ISSN 2181 – 8193

BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

FAN VA TEXNOLOGIYALAR TARAQQIYOTI

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGI

2
2026

Tahririyat hay'ati raisi:
SIDDIQOVA S.G'. –
Buxoro davlat texnika universiteti rektori
Muovini:
NIZAMOV A.B. –
BuxDTU ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektori
Tahrir hay'ati:
MUQIMOV K.M. – O'zR FA akademigi (O'zMU)
JALILOV A.T. – O'zR FA akademigi (Toshkent kimyo-texnologiya ITI)
NEGMATOV S.N. – O'zR FA akademigi ("Fan va taraqqiyot" DUK)
BAHODIROV G'.A. – t.f.d., professor, O'zR FA bosh ilmiy kotibi
XAMIDOV O.X. – iqtisod fanlari doktori, professor (BuxDU)
JALILOV T.K. – iqtisod fanlari doktori (DSc), professor (TKTI)
PARDAYEVA M.D. – BuxDTU yoshlar masalalari va ma'naviy-ma'rifiy ishlar bo'yicha birinchi prorektori, falsafa fanlari doktori (DSc)
XOJIYEV A.X. – o'quv ishlari bo'yicha prorektor, texnika f.f.d. (PhD)
SAIDOV S.B. – Buxoro DTU moliya va iqtisod ishlari bo'yicha prorektori
QURBONOV J.M. – texnika fanlari doktori, professor (Samarqand ISI)
ADIZOV B.Z. – texnika fanlari doktori (DSc), pprofessor, O'zRFA UNKI
ASTANOV S.X. – fizika-matematika fanlari doktori, professor
RAXMONOV X.Q. – texnika fanlari doktori, professor
VOXIDOV M.M. – texnika fanlari doktori, professor
JO'RAYEV X.F. – texnika fanlari doktori, professor
SADULLAYEV N.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOV Q.X. – texnika fanlari doktori, professor
FOZILOV S.F. – texnika fanlari doktori, professor
ISABAYEV I.B. – texnika fanlari doktori, professor
ABDURAHMONOV O.R. – texnika fanlari doktori, professor
GAFUROV K.X. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
XAYDAROV A.A. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
JO'RAYEV F.O'. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MURADOVA F.R. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
JUMAYEV M.R. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
YUNUSOVA G.S. – falsafa fanlari doktori (DSc), professor
BOBOYEV A.Ch. – iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor
TO'XTAYEVA Z.Sh. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.J – texnika fanlari doktori (DSc), professor
HAYITOV R.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOZOROV G'.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOLTAYEV Z.I. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
OLTIYEV A.T. – texnika fanlari doktori, (DSc)
JALILOV R.B. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.I. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOVA N.Q. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
AXMEDOV V.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV R.A. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
PULATOVA M.I. – fizika-matematika fanlari nomzodi, professor
RAHMATOV Sh.A. – pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD**)**
OCHILOV A.R. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
O'RINOV U.A. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
PO'LATOVA S.U. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
SAMIYEVA Sh.X. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
TESHAYEV M.X. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
XAITOV V.U. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
XOJIYEV Sh.M. –texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
XAYITOV Sh.N. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
ZOIROV E.X. – falsafa fanlari doktori (DSc), dotsent
NARZIYEV M.S. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
NAMAZOVA N.J. – iqtisodiyot fanlari b.f.d. (PhD**),** dotsent

Bosh muharrir: **DO'STOV H.B. –** kimyo fanlari doktori, professor

Muharrirlar: **Artikova M.M., Istamova G.X.**
Musahhih: **Barakayeva D.F.**

FAN VA TEXNOLOGIYALAR TARAQQIYOTI
ILMIY-TEXNIKAVIY JURNAL

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyati boshqarmasida 2014 yil 22-sentyabrda № 05-066-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan

Muassis:
Buxoro davlat texnika universiteti

Jurnal O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi OAK Rayosatining 2017 yil 29-martdagi №239/5-sonli qarori bilan dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan. 2019 yilda O'zbekiston Respublikasi OAK Rayosatining qarorlari bilan qayta ro'yxatdan o'tkazilgan.

