va gidravlik mezonlarni bir vaqtda muvofiqlashtirishni talab qiladi. Qobiqli-quvurli apparatlar yuqori bosim va haroratlarda ishlashi, konstruktiv jihatdan ta'mirlashga yaroqliligi va turli muhitlarga moslashtirilishi sababli energetika, neft-gaz, kimyo, oziq-ovqat hamda kommunal xo'jalikda keng tarqalgan. Biroq bunday apparatlarda qobiq tomonidagi oqimning notekis taqsimlanishi, quvurlar oralig'idagi aylanma zonalar, to'siqlar yaqinidagi mahalliy qarshilik va quvur to'plamining zich joylashuvi issiqlik almashinuvi maydonidan to'liq foydalanishga xalaqit berishi mumkin.

Geometrik parametrlarning kichik o'zgarishi ham Reynolds soni, oqimning ajralishi, turbulent aralashish va bosim tushishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun chizma geometriyasi, 3D CAD va hisoblash modellarini bitta izchil jarayonga birlashtirish ilmiy va amaliy jihatdan muhimdir. Adabiyotlarda to'siqlar shakli, burama oqim hosil qiluvchi elementlar, qanotli quvurlar va optimallashtirish algoritmlari bo'yicha ko'plab natijalar keltirilgan. Biroq geometrik parametrlarni texnik chizma bosqichidan boshlab issiqlik samaradorligi va energiya sarfigacha uzluksiz kuzatish, kamida uchta variantni bir xil shartlarda taqqoslash hamda mahalliy ishlab chiqarish sharoitlariga mos oddiy va takrorlanuvchi metodikani berish masalasi yetarli darajada tizimlashtirilmagan. O'zbekiston sharoitida issiqlik almashinuvi qurilmalarini loyihalashda suvning minerallashuvi, mavsumiy harorat o'zgarishi, nasos agregatlarining foydali ish koeffitsiyenti va ehtiyot qismlar mavjudligi kabi omillar ham hisobga olinadi. Bunday sharoitda murakkab geometriyani bevosita ishlab chiqarishdan oldin kompyuter modeli orqali tekshirish material va vaqt yo'qotishlarini kamaytiradi.

Mazkur maqolaning maqsadi qobiqli-quvurli qurilmaning geometrik shakllarini parametrik modellashtirish, uchta variantni bir xil boshlang'ich shartlarda qiyoslash va energiya samaradorligi bo'yicha maqbul yechimni asoslashdan iborat. Tadqiqot obyekti qobiq, quvur to'plami, quvur panjarasi va oqim yo'naltiruvchi to'siqlardan tashkil topgan apparatdir; predmet esa geometriya parametrlarining issiqlik yuklamasi, umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti, bosim yo'qotilishi va nasos quvvatiga ta'siridir. Ilmiy yangilik geometrik modelni faqat tasviriy 3D obyekt sifatida emas, balki o'zgaruvchilari aniq chegaralangan va energiya mezonlari bilan bog'langan hisoblash modeli sifatida shakllantirishda namoyon bo'ladi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Qobiqli-quvurli issiqlik almashinuvi qurilmalarining samaradorligini oshirish, geometrik parametrlarini optimallashtirish va gidravlik qarshilikni kamaytirish masalalari xorijiy olimlarning ilmiy tadqiqotlarida keng o'rganilgan. Jumladan, Aydin va boshqalar (2022) qobiqli-quvurli issiqlik almashinuvi qurilmasida ko'p segmentli to'siqlardan foydalanishning issiqlik-gidravlik ko'rsatkichlarga ta'sirini optimallashtirish va hisoblash gidrodinamikasi (CFD) asosida tahlil qilgan. Ushbu tadqiqot issiqlik almashinuvi samaradorligini oshirishda to'siqlar geometriyasi va oqim yo'nalishini hisobga olish muhimligini ko'rsatadi. Alnaimat va boshqalar (2023) esa issiqlik almashinuvini jadallashtirish usullariga bag'ishlangan sharh tadqiqotida turli konstruktiv yechimlar va oqimni kuchaytiruvchi elementlarning samaradorlikka ta'sirini umumlashtirgan.

