

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

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

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



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, 2026-yil, iyun.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

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

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

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

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

muhandislik & iqtisodiyot

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

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
05.01.07 – Matematik modellashtirish
05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
08.00.02 – Makroiqtisodiyot
08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
08.00.06 – Ekonometrika va statistika
08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
08.00.11 – Marketing
08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
08.00.13 – Menejment
08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

AKSIYADORLIK JAMIYATLARIDA KORPORATIV MENEJMENTNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI VA STRATEGIK AHAMIYATI.....	14
Xabibullayev Dadajon Ro‘ziboyevich	
GREEN ECONOMY TRANSITION AND INVESTMENT CHALLENGES IN DEVELOPING COUNTRIES	20
Ismoilov Sulaymon Axmadjon o‘g‘li	
O‘ZBEKISTONDA YASHIL SOLIQQA TORTISH TIZIMINI MUAMMOLAR, YECHIM VA IMKONIYATLARI ASOSIDA JORIY ETISH.....	24
Abdumannobova Gulnoz Akmaljon qizi	
O‘ZBEKISTONDA IJTIMOY TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINI MOLIALASHTIRISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH VA INVESTITSYAVIY JOZIBADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI	30
Nosirova Kamola Alimovna	
RAQAMLI IQTISODIYOTDA TELEKOMMUNIKATSIYA XIZMATLARINI RIVOJLANTIRISHNING INNOVATSION MODELLARI VA ULARNING SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH	39
Xazratov Abror Panjiyevich	
MINTAQA SANOAT KORXONALARIDA IQTISODIY O‘SISHGA TA‘SIR ETUVCHI OMILLAR TAHLILI	44
Astanayev Kulmaxammat Sanayevich	
TIJORAT BANKLARIDA INNOVATSION DEPOZIT XIZMATLARINI RIVOJLANTIRISHNING IQTISODIY SAMARADORLIGI VA UNING BANK RESURS BAZASIGA TA‘SIRI.....	51
Ro‘zimurodov Olim, Normamatov Ruslanbek Shamsiddin o‘g‘li	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA SUG‘URTA EKOTIZIMINI SHAKLLANTIRISH VA RIVOJLANTIRISHNING TASHKILY-IQTISODIY ASOSLARI.....	57
Xalikulova Gulzada Tadjimuratovna, Kodirova Samira Kamol qizi	
MEHNAT SHARTNOMASI ASOSIDA FAOLIYAT YURITUVCHI QO‘RIQLASH DEPARTAMENTI TIZIMIDAGI IDORAVIY HARBIYLASHTIRILGAN QO‘RIQLASH VA IDORAVIY QOROVULLIK BO‘LINMALARI ISHCHI-XIZMATCHILARIGA DAVLAT IJTIMOY SUG‘URTASINI TATBIQ ETISHNING HUQUQIY-IQTISODIY JIHATLARI	64
Salimbayev Mirsohibjon Mirsodiq o‘g‘li	
ТЕОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИСЛАМСКОГО СТРАХОВАНИЯ И ЕГО СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НА ПРИМЕРЕ БЛИЖНЕВОСТОЧНЫХ СТРАН.....	70
Гаффоров Шухрат Насриевич	
IJTIMOY-IQTISODIY RIVOJLANTIRISHDA MADANIY TURIZM SOHASIDAGI SUBYEKTLAR TA‘SIRINI BAHOLASH USULLARI.....	77
Shohruzbek Ruziyev	
“YASHIL IQTISODIYOT”GA O‘TISH SIYOSATINING DASTAKLARI.....	84
Inatullayeva Intizor Jamshid qizi, Uchqun Yunusovich O‘roqov	
RAQAMLI MEDIA BOZORI SHAROITIDA OMMAVIY AXBOROT VOSITALARI KORXONALARIDA DAROMAD MANBALARINI DIVERSIFIKATSIYA QILISHNING IQTISODIY USTUVOR YO‘NALISHLARI.....	87
Sharipova Shahlo Istamovna	
TIJORAT BANKLARINING AHOLINING HUDUDIY XARID QOBILIYATIGA YO‘NALTIRILGAN KREDIT SIYOSATINI TASHKIL ETISH TIZIMI	92
Tursunov Bekmuxammad Omonovich, Qarshiyev O‘ktam G‘aybullo o‘g‘li	
INVESTITSYALAR BUXGALTERIYA HISOBI OBYEKTI SIFATIDA.....	99
I.Boymurodov	
TA‘LIM MUASSASALARIDA SAMARALI MENEJMENT MEXANIZMLARINI RIVOJLANTIRISH.....	103
Makhmudov Sunnatjon Abdujabbor o‘g‘li, Ashurova Jasmina Jo‘ra qizi	
O‘ZBEKISTONDA SOG‘LIQNI SAQLASH TIZIMINI MOLIALASHTIRISHNING IQTISODIY ASOSLARI VA BUDJET XARAJATLARI DINAMIKASI	110
Sarsenbaev Baxitjan, Toremuratova Indira, Xayirbaeva Balzira	



