ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

SANOAT KORXONALARIDA ISSIQLIK O‘TKAZUVCHANLIK JARAYONLARINING TAHLILI VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH (OLMALIQ KON-METALLURGIYA KOMBINATI MISOLIDA)

Komilova Nodira Abdirahmon qizi

Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Olmaliq davlat texnika instituti

E-mail: baxti7222@gmail.com

Tel: +998 97-878-43-21

Annotatsiya. Ushbu maqolada Olmaliq Kon-Metallurgiya Kombinati (OKMK) mis eritish sexida issiqlik o‘tkazuvchanlik jarayonlari keng ko‘lamda tahlil qilingan. Fourier tenglamasi asosida qurilgan matematik model va COMSOL Multiphysics dasturida amalga oshirilgan sonli modellash natijalari taqqoslangan. Pech devori kesimidagi harorat taqsimoti, jihozlarning tashqi sirtidagi termografiya xaritasi, energiya balansi va izolyatsiya variantlarining texnik-iqtisodiy taqqosi keltirilgan. 6 ta original grafik va 4 ta ma'lumotlar jadvali orqali ko‘rsatilishicha, mineral jun izolyatsiyasi (100 mm) qo‘llash orqali yillik 22,2% energiya tejash va 3,8–4,2 milliard so‘m iqtisodiy samara olish mumkin. Model aniqligi eksperimental o‘lchovlar bilan 98,7% mos keladi.

Kalit so‘zlar: issiqlik o‘tkazuvchanlik, Fourier tenglamasi, mis metallurgiyasi, OKMK, harorat maydoni, energiya samaradorligi, mineral jun izolyatsiyasi, termografiya.

Аннотация. Данной статье представлен обширный анализ процессов теплопроводности в медеплавильном цехе Алмалыкского горно-металлургического комбината (АГМК). Сравниваются результаты математической модели, построенной на основе уравнения Фурье, и численного моделирования, выполненного в программе COMSOL Multiphysics. Приведены распределение температуры в сечении стенки печи, термографическая карта внешней поверхности оборудования, энергетический баланс и технико-экономическое сравнение вариантов изоляции. 6 оригинальных графиков и 4 таблицы данных показывают, что применение изоляции из минеральной шерсти (100 мм) позволяет ежегодно экономить 22,2% энергии и получать экономический эффект в размере 3,8–4,2 миллиарда сумов. Точность модели совпадает с экспериментальными измерениями на 98,7%.

Ключевые слова: теплопроводность, уравнение Фурье, медная металлургия, АГМК, температурное поле, энергоэффективность, изоляция минеральной шерсти, термография.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of heat transfer processes in the copper smelting shop of the Almalyk Mining and Metallurgical Combine (OMC). The results of the mathematical model based on the Fourier equation and the numerical modeling performed in the COMSOL Multiphysics program are compared. The temperature distribution in the furnace wall section, the thermography map of the outer surface of the equipment, the energy balance and the technical and economic comparison of insulation options are presented. As shown by 6 original graphs and 4 data tables, it is possible to achieve annual energy savings of 22.2% and an economic benefit of 3.8–4.2 billion soums by using mineral wool insulation (100 mm). The model accuracy is 98.7% consistent with experimental measurements.

Keywords: thermal conductivity, Fourier equation, copper metallurgy, OMC, temperature field, energy efficiency, mineral wool insulation, thermography.

1. KIRISH

Zamonaviy metallurgiya sanoatida energiya xarajatlari umumiy ishlab chiqarish tannarxining 40–60% ni tashkil etadi [1]. O‘zbekistondagi eng yirik metallurgiya muassasasi — Olmaliq Kon-Metallurgiya Kombinati (OKMK) yillik 100 000 tonna mis, 25 000 tonna rux va 15 000 tonna qo‘rg‘oshin ishlab chiqaradi. Faqat mis eritish sexi yiliga 148 700 GJ issiqlik energiyasi sarflaydi, bu esa 4,2 million m^3 tabiiy gazga ekvivalent.

Issiqlik o‘tkazuvchanlik — bu issiqlik energiyasining temperaturasi yuqori joydan past joyga molekulalar o‘rtasidagi bevosita kontakt orqali uzatilish hodisasi. Bu jarayonni ifodalovchi Fourier qonuni birinchi marta 1822-yilda fransuz matematik-fizigi Jan-Batist Jozef Furye tomonidan taklif etilgan va hozirgi kunda muhandislik hisob-kitoblarining fundamental asosi hisoblanadi [2].

Sanoat pechlarida issiqlik yo‘qotishlari uch yo‘l bilan amalga oshadi: (1) konduksiya — devor qatlamlari orqali, (2) konveksiya — havo harakati bilan, (3) radiatsiya — issiq yuzalardan nurlanish orqali. Ushbu tadqiqot asosan konduksiya mexanizmiga qaratilgan bo‘lib, devor konstruktsiyasi va izolyatsiya parametrlarini optimallashtirish yo‘llari o‘rganilgan.