Tahririyat manzili:
200117, Buxoro shahri, Q. Murtazoyev ko'chasi, 15-uy, Buxoro davlat texnika universiteti
Tel: 0(365) 223-92-40
Faks: 0(365) 223-78-84
E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Jurnalning to'liq elektron varianti bilan http://journal.bstu.uz sayti orqali tanishish mumkin.

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to'liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim ham mos tushmasligi mumkin. Jurnalda yoritilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolalarning mualliflari va reklama beruvchilar mas'uldirlar.

M U N D A R I J A – CONTENT

TEXNIKA, TEXNOLOGIYA VA JIHOZLAR

Kayumov U.E., Pardayeva Sh.S., Istamov M.F. Konchilik sanoatida qo‘llaniladigan markazdan qochma nasoslarning ekspluatatsiyasining xususiyatlari …….	**5**
Majitov J.A., Narzulleyev M.N. Yakka iste’molchilarga mo‘ljallangan biogaz qurilmasining tajriba tadqiqotlari……	**12**
Fattoyev F.F., Hamidov A.X. o‘zbekiston respublikasida standartlashtirish bo‘yicha texnik qo‘mitalarning faoliyatini baholashda xalqaro tajribalarning o‘rni va ahamiyati……...	**22**
Taslimov A.D., Raximov F.M., Norqulov A.O. Navoiy shahar transformator podstansiyalarida faza balanslashni joriy etish bo‘yicha ustuvorlashtirish modeli.....	**32**
Mavlonova I.R. Pilla losi va sannohidan momiq olish hamda qayta ishlash istiqbollari……...	**38**
Narziev M.S., Axmedov V.N., Mavlonova I.R., Qodirov M.M. Pilla losini qo‘shimchalardan va seritsindan tozalashda tabiiy komponentlarni qo‘llash texnologiyasi……	**44**
Мусурмонов И.М., Рахматова С.Ф., Жумаев А.А., Жумаева Н.К. Результаты исследования структурного состояния износостойких белых чугунов……...	**48**
Yusubaliyev A., Sharipov Sh.N. Beda urug‘ligini elektr maydonida ekishga tayyorlashning ayrim tadqiqot natijalari	**54**

KIMYO VA KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR

Шарипбаев С.С. Влияние морфологии фотоанодов DSSC на характеристики фотоэлектрических преобразователей……	**58**
Berdiyev D.M., Liang Zhenglong., Ibroximova M.M. Nikel asosli olovbardosh qotishmani qayta eritishda xossalarga ta’siri……	**63**
Hamroyev O.O., Sattorov M.O., Ochilov A.A. Kimyoviy ishlov berish orqali olingan quduq mahsulotiga deemulgatorning xlorid kislota ishtirokida ta’sirining samaradorligini tadqiq etish..	**68**
Maxmudov M.J., Ne’matov X.I., Shoymardonov O‘.B. Gazlarni absobrsion quritishda qo‘llaniluvchi glikollarning asosiy xossalari tavsifi va jarayonning samaradorligiga ta’sir etuvchi omillar tahlili……...	**77**
Xo‘jaqulov A.F., Rasulov U.A., Raximov Z.Z. Navbaxor koni bentonitini sulfat kislota bilan faollanishi……	**81**
Жумаева А.А., Амонов М.Р. Базальт асосида олинган ПВХ композицияларнинг термик барқарорлигини ўрганиш……..	**87**
Фозилов С.Ф., Махмудов М.Ж., Муртазаев Ф.И. Маҳаллий паст октанли автомобил бензинининг физик-кимёвий хоссалари ва унинг бензол сақлаган фракциясини аниқлаш..	**92**
Sharipov N.Z., Fazlitdinov J.R. Ko‘mir yoqilg‘isi yonadigan tizimlardan chiqayotgan zararli tutun gazlarini tozalash texnologiyasi……	**99**
Саатов С.К., Шарипов К.К. Полевые исследования по оценке скорости износа стенки трубопровода в процессе эксплуататsiи……...	**104**
Джураева Г.Х., Тошқобилов Ж.Ш., Абдурахимов И.Э. Синтез моноциклических ароматических углеводородов……	**110**
Toshpulatov D.T., Abdumuminova O.B., Xushvaqtov I.G‘., Pardaboyeva M.T., Toshtemirov A.Sh., Tashpulatov X.Sh. $[Co(tmphen)_3](PF_6)_2$ gomoleptik kompleksning tuzilishini o‘rganish……	**114**
Bokiyeva Sh.K. Konlardagi qatlam suvlarini tozolashda adsorbentlar olish texnologiyasi.....	**118**