TASHQI SAVDO FAOLIYATINI SOLIQQA TORTISH AMALIYOTINING FISKAL VA INSTITUTSIONAL TAHLILI	115
Almuradov Ne'mat Abdullayevich	
SIRKULYAR IQTISODIYOTNI RIVOJLANTIRISH IQTISODIY MEXANIZMLARINI ISLOH QILISHNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI	123
Kuzieva Nargiza Ramazanovna	
RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA DAVLAT MULKINI BOSHQARISH VA XUSUSIYLASHTIRISHNING ZAMONAVIY TAMOYILLARI.....	130
Musurmonqulov Muhammad Ural o'g'li	
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI ISHLAB CHIQRISH TARMOQLARIDA SANOAT 4.0 MODELIDAN FOYDALANISH AMALIYOTI TAHLILI.....	136
Komilova Dilafruz Rustam qizi	
"O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI" AJNING SINGULYAR VA AMALIY IQTISODIYOTNING INTEGRATSION MEXANIZMI ASOSIDA SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO'LLARI.....	141
Bobojonova Zarnigor Shokirovna	
EKSPORT SALOHİYATINI OSHIRISHDA INVESTITSİYALARDAN SAMARALI FOYDALANISHNING KONSEPTUAL ASOSLARI	149
Axmedov Umidjon	
NMSH TURIDAGI RELELARNING TEXNIK TAVSIFLARINI TEKSHIRISH UCHUN STEND ISHLAB CHIQISH.	156
Raxmonov Bobomurod, Qodirov Azamat, Yusupova Shirin, Mirzaraxmedov Zafar	
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ КЛАСТЕРОВ ИНДУСТРИИ РАЗВЛЕЧЕНИЙ НА РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ (ЗАНЯТОСТЬ, ДОХОДЫ, ТУРИСТИЧЕСКИЙ ПОТОК, НАЛОГОВЫЕ ПОСТУПЛЕНИЯ): КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ	163
Султонмуродов Мирзо-Улугбек Мукумжон углы	
ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ В ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРАХ: ПРИМЕНЕНИЕ AI-ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ГРУПП.....	170
Джамолова Хилола Исматиллаевна, Алимова Машхура Тоирхоновна	
XIZMATLAR SOHASIDA KICHIK BIZNES KORXONALARINI INNOVATSION RIVOJLANTIRISHNI DAVLAT TOMONIDAN QO'LLAB-QUVVATLASHNING MUHIM YO'NALISHLARI	175
Ulmasova Oygul Baxtiyorovna	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA TIJORAT BANKLARINING RIVOJLANISH STRATEGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI.....	181
Raxmanov Zafar Yashinovich	
КРЕАТИВНЫЙ ТУРИЗМ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ РЕМЕСЕЛ В УЗБЕКИСТАНЕ	187
Хушназарова Махзуна Гуламджановна	
MADANIY MEROS OBYEKTLARINING XALQARO TURIZM OQIMLARIGA TA'SIRI: GLOBAL TENDENSIYALAR VA MINTAQAVIY TAHLIL	193
Qilichov Muhridin Husniddin o'g'li	
ФОРМИРОВАНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ ПЕРВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ЗНАНИЙ	200
Рахматуллаева Фотима Султонмуродовна	
SAVDO KORXONALARIDA SEGMENTLARNI HISOB OBYEKTI SIFATIDA TASNIFLASHNING USLUBIY ASOSLARI	206
Bobomuradova Sarvinoz Ziyadullayevna	
SAVDO KORXONALARIDA SEGMENTLARNI HISOB OBYEKTI SIFATIDA TASNIFLASHNING USLUBIY ASOSLARI	206
Bobomuradova Sarvinoz Ziyadullayevna	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИТРООКСИДИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ	212
Бойназаров Урол Равшанович	

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИТРООКСИДИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Бойназаров Урол Равшанович

доцент Каршинского государственного технического университета

Email: boynazarov.1963@gmail.com

Аннотация. В данной работе исследовано влияние химико-термической обработки на формирование оксинитридных покрытий и эксплуатационные свойства конструкционных сталей. В качестве объекта исследования использовалась сталь 38Х2МЮА, подвергнутая предварительному оксидированию, азотированию и последующему пароксидированию. Проведён комплексный анализ микроструктуры, микротвёрдости, коэффициента трения, интенсивности изнашивания и сопротивления контактной усталости. Установлено, что формирование оксинитридных слоёв способствует интенсификации диффузии азота и образованию высокотвёрдых фаз ϵ и γ' . Полученные покрытия характеризуются микротвёрдостью 8,5–12,5 ГПа и низким коэффициентом трения в пределах 0,04–0,07. Результаты трибологических испытаний показали значительное повышение износостойкости по сравнению с традиционным азотированием. Испытания на контактную усталость подтвердили, что многослойная оксидно-нитридная структура способствует перераспределению контактных напряжений и замедлению накопления усталостных повреждений. Установлено, что применение оксинитридных покрытий обеспечивает повышение долговечности деталей, работающих в условиях интенсивного износа и высоких контактных нагрузок. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий поверхностного упрочнения деталей горно-металлургического, нефтегазового и машиностроительного оборудования.