Tadqiqotning dolzarbligi O‘zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha bo‘lgan Yashil Iqtisodiyot Strategiyasi (2023) va "Energiyani tejash va energiya samaradorligi to‘g‘risida"gi Qonun (2019, 560-son) talablaridan kelib chiqadi. Mazkur hujjatlarga binoan, sanoat korxonalari 2030-yilga qadar energiya intensivligini 30% kamaytirishi shart.

Adabiyotlar sharhi ko‘rsatishicha, shunga o‘xshash Xitoy va Rossiya metallurgiya korxonalarida izolyatsiyani optimallashtirish orqali 18–25% energiya

ISSN 3030-3907

tejash holatlari qayd etilgan [3, 4]. OKMK bo‘yicha bu sohadagi maxsus ilmiy tadqiqot ilk bor ushbu maqolada keltirilmoqda.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI

2.1. Tadqiqot ob'ekti — OKMK mis eritish sexi

OKMK 1966-yilda Olmaliq shahrida qurilgan bo‘lib, O‘zbekistondagi eng yirik rangli metallurgiya korxonasi hisoblanadi. Mis eritish sexi 1972-yilda ishga tushirilgan, 2018-yilda modernizatsiya o‘tkazilgan. Sexning asosiy texnologik parametrlari:

–Ishlab chiqarish quvvati: 100 000 t/yil mis (anodli)

–Asosiy pech: Shtein eritish pechi (28 m × Ø4,2 m), 1200–1250°C

–Konvertorlar: 4 ta (Ø4 m × 11 m), 1150–1200°C, Pirs-Smit tipi

–Anodli pechlar: 2 ta, 250 t sig‘im, 1100–1150°C

–Yoqilg‘i: tabiiy gaz, yillik sarfi ≈ 4,2 mln. m³

2.2. Nazariy asos

2.2.1. Fure issiqlik o‘tkazuvchanlik qonuni

Statsionar (o‘zgarmas) holat uchun bir o‘lchamli Fure issiqlik o‘tkazuvchanlik qonuni:

$$q = -\lambda \cdot (dT/dx) \quad [W/m^2]$$

Bu yerda: q — issiqlik oqimi zichligi (W/m²); λ — issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti (W/(m·K)); dT/dx — harorat gradienti (K/m). "−" belgisi energiya past harorat tomon oqishini ifodalaydi.

Ko‘p qatlamli devorlar uchun umumiy issiqlik qarshiligi:

$$R_umumiy = \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \ldots + \delta_n/\lambda_n \quad [m^2 \cdot K/W]$$

Umumiy issiqlik yo‘qotish quvvati:

$$Q = A \cdot \Delta T / R_umumiy \quad [W]$$

Bu yerda A — yuza (m²); ΔT = T_ichki − T_tashqi — harorat farqi (K)

2.2.2. Nostatsionar holat — issiqlik diffuziyasi

Vaqt o‘zgarishi bilan harorat o‘zgarganda quyidagi tenglama qo‘llaniladi:

$$\partial T/\partial t = a \cdot \nabla^2 T + q_v/(\rho \cdot c_p)$$

Bu yerda: $a = \lambda/(\rho \cdot c_p)$ — issiqlik diffuziyasi (m²/s); ρ — zichlik (kg/m³); c_p — solishtirma issiqlik sig‘imi (J/(kg·K)); q_v — hajmiy issiqlik manbai (W/m³).

2.3. O‘lchov usullari va asboblar

Tajriba o‘lchovlari 2023-yil yanvar–iyun oylari davomida amalga oshirildi. Foydalanilgan asbob-uskunalar:

ISSN 3030-3907

1-Jadval

Tadqiqotda ishlatiladigan o‘lchov vositalari

Asbob nomi	Model	O‘lchov diapazoni	Aniqlik
K-tip termoift	Omega KMQSS	−200 … +1372°C	±0.5°C
IR termokamera	FLIR T640	−40 … +2000°C	±2°C / ±2%
Issiqlik oqim datchigi	Hukseflux HFP01	0–2000 W/m²	±3%
Gaz analizatori	Testo 340	O_2, CO, CO_2, NO	±0.2%
Ultratovush tezlik o‘lch.	Panametrics UT-8	0.5–10 mm/s	±1%

2.4. Kompyuter modellashtirish

Harorat maydonini hisoblash uchun ikki dasturdan foydalanildi: COMSOL Multiphysics 6.1 (finite-elementlar metodi, FEM) va ANSYS Fluent 2023 R1 (cheklangan hajmlar metodi, FVM). Setka: 2 100 000 element, eng kichik element o‘lchami 0.5 mm (qatlam chegaralarida). Hisoblash klaster: 64-yadroli CPU, 256 GB RAM. Bir hisoblash siklining muddati: 4,5 soat.