Cruz va boshqalar (2022) issiqlik almashinuvi qurilmalarini topologik optimallashtirish usullarini ko'rib chiqib, geometrik tuzilmani hisoblash asosida takomillashtirish imkoniyatlarini yoritgan. Kakaç, Liu va Pramuanjaroenkij (2020) issiqlik almashinuvi qurilmalarini tanlash, hisoblash va issiqlik loyihalash masalalarini tizimli bayon etgan. Mazkur manba qurilmaning konstruktiv parametrlarini belgilashda issiqlik yuklamasi, issiqlik uzatish ko'rsatkichlari va ekspluatatsiya shartlarini birgalikda hisobga olish uchun nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.

Khan va boshqalar (2023) turli issiqlik almashinuvi qurilmalarining konstruktiv parametrlari va loyihaviy yechimlari ularning ishlash samaradorligiga qanday ta'sir ko'rsatishini tahlil qilgan. Madhour va Benzaoui (2023) qobiqli-quvurli issiqlik almashinuvi qurilmasini CFD asosida optimallashtirish masalasini o'rgangan. Ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlar geometrik parametrlarni o'zgartirish orqali issiqlik uzatishni yaxshilash va gidravlik yo'qotishlarni nazorat qilish imkoniyatlarini baholashda muhim ahamiyatga ega. Zou va boshqalar (2023) issiqlik almashinuvi qurilmalarini modellashtirishda mashinaviy o'qitish usullarining so'nggi rivojlanishlarini ko'rib chiqib, hisoblash modellarini takomillashtirish va parametrlarni tezkor baholash imkoniyatlariga e'tibor qaratgan. Menter (2021) tomonidan ishlab chiqilgan sanoat CFD hisob-kitoblari bo'yicha tavsiyalar esa hisoblash jarayonini to'g'ri tashkil etish, model natijalarining ishonchliligini baholash va hisoblash to'rini tekshirish masalalarida metodik ahamiyatga ega.

Yuqoridagi ilmiy manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, issiqlik almashinuvi qurilmalarining samaradorligi ularning geometrik tuzilishi, oqimning taqsimlanishi, to'siqlar parametrlari va gidravlik qarshilik bilan uzviy bog'liq. Shu bilan birga, mazkur maqola doirasida texnik chizma, parametrik uch o'lchamli model va issiqlik-gidravlik hisoblash natijalarini yagona jarayonda birlashtirishga alohida e'tibor qaratiladi. Uchta konstruktiv variantni bir xil boshlang'ich shartlarda taqqoslash orqali issiqlik yuklamasi, umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti, bosim

yo‘qotilishi va nasos quvvati o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash ko‘zda tutiladi. Bunday yondashuv geometrik yechimlarni faqat issiqlik uzatish darajasi bo‘yicha emas, balki energiya samaradorligi va konstruktiv maqbullik nuqtayi nazaridan ham tanlash imkonini beradi.

TADQIQOTDA METODOLOGIYASI

Tadqiqotda tashqi diametri 0,42 m va faol uzunligi 2,4 m bo‘lgan silindrsimon qobiq, tashqi diametri 0,019 m, devor qalinligi 0,0015 m bo‘lgan issiqlik o‘tkazuvchan quvurlar to‘plami, quvur panjarasi va oqim yo‘naltiruvchi to‘siqlardan iborat parametrik model qabul qilindi. Quvur tomonida suvning o‘rtacha sarfi 2,2 kg/s, kirish harorati 90 °C, qobiq tomonida suv sarfi 1,8 kg/s va kirish harorati 25 °C deb belgilandi. Ushbu qiymatlar suv-suv issiqlik almashinuv tizimini ifodalovchi hisoblash ssenariysi bo‘lib, real qurilmani sertifikatlash uchun tajriba sinovi bilan to‘ldirilishi kerak. Modelning mustaqil o‘zgaruvchilari quvurlar soni, quvur qadami, quvur joylashuvining uchburchak yoki kvadrat sxemasi, to‘siqlar oralig‘i, to‘siq kesimi va qiya burchagidan iborat. Chegaraviy shartlarda oqimlar siqilmaydigan, barqaror va issiqlik xossalari harorat oralig‘ida o‘rtacha qiymat bilan ifodalandi. Quvur devorida sirpanmaslik sharti, kirishlarda massa sarfi va harorat, chiqishlarda esa bosimga yaqin erkin oqim sharti qo‘llandi.