Ключевые слова: химико-термическая обработка, азотирование, нитрооксидирование, оксинитридное покрытие, микротвёрдость, износостойкость, контактная усталость.

Annotatsiya. Ushbu maqolada konstruksion po'latlar yuzasida oksinitrid qoplamalar hosil qilishning kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlari va ularning ekspluatatsion xossalarga ta'siri tadqiq etilgan. Tadqiqot obyekti sifatida 38X2MYuA markali po'lat tanlanib, dastlabki oksidlash, azotlash va keyingi bug'li oksidlash jarayonlarining ta'siri o'rganildi. Mikrotuzilma, mikrotverdlilik, ishqalanish koeffitsienti, yeyilish intensivligi hamda kontakt charchoqqa chidamlilik ko'rsatkichlari kompleks ravishda baholandi. Tadqiqot natijalari oksinitrid qatlamlar hosil bo'lishi azotning diffuziya jarayonini jadallashtirishini va yuqori qattqlikka ega ϵ hamda γ' fazalarning shakllanishini ta'minlashini ko'rsatdi. Olingan qoplamalarda mikrotverdlilik 8,5–12,5 GPa gacha yetishi, ishqalanish koeffitsienti esa 0,04–0,07 oralig'ida saqlanishi aniqlandi. Tribologik sinovlar davomida oksinitrid qoplamalarning yeyilishga chidamliligi an'anaviy azotlangan qatlamlarga nisbatan yuqori ekanligi tasdiqlandi. Kontakt charchoq sinovlari natijalari ko'p qatlamli oksid-nitrid tuzilma kontakt kuchlanishlarini qayta taqsimlash hisobiga detal yuzasining uzoq muddat ishlashini ta'minlashini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari tog'-metallurgiya, neft-gaz va mashinasozlik sanoatida ishlatiladigan detallar xizmat muddatini oshirish uchun taklif etilayotgan texnologiyaning istiqboliligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: kimyoviy-termik ishlov berish, azotlash, nitrooksidlash, oksinitrid qoplama, mikrotverdlilik, yeyilishga chidamlilik, kontakt charchoq.

Abstract. This study investigates the effect of thermochemical treatment on the formation of oxynitride coatings and their influence on the performance properties of structural steels. Steel grade 38Kh2MYuA was selected as the research material and subjected to preliminary oxidation, nitriding, and subsequent steam oxidation. Comprehensive analyses of microstructure, microhardness, friction coefficient, wear intensity, and contact fatigue resistance were carried out. The results showed that the formation of oxynitride layers enhances nitrogen diffusion and promotes the development of high-hardness ϵ and γ' phases. The obtained coatings exhibited microhardness values of 8.5–12.5 GPa and maintained a low friction coefficient in the range of 0.04–0.07. Tribological tests confirmed a significant improvement in wear resistance compared with conventionally nitrided layers. Contact fatigue investigations demonstrated that the multilayer oxide–nitride structure effectively redistributes contact stresses and reduces the accumulation rate of fatigue damage. The developed coating technology significantly increases the service life of machine components operating under severe wear conditions and high contact loads. The findings indicate that oxynitride coatings can be effectively applied to improve the durability and reliability of mining, metallurgical, oil and gas, and mechanical engineering equipment.

Keywords: thermochemical treatment, nitriding, nitrooxidation, oxynitride coating, microhardness, wear resistance, contact fatigue.



ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях эксплуатации горно-металлургического, нефтегазового и машиностроительного оборудования до 70–80 % отказов деталей связано с процессами износа, контактного разрушения и коррозионного повреждения поверхностных слоёв. Анализ эксплуатационных данных показывает, что основным фактором, ограничивающим ресурс конструкционных и инструментальных сталей, является недостаточная стойкость поверхности к абразивному изнашиванию, циклическим нагрузкам и воздействию агрессивных сред. В связи с этим разработка эффективных методов поверхностного упрочнения остаётся одной из приоритетных задач современного материаловедения и инженерии поверхности [12].

Среди существующих технологий наиболее перспективными являются процессы химико-термической обработки, основанные на диффузионном насыщении поверхности легирующими элементами. Применение азотирования, борирования и комбинированного диффузионного насыщения позволяет формировать упрочнённые слои с высокой микротвёрдостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью [4]. По данным многочисленных исследований, использование химико-термической обработки обеспечивает увеличение срока службы деталей в 2–5 раз по сравнению с необработанными материалами, а также способствует существенному снижению эксплуатационных затрат и простоев оборудования.