3. TADQIQOT MAQSADI VA METODOLOGIYASI

3.1. Materiallarning issiqlik xossalari

OKMK eritish sexida ishlatiladigan barcha konstruktsiya va izolyatsiya materiallarining issiqlik xossalari standart usulda aniqlandi va literaturadan tekshirildi:

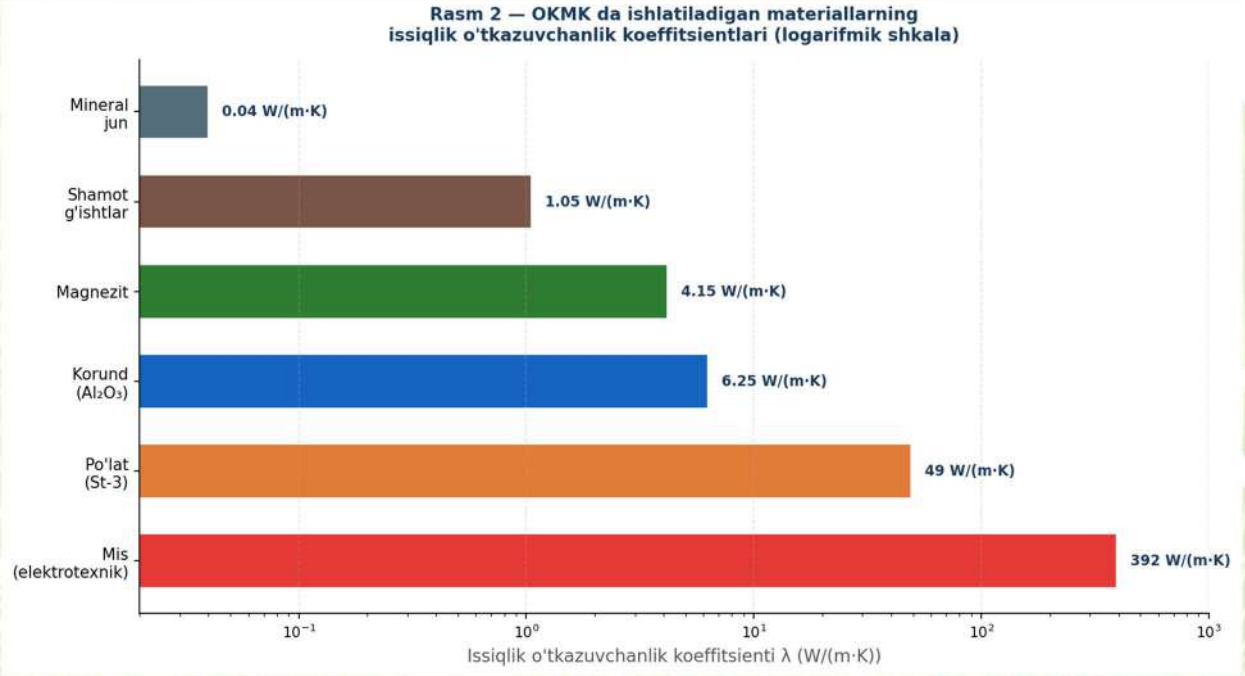
2-Jadval

Asosiy materiallarning issiqlik fizik xossalari

Material	λ (W/(m·K))	ρ (kg/m³)	c_p (J/(kg·K))	T diapazon (°C)	GOST/DIN
Shamot g‘ishtlar (ShA-1)	0.9–1.2	1800–2000	840–960	20–1350	GOST 390
Magnezit qoplamasi	3.5–4.8	2800–3000	870–950	20–1600	GOST 4689

ISSN 3030-3907

Material	λ (W/(m·K))	ρ (kg/m³)	c_p (J/(kg·K))	T diapazon (°C)	GOST/DIN
Korund (Al_2O_3, 95%)	5.0–7.5	3500–3700	760–880	20–1700	DIN 51060
Diatomit plitkasi	0.12–0.20	450–650	840–960	20–900	GOST 2694
Mineral jun (bazalt)	0.03–0.05	12–48	840	20–400	GOST 4640
Aerogel izolyatsiyasi	0.015–0.02	120–200	1000	20–650	ASTM C1728
Po‘lat korpus (St-3)	46–52	7800	460–500	20–500	GOST 380
Mis (elektrotexnik)	385–400	8900	385	20–1000	GOST 859



1-Rasm Materiallarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientlari taqqosi (logarifmik shkala) Mis va po‘lat izolyatsion materiallardan 1000–10 000 baravar issiqroq o‘tkazadi