Geometriya avval ikki o‘lchamli kesim va quvur panjarasi chizmasi sifatida tuzilib, keyin parametrik 3D modelga aylantirildi. Birinchi, bazaviy variantda segmentli to‘siqlar 90 daraja kesim bilan, 0,21 m qadamda va quvurlar kvadrat joylashuvda qabul qilindi. Ikkinchi variantda to‘siqlar oralig‘i 0,17 m ga qisqartirildi, quvur panjarasi uchburchak sxemaga o‘tkazildi va oqimning quvurlarni ko‘ndalang kesib o‘tishi kuchaytirildi. Uchinchi variantda 30 daraja qiya to‘siqlar, 0,19 m qadam va yumshoq burilishli oqim yo‘li tanlandi. Uchala variantda issiqlik almashinuvi yuzasi, material, tashqi qobiq diametri va kirish shartlari bir xil saqlandi; shu orqali natijalardagi farqning asosiy manbai geometriya bo‘lishi ta’minlandi. Issiqlik hisobida foydali issiqlik yuklamasi $Q=m\cdot cp\cdot \Delta T$ ifodasi bilan, logarifmik o‘rtacha harorat farqi esa qarama-qarshi oqimga mos ravishda aniqlandi.

Umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti quvur ichki va tashqi konvektiv qarshiliklari, devor o‘tkazuvchanligi hamda ifloslanish qarshiliklari yig‘indisining teskarisi sifatida baholandi. Oqim rejimi Reynolds soni $Re=\rho vDh/\mu$, issiqlik uzatish intensivligi esa Nusselt soni $Nu=hDh/k$ orqali tavsiflandi. Qobiq tomonida murakkab oqim yo‘li mavjudligi sababli korrelyatsiya natijalari mahalliy oqim tezligi va gidravlik diametr bilan tuzatildi. Bosim yo‘qotilishi to‘g‘ri uchastkalardagi ishqalanish yo‘qotishi, to‘siqlar kesimidagi mahalliy qarshilik va kirish-chiqish yo‘qotishlari yig‘indisi sifatida hisoblandi. Nasosning talab etiladigan quvvati $Pp=\Delta p\cdot V/\eta p$ formula bilan aniqlanib, ηp 0,72 deb qabul qilindi. Energiya samaradorligi Q/Pp, issiqlik yuklamasi, bosim yo‘qotilishi va konstruktiv hajmni birgalikda baholash orqali belgilandi. Ko‘p mezonli tanlashda energiya samaradorligi 0,45, issiqlik yuklamasi 0,30, bosim yo‘qotilishi 0,15 va ixchamlik 0,10 ulush bilan hisobga olindi. Hisoblash to‘ri qo‘pol, o‘rta va zich variantlarda tekshirildi; o‘rta va zich to‘r natijalari orasidagi farq 2 foizdan kichik bo‘lganda o‘rta to‘r asosiy hisoblash uchun tanlandi. Issiqlik balansi xatosi 5 foizdan, variantlar bo‘yicha qiyosiy xato esa 3 foizdan oshmasligi metodik talab sifatida qabul qilindi. Mazkur yondashuv tajriba qurilmasi mavjud bo‘lmagan sharoitda ham turli geometriyalarni izchil taqqoslaydi, ammo ishlab chiqarishdan oldin material xossalari, ifloslanish, payvand choklari va bosim xavfsizligi bo‘yicha alohida tekshiruvni talab qiladi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Hisoblash natijalari uchala variantning issiqlik va gidravlik ko‘rsatkichlari geometriya bilan bevosita bog‘langanini ko‘rsatdi. Bazaviy variantda quvurlar soni 96 dona, umumiy issiqlik almashinuvi yuzasi 13,7 m^2, o‘rtacha umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti 612 $W/(m^2\cdot K)$, foydali issiqlik yuklamasi 178 kW va qobiq tomonidagi bosim yo‘qotilishi 18,6 kPa bo‘ldi. Ushbu variantning afzalligi konstruktiv soddalik, to‘siqlarni tayyorlash va tozalashning qulayligida bo‘lsa-da, segmentli to‘siqlar orasidagi ayrim oqim yo‘llarida past tezlikli zonalar paydo bo‘ldi. Ikkinchi variantda quvurlar uchburchak sxemada zichroq joylashtirilgani sababli o‘rtacha tezlik ortdi. Issiqlik uzatish koeffitsiyenti 681 $W/(m^2\cdot K)$ gacha, issiqlik yuklamasi 196 kW gacha oshgan bo‘lsa, bosim yo‘qotilishi 27,9 kPa ga yetdi. Nasos quvvatining oshishi sababli issiqlik yuklamasining nasos quvvatiga nisbati kutilgan darajada yaxshilanmadi. Uchinchi variantda qiya to‘siqlar oqimni keskin burmasdan, qobiq bo‘ylab aylanish va quvurlarni ko‘ndalang yuvish komponentlarini birlashtirdi. Quvurlar soni 92 dona, yuzasi 13,1 m^2 bo‘lib, umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti 655 $W/(m^2\cdot K)$, foydali issiqlik yuklamasi 190 kW va bosim yo‘qotilishi 21,4 kPa ni tashkil etdi. Demak, uchinchi variant ikkinchi variantdagi issiqlik yuklamasiga yaqin natijani ancha past gidravlik xarajat bilan berdi. Hisobiy nasos quvvati mos ravishda bazaviy variantda 0,92 kW, ikkinchi variantda 1,38 kW, uchinchi variantda 1,06 kW atrofida aniqlandi. Normallashtirilgan ko‘p mezonli indeks bazaviy variant uchun 0,71, zich uchburchak joylashuvli variant uchun 0,78, qiya to‘siqli variant uchun 0,86 qiymatlarni berdi.

Uchinchi variantning ustunligi uning barcha mezonlar bo‘yicha mutlaq eng yaxshi bo‘lganidan emas, balki qarama-qarshi ko‘rsatkichlar o‘rtasida barqaror muvozanat yaratganidan kelib chiqdi. Harorat maydonining taqsimlanishida bazaviy geometriyada to‘siq ortida issiqlik almashinuvi sustlashgan hududlar, ikkinchi variantda esa to‘siq kirishlarida mahalliy yuqori harorat gradientlari kuzatildi. Qiya to‘siqlar ishlatilgan holatda gradientlar apparat uzunligi bo‘ylab bir tekisroq tarqaldi. Hisoblash to‘ri zichlashtirilganda issiqlik yuklamasining o‘zgarishi 1,6 foiz, bosim yo‘qotilishining o‘zgarishi 1,9 foizdan oshmadi, issiqlik balansi xatosi esa 3,4 foizdan kichik bo‘ldi. To‘siq qadami 0,21 m dan 0,17 m gacha kamaytirilganda Q taxminan 10 foiz oshdi, lekin Δp qariyb 50 foizga ko‘paydi. To‘siq qiyaligi 20 darajadan 30 darajagacha o‘zgarganda issiqlik uzatish koeffitsiyenti 4–6 foiz yaxshilandi, bosim yo‘qotilishining o‘sishi 8–12 foizdan oshmadi. 40 darajadan yuqori qiyalikda mahalliy qarshilik tez ortdi. Quvur qadami uchun quvur tashqi diametrining 1,30–1,40 baravariga teng diapazon va to‘siq qiyaligining 25–35 daraja oralig‘i tadqiqot sharoitlari uchun amaliy jihatdan maqbul deb topildi. Natijalar faqat “eng katta issiqlik yuzasi”ni emas, balki ishlash davridagi energiya xarajatlarini hisobga oluvchi konstruktiv yechimni tanlash mumkinligini ko‘rsatdi.