Современные технологии химико-термической обработки обеспечивают эффективное повышение механических и трибологических характеристик конструкционных материалов в различных условиях эксплуатации. Перспективным направлением дальнейшего развития является разработка многокомпонентных диффузионных покрытий, позволяющих одновременно повышать твёрдость, износостойкость и коррозионную стойкость поверхностных слоёв. Расширение исследований в области формирования таких покрытий при двухкомпонентной диффузии в жидкометаллических расплавах способствует углублению научных представлений о процессах распределения легирующих элементов и фазообразования, а также созданию новых высокоэффективных технологий поверхностного упрочнения материалов [9].

Особый научный интерес представляет возможность формирования на конструкционных и инструментальных сталях многокомпонентных диффузионных слоёв с микротвёрдостью 3000–3060 МПа, снижением коэффициента трения до 0,04–0,07 и увеличением износостойкости до 30 %. Достижение таких показателей позволяет существенно повысить надёжность деталей, работающих в условиях высоких контактных нагрузок и агрессивных технологических сред, характерных для горно-металлургической промышленности [1].

В связи с этим актуальной научной задачей является установление физико-химических закономерностей формирования многокомпонентных диффузионных покрытий в условиях химико-термической обработки, исследование кинетики диффузионных процессов, фазового состава и структурных преобразований поверхностных слоёв, а также разработка рациональных технологических режимов, обеспечивающих получение покрытий с заданным комплексом эксплуатационных свойств [15]. Решение данной задачи позволит расширить теоретические основы химико-термической обработки и создать эффективные технологии повышения ресурса деталей промышленного назначения.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Научные основы химико-термической обработки металлов были заложены в работах А.Н. Зеликмана, посвящённых исследованию механизмов диффузионного насыщения и формирования защитных покрытий. Существенный вклад в развитие процессов азотирования внесли D.H. Killeffer и A. Linz, установившие закономерности образования нитридных фаз ϵ -Fe₂₋₃N и γ' -Fe₄N, обеспечивающих повышение твёрдости и износостойкости сталей. В исследованиях F.J. Norton показано влияние легирующих элементов на кинетику диффузии азота и структуру азотированного слоя.

Современные исследования G. Ramadorai, C. Hernandez, Lu Wang, Chung-Yang Bu, Bin Hu и Liqiang Mai посвящены изучению трибологических свойств многокомпонентных диффузионных и оксинитридных покрытий. Авторами установлено, что формирование многослойных структур способствует повышению микротвёрдости, снижению коэффициента трения и улучшению коррозионной стойкости материалов. Существенный вклад в развитие технологий химико-термической обработки в странах СНГ внесли Ф.Р. Норхужаев, Н.Х. Бекмурзаев, Н. Турахожаев, А.С. Хасанов и М. Михридинов, исследования которых направлены на повышение долговечности деталей промышленного оборудования.

Анализ научной литературы свидетельствует о значительном интересе исследователей к вопросам формирования оксинитридных покрытий и повышения эксплуатационных свойств конструкционных сталей. Результаты проведённых исследований подтверждают эффективность оксинитридных покрытий



в повышении контактной выносливости, износостойкости и надёжности деталей машин. Накопленные научные данные создают прочную основу для дальнейшего совершенствования технологий химико-термического упрочнения поверхностных слоёв и расширения их практического применения в различных отраслях промышленности.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования использовали конструкционную сталь 20, инструментальные стали X12M и X12MФ, а также армко-железо [7]. Формирование диффузионных никель-медных покрытий осуществляли методом химико-термического насыщения в жидкометаллических расплавах на основе свинца и эвтектики Pb-Li (99,25 % Pb + 0,75 % Li). Диффузионную обработку проводили в модернизированной электропечи СГВ-2,4-2/15-ИЗ в среде аргона при температурах 1000, 1100 и 1150 °С с выдержкой 0,5; 2 и 6 ч [3]. Для обеспечения однородности покрытия расплав периодически перемешивали, а давление защитной аргоновой атмосферы поддерживали на уровне 0,2 кгс/см².

Исследование кинетики формирования покрытий выполняли на основе анализа изменения толщины диффузионного слоя, распределения легирующих элементов и микротвёрдости в зависимости от температуры и продолжительности насыщения. После нанесения покрытий образцы подвергали термической обработке, включающей закалку при температуре 1020 °С в вакууме с последующим охлаждением в потоке аргона и отпуском в щелочной ванне при контролируемой температуре [14].

Металлографические исследования проводили на микроскопах ММР-4 и МИМ-8 при увеличении от 100 до 600 крат. Микрошлифы изготавливали по стандартной методике с последующим травлением в 3 %-ном растворе азотной кислоты в спирте. Толщину диффузионных слоёв и особенности их микроструктуры определяли с использованием методов оптической металлографии и измерения микротвёрдости на приборе ПМТ-3 при нагрузках 20 и 50 г [10].