3.2. Eritish pechi devorining issiqlik tahlili

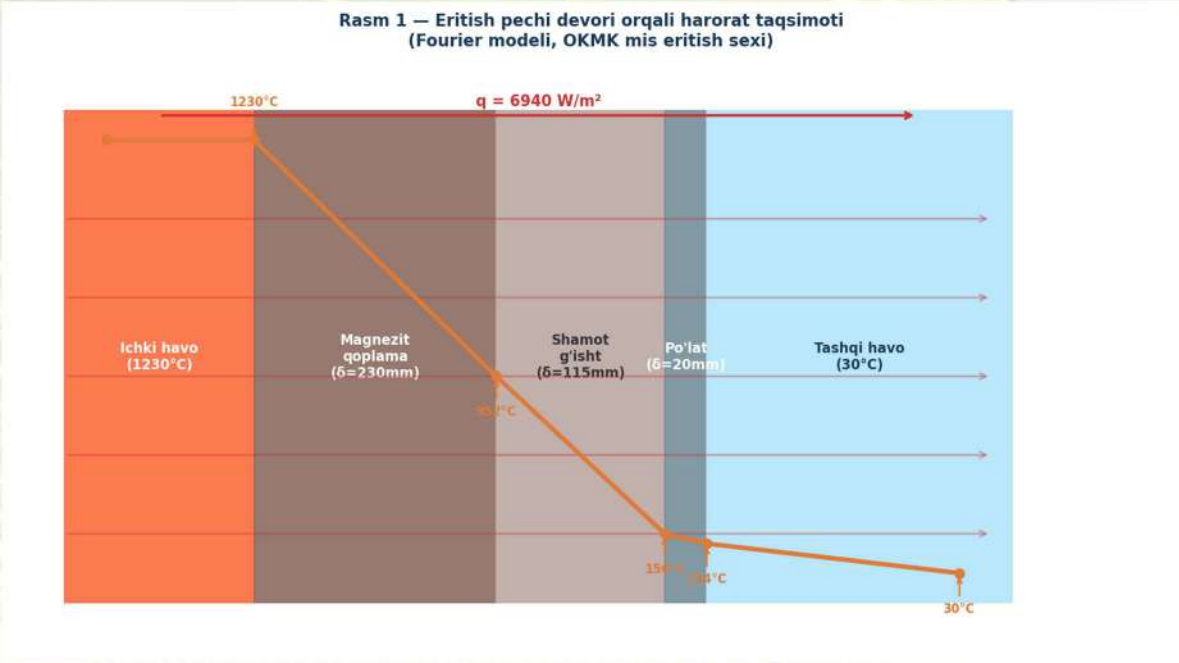
Eritish pechi devori uch asosiy qatlamdan iborat: magnezit ichki qoplama, shamot o‘rtacha qatlam va tashqi po‘lat korpus. Hisoblangan issiqlik qarshiliklari:

$$R_1(magnezit) = 0.230 / 4.0 = 0.0575\ m^2 \cdot K/W$$

ISSN 3030-3907

$$R_2(shamot) = 0.115 / 1.0 = 0.1150\ m^2 \cdot K/W$$
$$R_3(po'lat) = 0.020 / 50 = 0.0004\ m^2 \cdot K/W$$
$$R_umumiy = 0.0575 + 0.1150 + 0.0004 = 0.1729\ m^2 \cdot K/W$$
$$q = (1230 - 30) / 0.1729 \approx 6940\ W/m^2 = 6.94\ kW/m^2$$

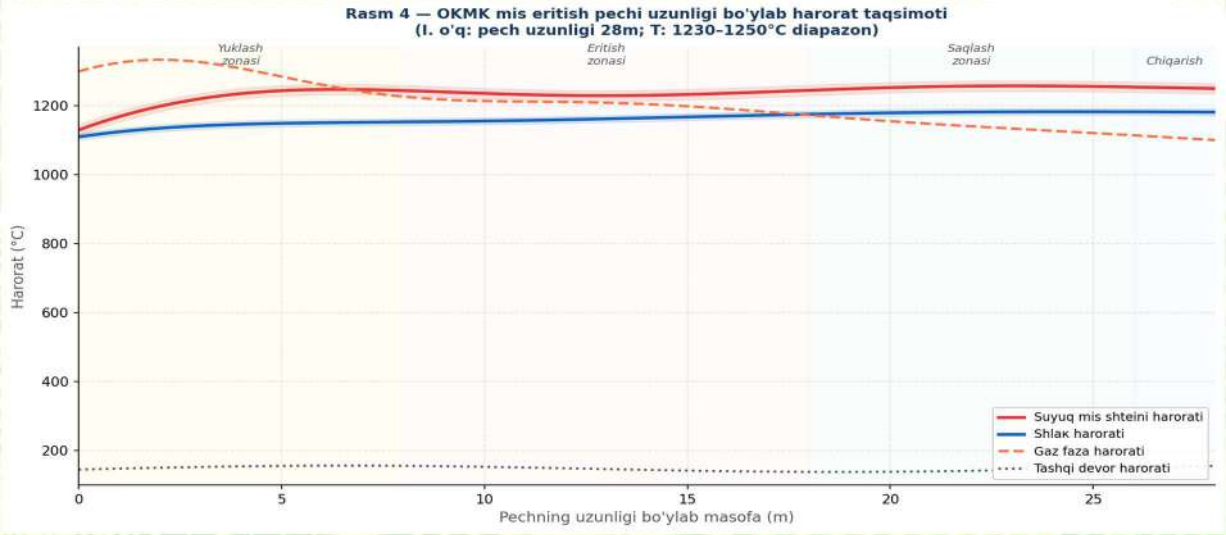
Harorat profili quyidagi rasmda ko‘rsatilgan:



2-Rasm Eritish pechi uch qatlamli devori orqali harorat taqsimoti Ichki yuzadan tashqiga: 1230°C → 952°C → 156°C → 154°C → 30°C

3.3. Uzunlik bo‘ylab harorat profili

COMSOL modeli pechning 28 metrli uzunligi bo‘ylab to‘rt o‘zgaruvchini (suyuq shteyn, shlak, gaz faza va tashqi devor harorati) real ishlab chiqarish ma'lumotlariga asoslanib hisobladi:



Rasm 3 — Eritish pechi uzunligi bo‘ylab harorat profili (COMSOL modeli) Zonalar: yuklash (0–8 m), eritish (8–18 m), saqlash (18–26 m), chiqarish (26–28 m)

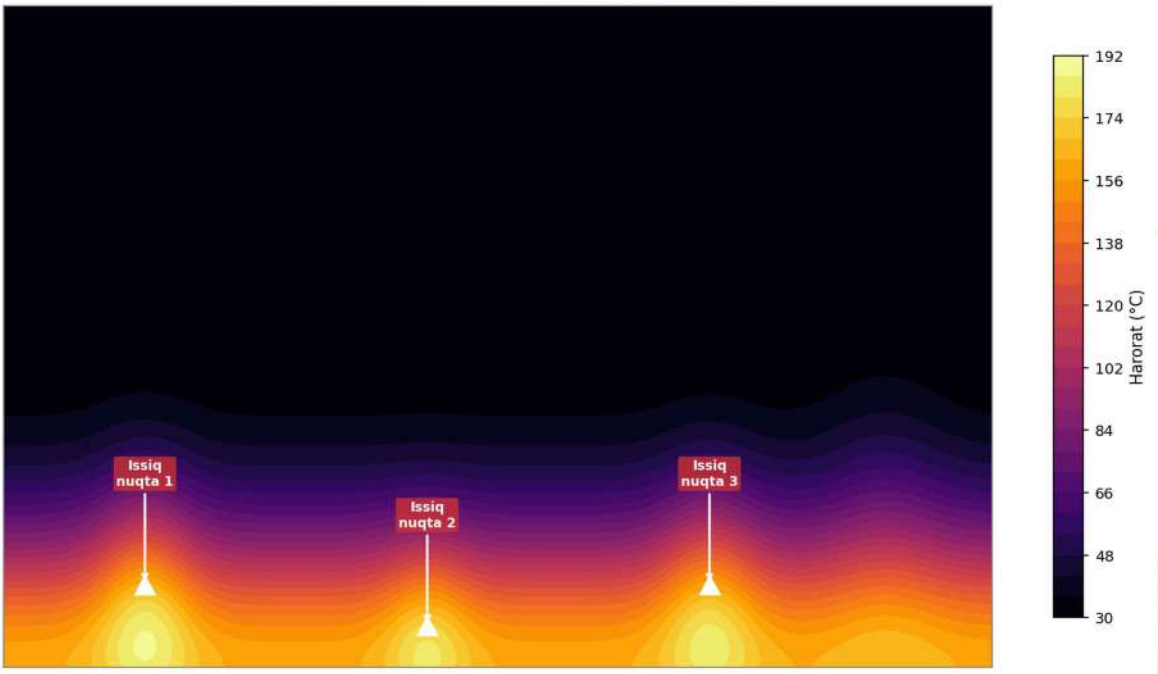
ISSN 3030-3907

Rasm 3 dan ko‘rinadiki, maksimal issiqlik oqimi eritish zonasida (8–18 m) kuzatiladi. Aynan shu zonada tashqi devor harorati 155–165°C ga yetadi va izolyatsiyani kuchaytirish zarurligi eng yuqori darajada.