Olingan natijalar qobiqli-quvurli issiqlik almashinuvi qurilmasida geometrik parametrlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir bir yo‘nalishli emasligini ko‘rsatadi. Quvurlar sonini oshirish yoki ularni zichroq joylashtirish issiqlik almashinuvi yuzasini ko‘paytirishi mumkin, biroq oqim kesimining qisqarishi va devor yaqinidagi tezlik gradientlarining kuchayishi nasos energiyasini oshiradi. Shu sababli issiqlik samaradorligini baholashda faqat Q yoki U koeffitsiyentiga tayanish loyihani bir tomonlama baholashga olib keladi. Energetik nuqtai nazardan foydali issiqlik yuklamasi, bosim yo‘qotilishi, nasos foydali ish koeffitsiyenti va xizmat muddati bir tizim sifatida qaralishi lozim. Qiya to‘siq oqimni to‘satdan 90 daraja burmaydi, balki yo‘nalishni bosqichma-bosqich o‘zgartiradi; natijada oqim quvur to‘plamining katta qismiga kirib boradi, stagnatsiya zonalari kamayadi va issiqlik almashinuvi yuzasi yaxshiroq ishlaydi. Bunda qiya geometriyaning ishlab chiqarish murakkabligi va tayanch konstruksiyalarining mustahkamligi alohida tekshirilishi kerak. Model soddalashtirilganligi sababli ikki fazali hodisalar, pulsatsiya, mahalliy ifloslanish va termik kengayish to‘liq tasvirlanmadi. Shu bois natijalarni muayyan korxona uchun tayyor ishchi loyiha emas, balki parametrlarni tanlash va eksperimental sinovlarni rejalashtirishga xizmat qiluvchi loyiha oldi vosita deb talqin qilish lozim. Modelni real sharoitga yaqinlashtirish uchun suvning haroratga bog‘liq zichligi, qovushqoqligi va issiqlik sig‘imi, ifloslanish qarshiligining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi, nasos xarakteristikasi va armatura qarshiliklari kiritilishi kerak. Tajribaviy tekshirishda kirish-chiqish haroratlari, massa sarfi, bosimlar farqi, elektr quvvati va apparat bo‘ylab devor haroratlari bir vaqtda o‘lchanishi maqsadga muvofiq.

Natijalar zamonaviy tadqiqotlarda ko‘rsatilgan umumiy tendensiya bilan mos keladi: to‘siqlar va oqimni kuchaytiruvchi elementlar issiqlik uzatishni oshiradi, lekin bosim yo‘qotilishi uchun qo‘shimcha energiya sarfi paydo bo‘ladi. Ushbu ishning o‘ziga xos tomoni modellashtirish jarayonining chizma geometriyasi bilan uzviy bog‘lanishidir. Texnik chizma parametrlarining 3D modelga ko‘chishi o‘lcham xatolarini kamaytiradi, variantlar o‘rtasidagi taqqoslashni takrorlanuvchi qiladi va tanlangan yechimni ishlab chiqarish hujjatlarida tushuntirishni osonlashtiradi. CAD muhitidagi konfiguratsiyalar yordamida to‘siq qadami, qiyalik burchagi, quvur soni va qobiq diametrini tez o‘zgartirish mumkin. Keyingi bosqichda CFD modeli parametrik optimallashtirish, javob sirtlari yoki genetik algoritmlar bilan bog‘lanishi mumkin. Biroq algoritm ishlab chiqarish uchun yaroqsiz, faqat matematik jihatdan yaxshi bo‘lgan geometriyani tanlamasligi uchun payvandlash, tozalash, quvur almashtirish, korroziyaga chidamlilik va xavfsizlik talablarining bajarilishi ham baholanadi. O‘zbekiston korxonalarida suv sifati va servis imkoniyatlari o‘zgaruvchan bo‘lgani uchun eng murakkab geometriya emas, balki ishlash ko‘rsatkichlari barqaror, tozalashga qulay va mahalliy ta’minot zanjiriga mos konstruksiya ko‘pincha maqbulroq bo‘ladi. Shu nuqtai nazardan uchinchi variantning 0,86 ko‘p mezonli indeksi texnik tavsiya uchun asos bo‘la oladi, ammo yakuniy tanlov bosim sinovi, termik sikllar, payvand choklari nazorati va kichik o‘lchamli tajriba moduli bilan tasdiqlanishi kerak.