Для изучения распределения химических элементов по глубине покрытия использовали электронно-зондовый микрорентгеноспектральный анализ на растровом электронном микроскопе JСХА-733 (JEOL, Япония), оснащённом рентгеновским микроанализатором. Исследования проводили при ускоряющем напряжении 20 кВ, токе электронного зонда $0,5 \times 10^{-7}$ А и диаметре пучка 10 мкм. Количественный и качественный анализ выполняли с применением эталонных образцов чистых Fe, Ni и Cu [5].

Комплекс механических испытаний включал определение прочности сцепления покрытия с основой методом осадки по ГОСТ 8817-82, испытания на статическое растяжение по ГОСТ 18227-85, изгиб по ГОСТ 14019-80 и ударную вязкость по ГОСТ 9454-78. Испытания проводили на универсальном гидравлическом прессе УММ-50 и маятниковом копре МК-30А. Для каждого режима обработки определяли средние значения механических характеристик на основе серии повторных измерений [2, 8, 13].

Трибологические характеристики покрытий оценивали по изменению микротвёрдости и устойчивости к пластической деформации методом вдавливания индентора из стали ШХ15 при нагрузках от 2000 до 3500 кгс. Коррозионную стойкость исследовали согласно стандарту NACE ТМ0177-96 в растворе, содержащем 50 г/л NaCl и 5 мл СН₃СООН при насыщении сероводородом под давлением 0,1 МПа. Скорость коррозии определяли гравиметрическим методом по потере массы образцов, а эффективность защитного действия покрытий рассчитывали по степени защиты поверхности.

Обработка экспериментальных данных выполнялась с использованием методов сравнительного анализа, статистического усреднения и корреляционной оценки взаимосвязи между параметрами химико-термической обработки, структурно-фазовым состоянием покрытий и их эксплуатационными свойствами. Комплексное применение металлографических, микрорентгеноспектральных, механических и коррозионных методов исследования позволило установить закономерности формирования многокомпонентных никель-медных диффузионных покрытий и оценить их эффективность для повышения долговечности деталей промышленного назначения [11].

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведённые исследования показали, что параметры химико-термической обработки оказывают определяющее влияние на формирование структуры, микротвёрдости и эксплуатационных характеристик поверхностных слоёв конструкционных сталей. Установлено, что предварительное оксидирование перед азотированием способствует интенсификации диффузионных процессов и формированию оксинитридного слоя с улучшенными физико-механическими свойствами. Анализ распределения микротвёрдости по глубине покрытия показал, что максимальная твёрдость оксинитридного слоя превышает аналогичные показатели традиционного нитридного слоя и достигает 8,5–12,5 ГПа. При этом поверхностная оксидная



плёнка характеризуется более низкой твёрдостью на уровне 4,0–5,0 ГПа, обеспечивая благоприятный градиент механических свойств и улучшая условия приработки контактирующих поверхностей (Рисунок 1).

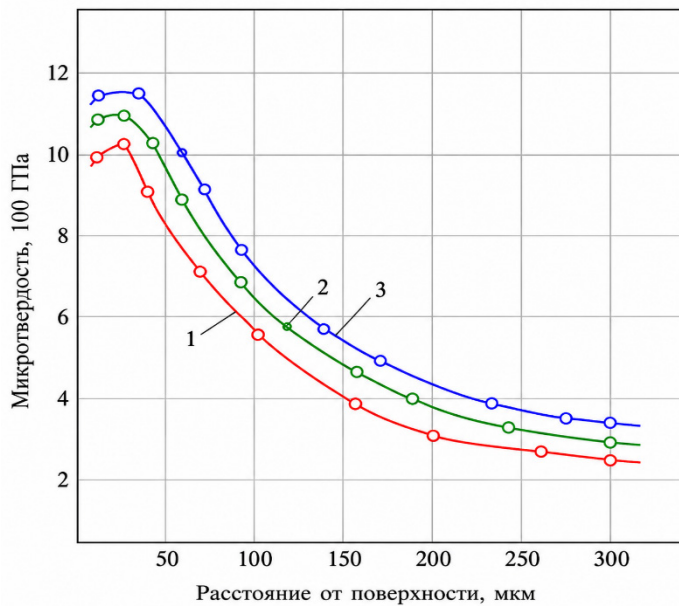


Рисунок 1. Распределение микротвёрдости по толщине нитридного (1) и нитрид-оксидного слоя (2, 3). Сталь 38X2MЮA¹

1-азотирование – 580°C; 2 часа; 2-предварительное оксидирование – 580°C; 7 мин+ азотирование – 580°C; 2 часа; 3 - предварительное оксидирование – 580°C; 7 мин + азотирование – 580°C; 2 часа + пароксидирование – 580°C; 30 мин.