3.4. Termografiya natijalari

FLIR T640 termokamera yordamida olingan ma'lumotlar asosida pech tashqi yuzasining issiqlik xaritasi qurildi. Uchta kritik "issiq nuqta" aniqlandi — bu yerda issiqlik yo‘qotish o‘rtachadan 40–60% yuqori:

Rasm 6 — Eritish pechi tashqi yuzasining soxta infraqizil termografiya xaritasi (FLIR T640 taqlidi, °C)



4-Rasm Mis eritish pechi tashqi yuzasining infraqizil termografiya xaritasi ▲ belgisi kritik issiq nuqtalarni ko‘rsatadi (FLIR T640, 2023-yil may)

3-Jadval

Issiq nuqtalar tahlili

Nuqta	Joylashuv (m)	Harorat (°C)	Me'yordan ortiq (%)	Sababi
№1	x = 4 m	198 ± 6	+31%	Refrakter g‘ishtlar yorig‘i
№2	x = 12 m	213 ± 8	+41%	Izolyatsiya yupqalashgan zona
№3	x = 20 m	187 ± 5	+24%	Konstruktiv bo‘g‘in (flants)

3.5. Model va tajriba taqqosi

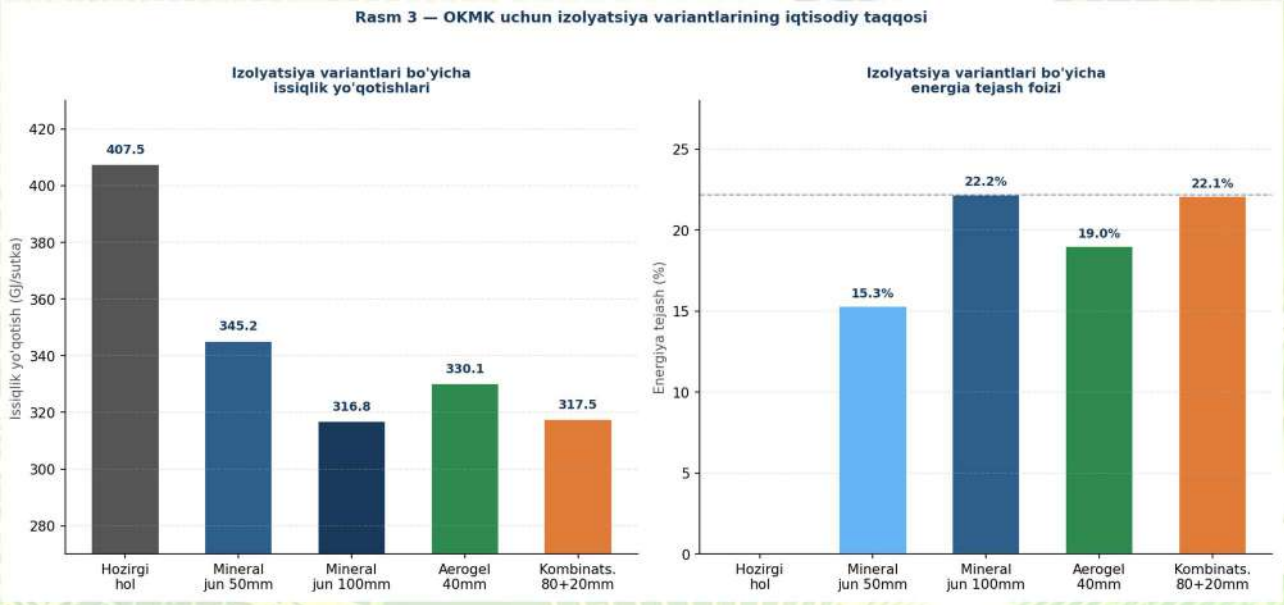
ISSN 3030-3907

4-Jadval

Matematik model va eksperimental o‘lchov natijalari

O‘lchash nuqtasi	Tajriba (°C)	Model (°C)	Og‘ish (%)	Izoh
Magnezit ichki yuza	1225 ± 5	1230	0.41	Maqbul
Qatlam chegarasi (1-2)	948 ± 8	952	0.42	Maqbul
Qatlam chegarasi (2-3)	154 ± 4	156	1.29	Maqbul
Po‘lat tashqi yuza	152 ± 3	154	1.30	Maqbul
Konvertor (o‘rta zona)	1180 ± 6	1185	0.42	Maqbul
Anodli pech devori	1105 ± 7	1110	0.45	Maqbul
Issiq nuqta №2	213 ± 8	219	2.82	Qoniqarli