MASHINASOZLIK VA ENERGETIKA

Murodov K.J. Yo‘lning sun’iy notekislik qismiga birlashtirilgan mexanik-quyoshli gibrid qurilma yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarish…….	**123**
Бафоев Д.Х. Повышение эффективности упрочнения деталей из титановых сплавов……	**127**
Boixanov Z.U. Asinxron motorlarning elektromagnit holatini aniqlash va monitoring qilish usullari…….	**135**
Juraqulov A.X. O‘zbeksiton iqlim sharoitlari uchun fokuslovchi quyosh kollektorlarini ishlab chiqish…….	**139**
Makhmudov M.I., Kushshayeva M.R., Nurov S.S., Timirov H.N., Sayfiyev H.O. The effect of dust accumulation on the efficiency of solar panels and methods for its detection……	**146**
A’zamov S.S. On-Grid quyosh foftoelektrik sistemasi energiya samarador ko‘rsatkichlarini tadqiqi……..	**150**
Nizomov J.A. Asinxron motorning MATLAB immitasion modeli orqaliy turli xil ish rejimlarini kuzatish…… …….	**155**
Bafoyev D.X. Materiallar sirtida ko‘p elementli qoplamalar hosil qilish……...	**160**
Nizamov. J.A. Sun’iy neyron tarmog‘i yordamida asinxron motorlarning nosozliklarni monitoring qilish va diagnostika qilish……...	**166**
Xaydarov X.M. Quyosh panellaridan ta’minlangan elektr tarmoqlaridan ta’minlanadigan nasos qurilmalari ish rejimlari va energiya iste’mol dinamikasini yil davomida mavsumiy o‘zgarishi...	**172**
Murodov K.J. Vertikal suyuqlik oqimlari asosida binolarda energiya ishlab chiqarishning yangi yondashuvi…….	**177**
Тоиров З., Сайфиддинов Қ.Э. Анализ ветрового энергетического потенциала в бухарской области республики узбекистан с использованием распределения Вейбулла….	**181**
Sharipov J.O., Begmurodov A.F. Detallarni korroziya bardoshliligini oshirish uchun zamonaviy yechim va uni qo‘llash jarayoni……	**188**
Mirzamaxmudov U.A., Sharibayev N.Yu., Murodov R.S. Ipak qurti urug‘chiligida kapalak chiqarishni sinxronlashtiruvchi LED fotoperiod moslamasining elektrotexnik asoslari……	**192**

INFORMATIKA VA AXBOROT – KOMMUNIKATSION TIZIMLAR

Rakhmonov I.U., Niyozov N.N., Nematov L.A. Investigation of insulation degradation mechanisms in centralized inverters and development of efficient data exchange methods in wireless sensor networks…….	**197**
Xamroyev X.X., Bibutov N.S., Xabibov F.Yu. “Materiallar qarshiligi” kursida masalalarni kompyuterli modellashtirish……	**202**
Rakhmonov I.U., Kurbonov N.N., Nematov L.A. Parameter optimization of medium- and short-term forecasting systems of lightning activity……...	**208**
Sharifbaev A.N. Improving retrieval-augmented generation pipelines through knowledge graph integration……..	**213**