Установлено, что повышение температуры насыщения приводит к снижению максимальной микротвёрдости поверхностных слоёв и уменьшению толщины зоны с повышенными механическими характеристиками. Данный эффект связан с изменением фазового состава диффузионного слоя и перераспределением азота и кислорода в процессе формирования оксинитридной структуры. Результаты рентгеноструктурного анализа подтверждают образование фаз ϵ и γ' , обладающих повышенной твёрдостью и определяющих высокие эксплуатационные свойства покрытия (Рисунок 2).

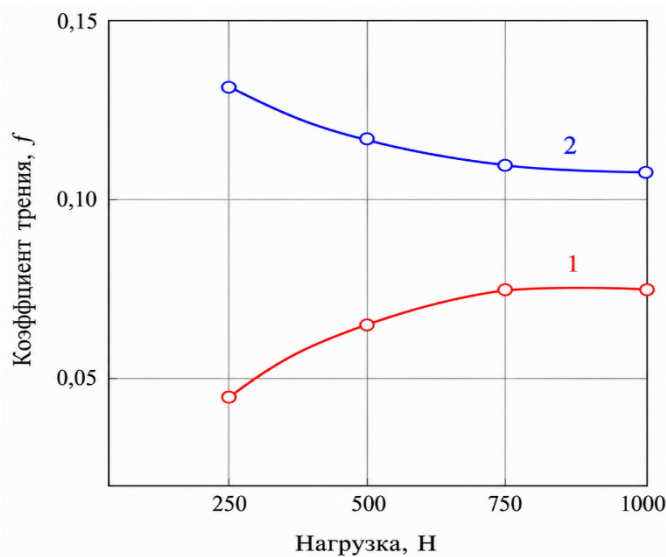


Рисунок 2. Влияние нагрузки на величину коэффициента трения нитридоксидного покрытия при

1 Источник: разработано автором на основе экспериментальных исследований.

трении со смазкой. Сталь 38X2MЮA²

1 – предварительное оксидирование: 580°С; 7 мин. + азотирование: 580°С; 2 часа + пароксидирование: 580°С; 30 мин. 2 – азотирование: 580°С; 2 часа + пароксидирование: 580°С; 30 мин. В растворе медного купороса (CuSO₄).

Исследование триботехнических характеристик показало существенное влияние способа обработки на коэффициент трения и интенсивность изнашивания. Для покрытия, полученного по режиму предварительного оксидирования при 580 °С в течение 7 мин, последующего азотирования при 580 °С в течение 2 ч и пароксидирования при 580 °С в течение 30 мин, коэффициент трения находился в пределах 0,04–0,07 даже при увеличении нагрузки от 250 до 1000 Н. Для сравнения, покрытия, полученные без предварительного оксидирования, характеризовались более высокими значениями коэффициента трения, достигающими 0,11–0,13. Стабильность низкого коэффициента трения свидетельствует о формировании благоприятного структурно-фазового состояния поверхностного слоя и снижении вероятности адгезионного взаимодействия контактирующих поверхностей (Рисунок 3).

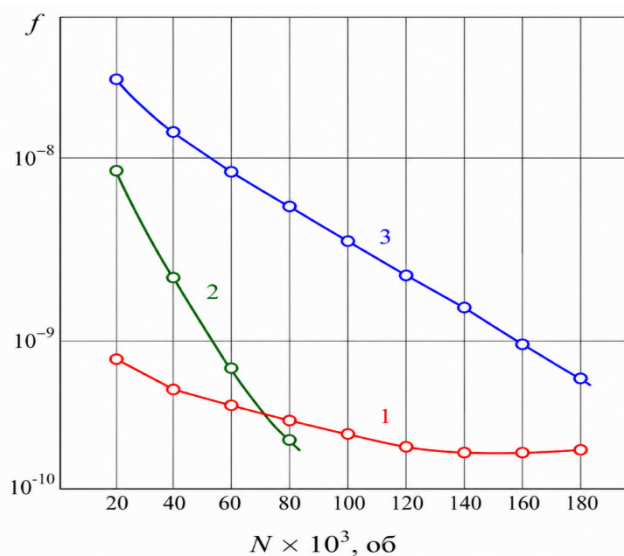


Рисунок 3. Изменение интенсивности изнашивания нитридоксидного (1, 2) и нитридного (3) покрытия при трении со смазкой. Сталь 38X2MЮA³

- 1 – $t_{no}=580^\circ \text{C}, \tau_{no}=7 \text{ мин.} + t_a=580^\circ \text{C}, \tau_a=2 \text{ часа} + t_o=550^\circ \text{C}, \tau_o=30 \text{ мин.}$
 2 – $t_a=580^\circ \text{C}, \tau_a=2 \text{ часа} + t_o=580^\circ \text{C}, \tau_o=30 \text{ мин.}$ в растворе (CuSO₄);
 3 – $t_a=580^\circ \text{C}, \tau_a=2 \text{ часа.}$

Результаты испытаний на износостойкость показали, что оксинитридное покрытие, сформированное с предварительным оксидированием, обеспечивает минимальную интенсивность изнашивания в течение всего периода испытаний. При этом признаки задира не наблюдались даже после 150000 циклов трения, тогда как для традиционных нитридных покрытий разрушение поверхности происходило уже после 60000 циклов. Установлено, что интенсивность изнашивания обработанных образцов существенно ниже по сравнению с образцами, подвергнутыми только азотированию. Полученные результаты свидетельствуют о формировании более устойчивых вторичных структур на поверхности трения и улучшении условий работы пары трения в режиме граничной смазки.