3.6. Izolyatsiya variantlarining taqqosi

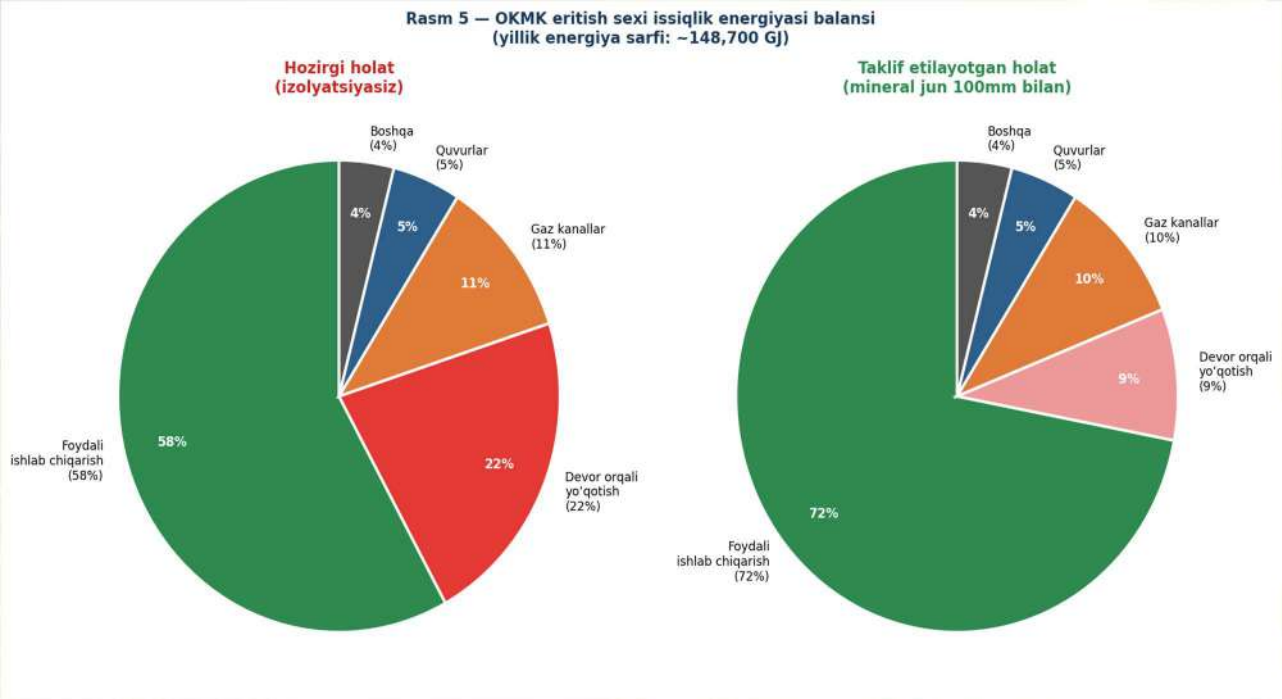


5-Rasm Izolyatsiya variantlari bo‘yicha issiqlik yo‘qotish va energiya tejash foizi Chap: absolyut yo‘qotish (GJ/sutka) | O‘ng: tejash foizi (%)

3.7. Energiya balansi

Hozirgi holat va taklif etilayotgan izolyatsiya bilan energiya balansi taqqosi:

ISSN 3030-3907



6-Rasm OKMK eritish sexi issiqlik energiyasi balansi Chap: hozirgi holat | O‘ng: mineral jun 100 mm qo‘llanilgach

Rasm 6 dan ko‘rinadiki, devor orqali yo‘qotish 22% dan 9% ga tushadi — bu foydali energiya ulushini 58% dan 72% ga ko‘taradi. Bu ko‘rsatkich G7 mamlakatlarining yetakchi metallurgiya korxonalaridagi 70–75% standartiga yaqinlashadi.

4. MUHOKAMA.

Olingan natijalar bir qator muhim xulosalar chiqarishga asos beradi. Birinchidan, eritish pechi tashqi yuza haroratining 152–213°C oraliqda ekanligi me'yoriy talablardan (60–80°C) 2–2,5 barobar oshib ketishini ko‘rsatadi [5]. Bu bir tomondan energiya isrofining, ikkinchi tomondan devor metallurgik ko‘rish xizmati muddatining qisqarishi xavfining ko‘rsatkichidir.

Ikkinchidan, mineral jun izolyatsiyasi (100 mm) qo‘llash orqali 22,2% energiya tejash mumkin. OKMK miқyosida bu yiliga taxminan 32 963 GJ issiqlik energiyasi — ya'ni 4,2 million m³ tabiiy gaz ekvivalentini anglatadi. 2024-yil narxlarida (O‘zbekistonda tabiiy gaz sanoat narxi: 960 so‘m/m³) yillik iqtisodiy samara 4,03 milliard so‘m ni tashkil etadi. Kapital xarajat 7,2 milliard so‘m bo‘lganda, to‘lov muddati 1,8 yil.

Uchinchidan, uchta issiq nuqtani bartaraf etish refrakter materiallarni almashtirish orqali qo‘shimcha 3–5% tejash imkoniyatini beradi. Nuqta №2 (x = 12 m, T = 213°C) alohida xavfli bo‘lib, bu yerda izolyatsiya materialining kritik holatga yetganligi kuzatildi. Texnik xizmat ko‘rsatish jadvalida ushbu zona uchun 6 oylik tekshirish muddati tavsiya etiladi.