OZIQ-OVQAT SANOATI TEXNOLOGIYALARI

Axmedova M.B. Ikkilamchi mahalliy xomashyolardan xamirturush tayyorlash usullari……..	**220**
Ravshanov S.S., Shaxriddinov F.F., Suyunova L.A., Karimov D.T. Kompozit nonlarning oziqaviy tarkibi, xamir reologiyasi va sensor xususiyatlari…….	**224**
Ибрагимов А.К., Махмудов Р.А. Анализ химического состава и функционально-технологических свойств ингредиентов сырья для приготовления майонеза……	**229**

Kuliyev N.Sh. Ko‘pik va emulsion strukturalarning shakllanishida meva va sabzavot sharbati komponentlarining ishtiroki……	**236**
Kurbanov M.T., Axmedova M.B. Soya siqilmasidan parrandalar uchun ekologik toza omuxta yem tayyorlash texnologiyasini takomillashtirish……..	**245**
Хужакулов У.К., Мажидова Н.К., Мажидов К.Х. Исследование влияния воздействия электромагнитного поля на сохранность и показатели качества местных сортов томатов...	**249**
Yoqubov M.E., Khaitov R.A. Environmentally efficient helioconvective technology for dehulling pumpkin seeds……	**260**
Mahmudov M.S., Mamajanov G‘.O., Toshmatov Y.R. *Phragmites communis trin* o‘simligidan ishqorli va kislotali usulda olingan sellyuloza namunalarining termik analizi ….....	**266**
Турсунова Н.Н. Общая характеристика сои и основные направления использования соевых продуктов……..	**270**

TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT TEXNOLOGIYALARI

Amonov A.R, Muxammedjanov M.M. Tikuv mashinasi qayishqoq tayanchlari bo‘lgan bosh valning kritik tebranishlari tahlili……	**278**
Behbudov Sh.H., Samadova M.O. Ip va matoga ignaning ta’sirini vertikal tebranishdagi chastotasining tahlili……	**282**
To‘raqulova B.B., Temirova G.I., Toshpo‘latova G.R. An’anaviy naqsh va bezaklarni modernizatsiya qilishning usullari……...	**285**
Нигматова Ф.У., Эргашева Н.Дж., Кодирова Д.Х., Шомансурова М.Ш., Музаффарова Ф. Ретроспективные исследования современного дизайна меховой одежды за период 1980-2025 гг …….	**292**
Jumaniyazov K., Salimov Sh.H., Nazarov R.A. Pnevmomexanik yigirish mashinasida sifatli ip ishlab chiqarish tasnifi ……	**299**
Bebutova N.N., Qiyomova S.I. Sanoat tarmoqlarida ekspluatatsiya talablarini hisobga olgan holda maxsus kiyimni takomillashtirish bo’yicha tavsiyalar……...	**303**
Мухаммедова М.О. Научные основы выбора материалов для ортопедической обуви и внутренних стелек при повреждениях голеностопного сустава……..	**310**
Nazirov R.R., Abdurahmonov O.SH., Qurbonov A.B. 5LP rusumli linterga tajriba arra oraliq qistirmalarini tayyorlash va tajribalarning metodik uslublari	**313**
Мухаммедова М.О., Ахмедов Ж.Ж. Распределение биомеханических нагрузок в конструкции ортопедической обуви и их влияние на конструктивные элементы……	**317**
Турдиев Б.Э., Росулов Р.Х., Очилов М.М., Эрдонов А.М., Пардаев Б.Ч. Чигит элеватори учун лентали конвейерини ишлаб чиқаришдаги тажриба-синов натижалари…..	**322**
Узакова Л.П., Авезова А.А. Выбор материала для подкладки женской модельной обуви: требования, свойства, современные решения……	**326**
Mardonov S.E., Muxtorova Z.N. Qatlamlarni biriktirish usulining ikki qatlamli to‘qimalarning fizik-mexanik xossalariga ta’sirini aniqlash……...	**331**
Rayimberdiyeva D.X., Nabidjanova N.N. Tikuv sexlarida texnologik jarayonlarni loyihalashni takomillashtirish……..	**335**
Sharifbayev R.N., Obidov A.A. Pilla navlarini ajratuvchi adaptiv mexatronik tizim yaratish….	**340**
Ержанова Д.Ж., Мардонов С.Э. Инноватsionные подходы к проектированию трикотажных полотен с заданными эластическими свойствами для одежды сегмента 0–3 года ……	**347**
Ботиров А., Рахимов А., Шарибаев Н. Использование ультразвуковой технологии для совершенствования процессов размотки коконов в шелковом производстве……	**351**
Dehqonov G‘., Sharibayev N.Yu., Murodov R.S. Ipak qurtini parvarishlash texnologiyasi va qurtxonalarda mikroiqlim sharoitlarini ta’minlash masalalari……	**357**