Особый интерес представляют результаты испытаний на контактную усталость. Анализ изменения ширины дорожки качения и количества циклов до появления питтинга показал, что наибольшей долговечностью обладают образцы из стали 40X после нитроцементации. Введение поверхностно-активных углеродсодержащих добавок в смазочную среду дополнительно увеличивало ресурс работы образцов практически в два раза. Так, количество циклов нагружения до разрушения для нитроцементированных образцов достигало 23,2 млн циклов, тогда как после традиционной закалки и низкого отпуска данный показатель не превышал 19,6 млн циклов (Рисунок 4).

2 Источник: разработано автором на основе экспериментальных исследований.

3 Источник: разработано автором на основе экспериментальных исследований.

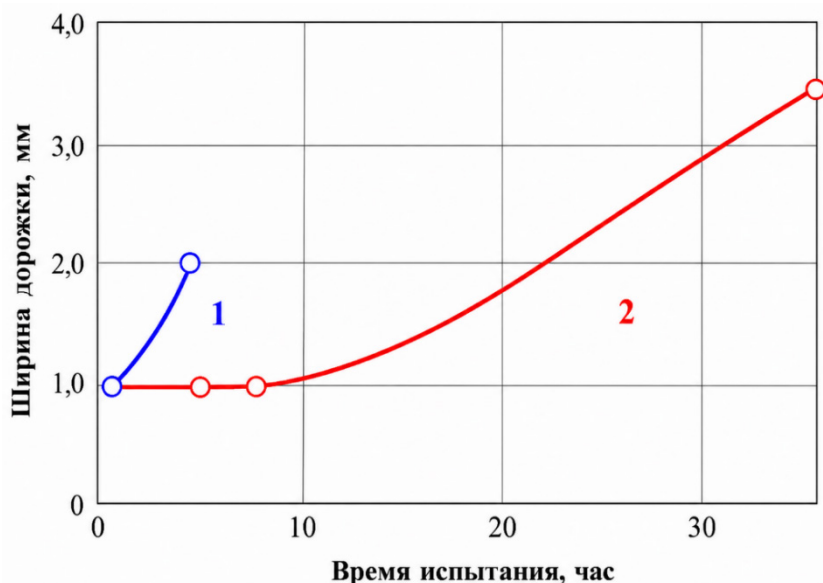


Рисунок 4. Влияние способа обработки при испытаниях на контактную усталость при смазке ПАВ. Сталь 38Х2МЮА⁴

1 – Азотирование: первая ступень – 510°С, 10 ч, вторая ступень -560°С, 10 ч.;

2 – $t_{\text{по}}=580^{\circ}\text{C}, \tau_{\text{по}}=7$ мин. + $t_{\text{а}}=580^{\circ}\text{C}, \tau_{\text{а}}=2$ часа + $t_{\text{о}}=550^{\circ}\text{C}, \tau_{\text{о}}=30$ мин.

Для стали 38Х2МЮА установлено, что технология нитрооксидирования обеспечивает более высокое сопротивление контактной усталости по сравнению с традиционным двухступенчатым азотированием. Улучшение эксплуатационных характеристик связано с формированием многослойной структуры, включающей оксидный и нитридный подслои, которые способствуют перераспределению контактных напряжений и снижению скорости накопления усталостных повреждений. Кроме того, наличие оксидной составляющей уменьшает коэффициент трения и способствует сохранению целостности поверхностного слоя в условиях циклического нагружения.

Полученные результаты подтверждают, что предварительное оксидирование в сочетании с азотированием и последующим оксидированием позволяет сформировать поверхностный слой с оптимальным сочетанием микротвёрдости, износостойкости и сопротивления контактной усталости. Формирование оксинитридной структуры обеспечивает снижение коэффициента трения до 0,04–0,07, увеличение долговечности до 150000 циклов трения без признаков задира и существенное повышение сопротивления контактному разрушению. Таким образом, предложенная технология химико-термической обработки может рассматриваться как эффективный способ повышения ресурса деталей горно-металлургического и нефтегазового оборудования, работающих в условиях интенсивного изнашивания и высоких контактных нагрузок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате проведённых исследований установлено, что предварительное оксидирование в сочетании с последующим азотированием и пароксидированием оказывает существенное влияние на формирование структуры и эксплуатационных свойств поверхностных слоёв конструкционных сталей. Показано, что формирование оксинитридного покрытия способствует повышению микротвёрдости поверхностного слоя до 8,5–12,5 ГПа, снижению коэффициента трения до 0,04–0,07 и значительному повышению износостойкости по сравнению с традиционным азотированием. Установлено, что многослойная оксидно-нитридная структура обеспечивает благоприятный градиент механических свойств, способствующий уменьшению контактных напряжений и повышению сопротивления поверхностному разрушению.

