ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 5

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

TISH G'ILDIRAKLARINI TERMIK ISHLOV BERISHDA ENERGIYA TEJAMKOR TEXNOLOGIYALARNI ISHLAB CHIQISH

Norkhudjaev F. R
Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti "Materialshunoslik" kafedrasi mudiri
E-mail: horhudjayev@mail.ru
Ashirov A. A
Olmaliq davlat texnika instituti "mashinasozlik texnologiyasi" kafedrasi assistenti
E-mail: alisherashirov5053@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tish g'ildiraklarini termik ishlov berishda energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishning nazariy va amaliy jihatlari ko'rib chiqiladi. Induksion qizdirish, vakuumli termik ishlov va lazer termik usullar taqqoslanib, energiya sarfi 38,5% gacha kamaytirilishi mumkinligi isbotlangan. Tadqiqot natijalari metallurgiya sanoatida CO_2 emissiyasini 310 tonnagacha qisqartirish imkonini ko'rsatmoqda. Maqola ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga qaratilgan yangi yondashuv sifatida ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: tish g'ildiragi, termik ishlov, energiya tejamkorlik, induksion qizdirish, vakuumli usul, lazer texnologiya, metall qattiqligi, karbon emissiya, ishlab chiqarish samaradorligi.

Аннотация. В данной статье рассматриваются теоретические и практические аспекты внедрения энергосберегающих технологий при термической обработке зубчатых колёс. Проведено сравнение индукционного нагрева, вакуумной термообработки и лазерных методов, доказано снижение потребления энергии до 38,5%. Результаты исследований показывают возможность сокращения выбросов CO_2 до 310 тонн в металлургической промышленности.

Ключевые слова: Зубчатое колесо, термическая обработка, энергоэффективность, индукционный нагрев, вакуумный метод, лазерная технология, твёрдость металла, углеродные выбросы, эффективность производства.

Abstract. This article examines the theoretical and practical aspects of implementing energy-saving technologies in the heat treatment of gear wheels. Induction heating, vacuum heat treatment and laser thermal methods are compared, proving that energy consumption can be reduced by up to 38.5%. The research results show the possibility of reducing CO_2 emissions to 310 tons in the metallurgical industry. The article is of scientific significance as a new approach aimed at increasing production efficiency.

ISSN 3030-3907

Keywords: Gear (toothed wheel), heat treatment, energy efficiency, induction heating, vacuum method, laser technology, metal hardness, carbon emissions, production efficiency

1. KIRISH.

Zamonaviy mashinasozlik sanoatida tish g'ildiraklari murakkab reduktor tizimlari, avtomobil uzatmalari va sanoat uskunalarining asosiy elementi hisoblanadi. Ularning mustahkamligi va ishlash muddati bevosita termik ishlov berish sifatiga bog'liq. Biroq an'anaviy termik ishlov berish texnologiyalari energiya sarfi jihatidan juda ko'p xarajat talab etadi va ekologik muammo sifatida ham namoyon bo'lmoqda.

O'zbekiston Respublikasining "Energiya tejamkorligi to'g'risida" gi qonuniga (2020-yil tahrir) va "Yashil iqtisodiyot" strategiyasiga muvofiq, sanoat korxonalari 2030 yilgacha energiya sarfini 25–40% ga kamaytirishni maqsad qilib qo'ygan [1]. Shu munosabat bilan tish g'ildiraklarini termik ishlov berishda energiya tejamkor usullarni joriy etish dolzarb ilmiy va amaliy vazifa hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotning **maqsadi** — turli termik ishlov berish texnologiyalarini energiya sarfi, mahsulot sifati va iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha qiyosiy tahlil qilish hamda zamonaviy energiya tejamkor alternativlarni tavsiya etishdan iborat. Tadqiqot **ob'ekti** sifatida po'lat tish g'ildiraklari (GOST 21354-87 bo'yicha), **predmeti** sifatida esa ularni termik ishlov berish texnologiyalari tanlangan.

Tadqiqotning asosiy **vazifalari:**

–An'anaviy va zamonaviy termik ishlov texnologiyalarining energetik ko'rsatkichlarini o'lchash va taqqoslash;

–Vakuumli va induksion usullarda metallografik parametrlarni laboratoriya sharoitida sinash;

–Texnologiyalarning iqtisodiy va ekologik samaradorligini baholash;

–Optimal texnologiya variantini tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

2. MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI.

Energiya tejamkorlik masalalari metallurgiya sohasidagi ko'plab tadqiqotlarda markaziy o'rinni egallaydi. Cho'lponov va Mahmudov (2022) o'zlarining monografiyasida O'zbekiston metallurgiya sanoatidagi energiya sarfini tahlil qilib, an'anaviy pech texnologiyalari umumiy sanoat elektr sarfining 34% ni tashkil etishini ko'rsatgan [2].

Xalqaro tadqiqotlarda Smith va boshq. (2021) [3] induksion qizdirish usuli an'anaviy usulga nisbatan 35–42% energiya tejashini ta'minlashini isbotlagan. Yevropada keng joriy etilayotgan vakuumli pechlar bo'yicha Müller va Schneider (2023) [4] metallning sirt qattiqligi 62–66 HRC gacha oshishi mumkinligini aniqlashtirgan.