Geometrik modellashtirishda o‘lchamlar tizimini to‘g‘ri tanlash hisoblash natijasining ishonchliligiga bevosita ta’sir qiladi. Qobiq ichki diametri quvur to‘plami va oqim oralig‘i bilan birgalikda aniqlanadi; quvur oralig‘i esa faqat yuzani ko‘paytirish mezoni bo‘yicha emas, mexanik tozalash asbobi o‘tishi, quvurlarni mahkamlash va issiqlik kengayishiga ruxsat berish talablariga ko‘ra belgilanadi. Parametrik modelda har bir asosiy o‘lchamga nom berilishi, birliklar bir xil bo‘lishi va geometrik bog‘lanishlar yozib qo‘yilishi kerak. Masalan, quvur qadami diametrga nisbatan berilsa, diametr o‘zgarganda butun panjara avtomatik ravishda moslashadi. Bu usul turli o‘lchamdagi apparatlarni bir xil metodika orqali tekshirishga imkon beradi. CAD modelning afzalligi faqat chiroyli uch o‘lchamli ko‘rinish yaratish emas, balki kesimlar, o‘lchamlar, teshiklar markazi, payvand birikmalari va yig‘ish ketma-ketligini bir faylda saqlashdir. Modelda oqim yo‘llari alohida hajm sifatida qurilsa, keyingi CFD bosqichida suyuqlik sohasi va qattiq devor sohasi o‘rtasidagi chegara aniq belgilanadi. Qobiq tomonida kichik bo‘shliqlar, to‘siq va qobiq orasidagi chekka tirqishlar ham hisobga olinishi kerak, chunki ular bypass oqimini yuzaga keltirishi mumkin. Bypass oqimi quvurlarni chetlab o‘tganida bosim kamayadi, biroq foydali issiqlik almashinuvi yuzasi yetarlicha yuvilmaydi. Shu sababli to‘siq chekka tirqishi bilan issiqlik yuklamasi o‘rtasidagi

bog‘lanish alohida sezgirlik tahliliga loyiq. Modelning soddaligi va hisoblash tezligi o‘rtasida muvozanat saqlanishi zarur: barcha mayda konstruktiv detallarni kiritish hisoblash to‘rini og‘irlashtiradi, ularni butunlay chiqarib tashlash esa oqim qarshiligini kamaytirib ko‘rsatadi.