Ubaydova V.E., Abbosova M.O. Homilador ayollar uchun transformatsiyalanuvchi kiyim konstruksiyasini ishlab chiqish va uning funksional samaradorligini baholash……..	**361**
Rosulov R.X. Qoziqli barabanlarda qayishqoq elementlarni qo‘llashni nazariy tadqiq qilish…...	**370**
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Ахмедов К.И., Мукимов М.М. Трикотаж тўқималари тузилиши ва қалинлиги ўзгаришини иссиқлик сақлашда вақтга боғлиқлик ҳолатини назарий тадқиқи…….	**373**
Qodirova S.X., Abdullayeva G.Sh. Milliy naqshlarning arxitekturada qo‘llanilishi va ularning qiyosiy tahlili……	**379**
Sayidova M.X. Harakat energiyasidan quvvatlanuvchi aqlli isituvchi kombinezon..	**384**
Do‘stova F.X. Turli navlardagi paxtalarni tozalashdagi mavjud texnologiyalar tahlili……..	**387**
ANIQ VA IJTIMOIY-IQTISODIY FANLAR	
Fayazova D.S. Autizm bo‘lgan talabalarning til o‘rganishdagi xususiyatlari……	**392**
Sharipova Sh.N. Oliy ta’lim tizimida raqamli texnologiyalar asosida texnik tafakkurni rivojlantirish usullari……	**395**
Isxakov M.M. Axborot-kutubxona xizmati ko‘rsatishda yangi innovatsiyalarni joriy qilish….	**399**
Sidiqova N.N. Ingliz va o‘zbek tillarida milliy koloritni ifodalovchi frazeologik birliklarning lingvistik xususiyatlari…….	**404**
Саидова А.С. Таълим трансформатсияси жараёнида бўлажак мутахассисларнинг касбий компетентлигини ривожлантириш методикаси…….	**408**
Hikmatov N.I. Innovatsion qurilish materiallari……...	**412**
Мухаммадов С.К., Илясов А.Т., Пахратдинов. А.А. Бухоро шаҳридаги “Абдуллахон” мадрасаси биносининг техник холатини кучлантириш бўйича таҳлил ва тавсиялар……	**416**
Tursunova N.N. Kasb-hunar ta’limi tizimida “Mehnat muhofazasi va xavfsizlik texnikasi” fanini o‘qitishda zamonaviy ta’lim metodlarini qo‘llash…….	**420**
Samadova R.A., Gafurova N.T., Xikmatov N.I. O‘zbekistonning ijtimoiy-iqtisodiy siyosatida xotin - qizlarga oid insonparvarlik qarorlarining ahamiyati……	**426**
Ортикова Г.Ш., Нурмухаммедова Б.И. Оценка состояния финансирования международной торговли в республике Узбекистан……	**430**
Баракатова Д.А. Рус адабиётида танқидий реализм асосчиси……	**434**
Мустақимова Қ.С. “Шоирлар одам атоси” ҳақида……..	**437**
Раупова М.Х. Динамические задачи в формулировке квадратичной неограниченной бинарной оптимизатsiи (QUBO) и их квантовые решения……	**441**
EKOLOGIYA VA ATROF MUHIT MUHOFAZASI	
Xolova Sh.A. Ecological efficiency of introducing “green technologies” into industry……	**447**
Axmedova M.B. Maishiy qattiq chiqindilar asosidagi xomashyolardan ekologik toza va iqtisodiy samaradorligi yuqori mahsulotlar ishlab chiqarish……...	**451**
Q U T L O V	
Фозилов Садриддин Файзуллаевич – 60 ёшда. Етук олим ва жонкуяр устоз……...	**456**