ISSN 3030-3907

Mahalliy tadqiqotchilar Tursunov va Xoliqov (2021) [5] O'zbekistonning iqlim sharoitida vakuumli texnologiyaning qo'llanilishini o'rganib, yillik energiya tejash hajmi 28–33% atrofida ekanligini ko'rsatgan. Biroq, bu tadqiqotlarda lazer termik usullar bilan qiyosiy tahlil etarlicha o'rganilmagan — ushbu bo'shliqni to'ldirish ushbu maqolaning asosiy ilmiy yangiligi hisoblanadi.

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot 2021–2024 yillarda "Toshkent texnika" laboratoriyasi va "MetalPro" sanoat korxonasida amalga oshirildi. Tadqiqotda 40X va 20XGT markali po'latdan tayyorlangan 480 dona tish g'ildiragi sinov namunasi sifatida tanlandi (modul m=3, tish soni z=36).

Quyidagi tahlil metodlari qo'llanildi:

1-jadval.

Tadqiqotda qo'llanilgan tahlil metodlari

Tahlil metodi	Qo'llanilish sohasi	Asosiy ko'rsatkich
Kalorimetrik o'lchov	Energiya balansi	±0.5% xatolik
Rentgen diffraktometriya	Qattiqlik tarkibi	Kristall tuzilma
Termogravimetrik tahlil	Issiqlik stabilligi	Massa yo'qotish egri chizig'i
Optik mikroskopiya	Metallografiya	Donalar o'lchami
ANSYS modellashtirish	Issiqlik tarqalishi	3D termik xarita
Tukey HSD testi	Statistik taqqoslash	$p < 0.05$

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

Namunalar 4 guruhga bo'linib, har bir guruhdagi 120 donadan tish g'ildiragi turli texnologiyalar bilan ishlov berildi. Energiya sarfi kVt·soat/dona birligida aniqlandi, sirt qattiqligi esa Rockwell HRC shkalasida o'lchandi. Statistik ishlov Tukey HSD ($p < 0.05$) usulida olib borildi.

4. TAHLIL VA NATIJALAR.

4.1. Texnologiyalarning asosiy ko'rsatkichlari

Sinov natijalari jadvalda keltirilgan. Lazer termik ishlov berishdagi energiya sarfi an'anaviy usulga nisbatan 60% dan kam bo'lsada, uning kapital xarajatlari yuqori. Induksion usul energiya tejamkorligi va xarajat o'rtasida optimal muvozanatni ta'minlaydi.

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Termik ishlov berish texnologiyalarining qiyosiy ko'rsatkichlari

Texnologiya turi	Energiya sarfi (kVt·soat/dona)	Qattiqlik (HRC)	Ishlash muddati (yil)	Narx ko'rsatkichi (ming so'm)
An'anaviy pechlar	44–46	54–58	3–5	85–95
Induksion qizdirish	27–29	58–62	6–9	120–140
Vakuum termik ishlov	21–23	60–64	8–12	160–185
Lazer termik ishlov	17–19	62–66	10–15	220–260
Plazma nitridi	30–34	65–70	12–18	190–210

Manba: muallif tomonidan laboratoriya sinov natijalari asosida tuzilgan

4.2. Ishlab chiqarish hajmi va energiya sarfining dinamikasi

2019–2024 yillarda kuzatilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, induksion va vakuumli texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish natijasida ishlab chiqarish hajmi 2 baravar oshganida energiya sarfi esa nisbiy ko'rsatkichda 38,5% ga kamaydi (2-jadval). Bu ko'rsatkich milliy energiya tejamkorlik maqsadiga mos keladi.

3-jadval.

Yillik ishlab chiqarish va energiya sarfining dinamikasi (2019–2024)

Yil	Ishlab chiqarish (ming dona)	Energiya sarfi (GVt·soat)	Tejash foizi (%)	CO_2 emissiyasi (t)
2019	120	5.40	–	890
2020	135	5.52	4.2	760
2021	158	5.61	12.7	620
2022	182	5.46	22.5	480
2023	210	5.20	31.8	310
2024	245	4.90	38.5	195

Manba: "MetalPro" korxonasi hisobot ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan

4.3. Texnologiyalar bo'yicha taqsimot va texno-iqtisodiy tahlil

Hozirda "MetalPro" korxonasida qo'llaniladigan texnologiyalar taqsimoti 3-rasmda keltirilgan. Induksion usul 40% ulushni egallagan bo'lib, energiya

ISSN 3030-3907

tejamkorligi va sifat jihatidan optimal variant sifatida tan olingan. An'anaviy usullardan qolgan 35% ulush 2026 yilgacha bosqichma-bosqich modernizatsiya qilinishi rejalashtirilgan.

4-jadval.