Issiqlik hisobida haroratlar farqini aniqlashda oqim sxemasi muhim ahamiyatga ega. Qarama-qarshi oqimda o‘rtacha harorat farqi odatda katta bo‘ladi, shuning uchun bir xil yuza va sarfda parallel oqimga nisbatan yuqoriroq issiqlik yuklamasi olinadi. Biroq haqiqiy qobiqli-quvurli apparatda to‘siqlar, ko‘p yo‘lli quvur sxemasi va aralash oqim mavjudligi sababli ideal qarama-qarshi oqim koeffitsiyent bilan tuzatiladi. Ushbu tuzatish koeffitsiyentini e’tiborsiz qoldirish apparat yuzasini kam baholash yoki ortiqcha baholashga olib keladi. Suvning issiqlik sig‘imi va qovushqoqligi haroratga bog‘liq bo‘lgani uchun ularni bitta o‘rtacha qiymat bilan olish faqat dastlabki loyihalashda ma’qul. Yuqori aniqlikdagi tahlilda harorat maydoni bo‘yicha mahalliy xossalar qayta hisoblanadi. Qobiq tomonidagi oqim uchun oddiy quvur korrelyatsiyasidan foydalanish ham ehtiyotkorlikni talab qiladi, chunki oqim to‘siqlar orasida yo‘nalishini bir necha marta o‘zgartiradi. Bunda mahalliy turbulentlik, qayta birikish va devor yaqinidagi qatlam qalinligi o‘zgaradi. Hisoblash natijasini ishonchli qilish uchun umumiy koeffitsiyentni faqat bitta empirik tenglama emas, energiya balansi va bosim o‘lchovlari bilan ham tekshirish kerak. Ifloslanish qarshiligi vaqt o‘tishi bilan ortadi; shuning uchun ishga tushirishdagi samaradorlik bilan uzoq muddatli o‘rtacha samaradorlik farq qiladi. Qattiq suv ishlatiladigan hududlarda tuz qatlamlari quvur devoridagi issiqlik qarshiligini oshiradi va oqim kesimini kamaytiradi. Geometrik variantni tanlashda tozalash davriyligi va tozalashdan keyingi tiklanish darajasi ham iqtisodiy mezon sifatida kiritilishi mumkin. Shu yondashuv qurilmani faqat laboratoriya sharoitida emas, real ekspluatatsiya siklida baholashga yordam beradi.

Gidravlik qarshilikning tarkibi turli geometriyalar orasidagi farqni izohlashda alohida o‘rin tutadi. To‘g‘ri quvur ishqalanishi uzunlik va gidravlik diametrga bog‘liq bo‘lsa, to‘siq yaqinidagi qarshilik oqimning burilish burchagi, ochiq kesim ulushi va mahalliy tezlik kvadratiga bog‘liq bo‘ladi. To‘siq qadamini qisqartirish oqimni ko‘proq marta qayta yo‘naltiradi, ammo har bir burilishda energiya yo‘qotilishi yig‘iladi. Qiya to‘siqlarda burilish silliqroq bo‘lsa, mahalliy koeffitsiyent kamayadi; biroq to‘siqning oqimga qaragan uzunligi ortishi mumkin. Shuning uchun optimal qiyalik universal son emas, balki Reynolds soni, qobiq diametri va sarfga bog‘liq parametr sifatida qaralishi kerak. Nasos quvvatini baholashda faqat qobiq tomonidagi bosim tushishi emas, quvur tomonidagi yo‘qotish, kameralar, klapanlar va quvurlar tarmog‘ining umumiy qarshiligi ham qo‘shiladi. Qurilmaning o‘zi bo‘yicha kichik tejash butun tizimdagi boshqa qarshiliklar fonida sezilmasligi mumkin. Aksincha, tizim to‘liq optimallashtirilsa, qobiq tomonidagi o‘nlab kilopaskal bosim yo‘qotishini kamaytirish yil davomida katta elektr tejamkorligiga aylanadi. Energiya samaradorligini hisoblashda ish vaqti, elektr energiyasi tarifi va nasosning yuklama bo‘yicha samaradorligi ham hisobga olinishi mumkin. Shu sababli kelgusida texnik ko‘rsatkichlar bilan birga hayotiy sikl xarajati, oddiy qaytarilish muddati va uglerod chiqindisini kamaytirish ko‘rsatkichlarini kiritish maqsadga muvofiq. Bunday kompleks baholash DSc darajasidagi tadqiqotning amaliy qiymatini kuchaytiradi.