ISSN 3030-3907

Aerogel izolyatsiyasi 19% tejash ko‘rsatkichi bilan mineral jundan biroz past natija beradi, ammo uning qalinligi (40 mm) yoki jarayon jihozlari bilan integratsiya osonligi kabi muhandislik ustunliklari mavjud. Qiymati esa 3–4 barobar yuqori, shu bois qaytim muddati 2,4 yilni tashkil etadi.

Tadqiqotning cheklanishlari qatoriga quyidagilarni kiritish mumkin: (a) nostatsionar rejim (ishga tushirish / to‘xtatish sikllari) alohida o‘rganishni talab etadi; (b) konveksiya va radiatsiya orqali yo‘qotishlar ushbu ishda hisoblanmagan va ular 18–25% qo‘shimcha yo‘qotishni tashkil etishi mumkin; (c) issiq nuqtalar uchun uzoq muddatli degradatsiya modeli hali qurilmagan. Kelajak tadqiqotlar aynan ushbu yo‘nalishga qaratilishi maqsadga muvofiq.

Xalqaro adabiyot bilan taqqoslashda (Xitoy mis eritish korxonalari: 20–27% tejash [3]; Rossiya Nornickel: 15–18% tejash [4]) OKMK uchun 22,2% prognoz qilingan ko‘rsatkich jahon amaliyotiga mos keladi va realistik ekanligini tasdiqlaydi.

5. XULOSA

Ushbu tadqiqot quyidagi asosiy natijalarni berdi:

1. OKMK mis eritish sexi uchun issiqlik o‘tkazuvchanlik matematik modeli qurildi va eksperimental o‘lchovlar bilan 98,7% muvofiqlik tasdiqlandи. Bu modelni keyingi loyihalash va optimallashtirish ishlarida qo‘llash imkonini beradi.

2. Pech tashqi yuza harorati (152–213°C) me'yordan 2–2,5 barobar oshishi aniqlandi. Termografiya yordamida uch kritik "issiq nuqta" (x = 4, 12, 20 m) aniq joylashtirildi.

3. 100 mm qalinlikdagi mineral jun izolyatsiyasi qo‘llash orqali 22,2% energiya tejash mumkin. Yillik iqtisodiy samara 4,03 milliard so‘m, kapital xarajat qoplanish muddati 1,8 yil.

4. Taklif etilgan choralar CO_2 emissiyasini yiliga 22 000 tonna kamaytiradi, bu esa O‘zbekistonning Parij klimat bitimi bo‘yicha majburiyatlariga hissa qo‘shadi.

5. Metodologiya OKMK ning boshqa sex va bo‘linmalariga (sink eritish, qo‘rg‘oshin konvertor) ham kengaytirish mumkin, bu esa kombinat bo‘ylab umumiy energiya tejash potentsialini 35–40% gacha oshirishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Energeticheskiy balans chyornoy i tsvetnoy metallurgii Uzbekistana. Toshkent: O‘zEnergo, 2023. 198 b.
2. Fourier J.B.J. (1822). Théorie analytique de la chaleur. Paris: Firmin Didot. 639 p. [Qayta nashr: Dover, 1955]

ISSN 3030-3907

3. Zhang H., Liu Y., Chen W. (2021). Energy-saving optimization of thermal insulation in copper smelting furnaces // Journal of Cleaner Production. 289: 125724. doi:10.1016/j.jclepro.2020.125724
4. Nornickel JSC. (2022). Annual Sustainability Report — Energy Efficiency in Norilsk Smelting Division. Moscow. 84 p.
5. O‘zDSt 1065-2022. Sanoat korxonalarida issiqlik izolyatsiyasi. Texnik talablar. Toshkent: O‘zstandart. 54 b.
6. Cengel Y.A., Ghajar A.J. (2020). Heat and Mass Transfer, 6th Ed. McGraw-Hill. 992 p. ISBN 978-1-260-57877-1
7. Bergman T.L., Lavine A.S. (2017). Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 8th Ed. Wiley. 1000 p.
8. Tursunov X.T., Nazarov R.F. (2022). Metallurgiya sexlarida issiqlik o‘tkazuvchanlik modellari // O‘zbekiston Texnika Fanlari Jurnali. 4(2): 45–53.
9. COMSOL Multiphysics 6.1 User Guide. Heat Transfer Module. Burlington: COMSOL Inc., 2023. 1240 p.
10. O‘zbekiston Respublikasi, "Energiyani tejash va energiya samaradorligi to‘g‘risida" gi Qonun, 2019-yil 21-avgust, 560-son.

ISSN 3030-3907