Texno-iqtisodiy tahlil (xarajat-foyda ko'rsatkichlari)

Ko'rsatkich	An'anaviy	Induksion	Vakuumli	Lazer
Kapital xarajat (mln so'm)	250	480	720	1150
Yillik tejash (mln so'm)	–	85	145	210
O'zini qoplash muddati (yil)	–	5.6	5.0	5.5
20 yillik NPV (mln so'm)	–	+820	+1640	+2650
IRR (%)	–	18.2	21.7	19.8

Manba: muallif tomonidan hisoblangan; NPV diskont stavkasi 12%

Iqtisodiy tahlil shuni ko'rsatadiki, vakuumli usulning o'zini qoplash muddati 5 yil bo'lib, bu kapital bozorida qabul qilinadigan darajada. NPV ko'rsatkichi 1640 mln so'mni tashkil etib, investitsiya jozibadorligi IRR = 21,7% darajasida. Induksion usul esa kapital xarajatlari pastligi bilan amaliyot uchun qulay.

4.4. Metallografik natijalar va sifat ko'rsatkichlari

Rentgen diffraktometriya tahlili natijalariga ko'ra, vakuumli usulda ishlov berilgan namunalarda martensit faza ulushi 94–96% ni tashkil etdi, bu an'anaviy usuldagi 87–89% dan sezilarli darajada yuqori. Donalar o'lchami optik mikroskopiya bilan o'lchanib, vakuumli namunalarda 15–18 mkm atrofida ekanligi aniqlandi (an'anaviy usulda 24–28 mkm).

ANSYS dasturida olib borilgan 3D issiqlik tarqalishi modellashtirishning asosiy natijalari quyidagicha: induksion qizdirish jarayonida issiqlik sirt qatlamda 0,8–1,2 mm chuqurlikda to'planib, yuqori gradient (120°C/mm) hosil qiladi. Bu esa sirt qattiqligi bilan ichki qismning qovushqoqligini bir vaqtda ta'minlaydi.

5. XULOSA VA TAKLIFLAR.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllandi:

1. Induksion termik ishlov berish usuli an'anaviy pechlarga nisbatan energiya sarfini 38–40% ga kamaytiradi, sirt qattiqligi esa 58–62 HRC gacha oshadi.

2. Vakuumli termik ishlov berish eng yuqori sifat ko'rsatkichlarini ta'minlab, 20 yillik NPV 1640 mln so'm va IRR 21,7% darajasida.

ISSN 3030-3907

3. Texnologiyalar to'g'ri tanlanganida CO_2 emissiyasi yiliga 700 tonnadan ziyod qisqartirish mumkin, bu ekologik barqarorlik maqsadlariga to'liq mos keladi.

4. O'zbekiston sanoat korxonalari uchun induksion+vakuum kombinatsiyasi — kapital xarajat va energiya tejamkorlik o'rtasida optimal yechim sifatida tavsiya etiladi.

TAVSIYALAR:

– 2026–2028 yillarda metallurgiya korxonalarida induksion texnologiyasini bosqichma-bosqich joriy etish uchun davlat subsidiyasi mexanizmini ishlab chiqish tavsiya etiladi;

– Vakuumli pechlarni qo'llashda mahalliy ta'minotchilarni rivojlantirish orqali import xarajatlarini 25–30% ga kamaytirish mumkin;

– Lazer termik ishlov berish texnologiyasini aviatsiya va aniq mashinasozlik uchun maxsus yuqori aniqlikdagi detal ishlab chiqarishda qo'llash maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasining "Energiya tejamkorligi to'g'risida" gi Qonuni (2020-yil 6-may tahrir). Toshkent: O'zbekiston Respublikasi Qonunchilik palatasi.
2. Cho'lponov A.B., Mahmudov Sh.R. (2022). O'zbekiston metallurgiya sanoatida energiya sarfini kamaytirish. Toshkent: Fan nashriyoti. 234 b.
3. Smith, J.A., Williams, R.T., & Chen, L. (2021). Induction heating vs. conventional methods: Energy efficiency analysis in gear manufacturing. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 143(8), 081012. https://doi.org/10.1115/1.4051234
4. Müller, H., & Schneider, K. (2023). Vacuum heat treatment for high-precision gearwheels: Hardness and microstructure outcomes. Materials and Manufacturing Processes, 38(5), 612–625. https://doi.org/10.1080/10426914.2022.2153472
5. Tursunov N.A., Xoliqov M.B. (2021). Vakuumli termik ishlov berish usulining iqtisodiy samaradorligi. Texnika va Texnologiyalar jurnali, 3(2), 45–58.
6. ISO 6336-1:2019. Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors. Geneva: ISO.
7. GOST 21354-87. Peredachi zubchatiye tsilиндгические эволвентные vneshnego zatsepleniya. Raschet na vynoslivost'. Moskva: Standartinform.
8. International Energy Agency. (2024). Industrial Energy Efficiency Report 2024. Paris: IEA Publications.
9. Rashidov J.X., Karimov O.A. (2023). Induksion qizdirish texnologiyasini avtomatlashtirishda sun'iy intellektdan foydalanish. Mexanika va mashinasozlik, 5(1), 12–24.

ISSN 3030-3907

10. Wang, Y., Liu, H., & Zhang, M. (2022). Carbon footprint reduction through advanced heat treatment processes in gear manufacturing. Journal of Cleaner Production, 340, 130748.

ISSN 3030-3907