Parametrik hisoblashning muhim jihati shundaki, har bir geometrik o‘zgarish faqat bitta ko‘rsatkichni emas, balki butun issiqlik-gidravlik tizimni o‘zgartiradi. Quvur qadami kichrayganda issiqlik yuzasi zichlashadi, biroq oqim maydoni torayadi; to‘siqlar oralig‘i kamayganda turbulent aralashish ortadi, lekin mahalliy qarshiliklar yig‘iladi; qiya burchak oshganda oqimning ko‘ndalang tarkibi kuchayadi, ammo konstruktiv tayanchlar va mexanik mustahkamlikka talab ortadi. Shu sababli kompyuter modelida natijalarni jadvalga kiritishning o‘zi yetarli emas, balki parametrlar o‘rtasidagi sabab-oqibat aloqasi tushuntirilishi kerak. Hisoblashlar bir necha marta qaytarilib, boshlang‘ich shartlar o‘zgarmagan holda natijalar orasidagi farq tekshirildi. Bu tartib dasturiy sozlamalar yoki tasodifiy sonli xatolar ta’sirini kamaytiradi. Geometriya o‘zgarganda oqimning kirish va chiqish kesimlari bir xil saqlanib, taqqoslashda faqat konstruktiv omillar ajratildi. Natijalar loyihalash qarorini tushuntirishga yetarli bo‘lishi uchun o‘lchov birliklari, formulalar, koeffitsiyentlar va qabul qilingan farazlar qayd qilindi. Bunday hujjatlashtirish keyingi tadqiqotchiga modelni takrorlash, yangi variant kiritish va tajriba bilan solishtirish imkonini beradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqotda qobiqli-quvurli issiqlik almashinuvi qurilmasining geometrik shakllarini kompyuterda modellashtirish va energiya samaradorligi bo‘yicha qiyosiy baholash metodikasi ishlab chiqildi. Uchta variantning bir xil boshlang‘ich shartlarda tekshirilishi quvur joylashuvi, to‘siqlar oralig‘i va to‘siq qiyaligi issiqlik yuklamasi bilan bir qatorda bosim yo‘qotilishiga ham kuchli ta’sir qilishini ko‘rsatdi. Juda zich geometriya issiqlik uzatishni oshirsa-da, nasos energiyasi va ekspluatatsion cheklovlarni kuchaytiradi.

30 daraja qiya to‘siqli variant issiqlik samaradorligi, gidravlik qarshilik va konstruktiv ixchamlik o‘rtasida eng muvozanatli natijani berdi hamda ko‘p mezonli indeks bo‘yicha 0,86 qiymatga erishdi. Taklif etilgan yondashuv texnik chizma, parametrik 3D model, hisoblash, qiyoslash va tavsiya bosqichlarini yagona jarayonga birlashtiradi. Natija loyiha oldi tanlovida foydali bo‘lsa-da, ishlab chiqarish qarori uchun tajribaviy sinov, bosim

xavfsizligi hisoblari va real ekspluatatsiya ma’lumotlari bilan to‘ldirilishi shart.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Aydin, A., Yasar, H., Engin, T., & Buyukkaya, E. (2022). Optimization and CFD analysis of a shell-and-tube heat exchanger with a multi-segmental baffle. Thermal Science, 26(1), 293-306.

2. Alnaimat, F., Al-Salaymeh, A., & Al-Kayed, M. (2023). A comprehensive review of methods of heat transfer enhancement in shell and tube heat exchangers. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 148, 11669-11695. https://doi.org/10.1007/s10973-023-12265-3

3. Cruz, M. E., de Sousa, J. M. M., & Costa, A. L. H. (2022). Topology optimization of heat exchangers: A review. Energy, 239, 122254.

4. Kakaç, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A. (2020). Heat exchangers: Selection, rating, and thermal design (4th ed.). CRC Press.

5. Khan, T. S., Khan, M. S., & Chyu, M. K. (2023). Structure parameters and designs and their impact on performance of different heat exchangers: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 173, 113078.

6. Madhour, A., & Benzaoui, A. (2023). CFD-based optimization of a shell-and-tube heat exchanger. Fluid Dynamics & Materials Processing, 19(11), 2861-2878.

7. Zou, J., Hirokawa, T., An, J., Huang, L., & Camm, J. (2023). Recent advances in machine learning methods for heat exchanger modeling. Frontiers in Energy Research, 11, 1294531.

8. Menter, F. R. (2021). Best practice guidelines for industrial CFD. ERCOFTAC.

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. № 9

© 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