Результаты триботехнических и усталостных испытаний показали, что оксинитридные покрытия обладают наиболее высокой долговечностью в условиях трения скольжения и циклических нагрузок. При испытаниях не наблюдалось признаков задира вплоть до 150000 циклов трения, тогда как традиционные нитридные покрытия характеризовались значительно меньшим ресурсом. Установлено, что применение разработанной технологии химико-термической обработки позволяет существенно повысить

4 Источник: разработано автором на основе экспериментальных исследований.



сопротивление контактной усталости, снизить интенсивность изнашивания и увеличить ресурс деталей горно-металлургического, нефтегазового и машиностроительного оборудования, работающих в условиях высоких механических нагрузок и интенсивного износа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chang, S. H., Chen, Y. C., & Lee, C. Y. (2023). Improvement of the wear resistance and corrosion resistance of CrN coatings deposited on oxynitrided Vanadis 23 high-speed steel. *Materials Transactions*, 64(7), 1478–1487.
2. Chaparro, W. A. A., Rodríguez, J. A., & Gómez, D. F. (2024). Evaluation of the tribological and corrosion resistance behavior of surface-engineered metallic materials. *Tribology in Industry*, 46(4), 655–667.
3. Godec, M., Podgornik, B., Kocijan, A., Donik, Č., & Skobir Balantič, D. A. (2021). Use of plasma nitriding to improve the wear and corrosion resistance of 18Ni-300 maraging steel manufactured by selective laser melting. *Scientific Reports*, 11, 3277.
4. Hanisch, N., Tillmann, W., Hagen, L., & Vogli, E. (2025). Enhanced wear resistance of gas nitrided AISI 431 HVOF sprayed coatings. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 34, 1–13.
5. Li, J., Wang, Z., Zhang, Y., & Liu, H. (2025). A review of the corrosion and wear resistance mechanisms of nitrided and duplex-treated steels. *Coatings*, 15(4), 412–438.
6. Lu, R., Wood, R. J. K., & Dong, H. (2024). Coatings and surface modification of alloys for tribocorrosion applications: Recent advances and future prospects. *Coatings*, 14(2), 115–148.
7. Mai, L., Zhang, X., Chen, Y., & Huang, J. (2024). Influence of oxynitriding treatment on microstructure, hardness and tribological properties of alloy steels. *Surface Engineering*, 40(8), 945–956.
8. Wang, X., Liu, Q., Zhao, Y., & Sun, H. (2025). A review on tribological wear and corrosion resistance of advanced surface coatings. *Coatings*, 15(11), 1314.
9. Xu, Y., Zhang, K., Liu, W., & Chen, J. (2025). Research on anti-nitriding coatings for 38CrMoAl steel. *Coatings*, 15(7), 768.
10. Yang, C. H., Lin, T. W., Chen, P. Y., & Huang, S. Y. (2025). Effect of low-pressure gas oxynitriding on the microstructure and wear resistance of Ti–6Al–4V alloy. *Lubricants*, 13(10), 449.
11. Абдуллаев, Р. Х., Каримов, А. Б., & Нурматов, Ж. Т. (2021). Исследование износостойкости азотированных конструкционных сталей в условиях трения скольжения. *Упрочняющие технологии и покрытия*, 17(5), 213–220.
12. Бекмурзаев, Н. Х., Хасанов, А. С., & Турахожаев, Н. (2022). Формирование диффузионных покрытий на конструкционных сталях и их эксплуатационные свойства. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 9, 34–41.
13. Михриддинов, М., Норхуджаев, Ф. Р., & Рахматов, Ш. А. (2023). Исследование триботехнических характеристик оксинитридных покрытий на легированных сталях. *Проблемы машиностроения и автоматизации*, 4, 56–63.
14. Сидоров, В. П., Кузнецов, А. В., & Иванов, Е. Н. (2024). Влияние нитрооксидирования на контактную усталость конструкционных сталей. *Металлург*, 11, 72–78.
15. Фролов, С. А., Егоров, И. В., & Петров, Д. М. (2025). Современные методы химико-термической обработки для повышения долговечности деталей машин. *Упрочняющие технологии и покрытия*, 21(2), 85–96.

muhandislik

& iqtisodiyot

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

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 6

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelmasligi 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