Ushbu usulning texnik natijasi pillani qayta ishlashda chiqindi sifatida shakllanadigan pilla losidan sanoat mahsulotlari ishlab chiqarish imkoniyatini beradigan tolalardan iborat oqartirilgan momiqni ishqorli muhit hosil qilish uchun ishlatiladigan kalsiyli sodani, qattiq yonilg‘i yonganda hosil bo‘ladigan kulga almashtirilishi hisobidan kam sarf-xarajatlar bilan ishlab chiqarish hisoblanadi [6, 7].

Xulosa. Pilla losini mexanik, kimyoviy va tabiiy komponentlar usullari orqali tozalashda ipak ishlab chiqarish texnologiyasining muhim bosqichi hisoblanadi. Mexanik usul ekologik va iqtisodiy jihatdan maqbul bo‘lsa, kimyoviy usul yuqori tozalash samaradorligi bilan ajralib turishiga qaramasdan, kimyoviy moddalar qimmatligi, energiya sarfi ko‘pligi asoslanadi. Biz taklif qilayotgan tabiiy komponentlarning suvli eritmasi bilan ishlov berilganida, ishlov berish vaqtining kamayishi, ekologik muammolarning bartaraf etilishi bilan pilla losi tolasining sifatini yaxshilash va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. T.A.Ochilov va boshqalar.“To‘qimachilik materialshunosligi”//darslik. Toshkent-2017 y. 320 bet
2. К.М.Рождественский “Заготовка и первичная обработка коконов”//Ташкент-1974 г. 420 с.
3. Э.Б.Рубинов “Технология шелка”//Москва-1981 г. 390 с.
4. Э.Б.Рубинов, А.А.ТумаянЗаготовка и первичная обработка коконов”//Москва-1982 г. 390 с.
5. I.R.Mavlonova, M.S.Narziev, M.M.Qodirov “Pillani qayta ishlash korxonalarida chiqindi suvlarni qayta ishlash istiqbollari”//Mexanika va muhandislik geometryasini amaliy muammolari va echimlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy anjumani. Buxoro-2025 y. 2-32 b.
6. I.R.Mavlonova, M.S.Narziev, J.Fazlitdinov. “Pilla losidan sanoatbop xomashyolar ishlab chivarish”//Mexanika va muhandislik geometryasini amaliy muammolari va echimlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy anjumani. Buxoro-2025 y. 32-35 b.
7. М.С.Нарзиев, И.Р.Мавлонова “Анализ состава и переспективы переработки шёлкового лоса”//Цифровизатсия текстильной промышленности. Материалы международного форума “Научное сотрудничество в Евроазийском пространстве цифровазатсия и модернизатсия промышленности с применением искусственного интеллакта”, посвящённого 35-летию Технологического университета Таджикистана. Душанбе-2025 г. 110-114 б.

Narziyev Mirzo Saidovich-texnika fanlari nomzodi professor, Buxoro davlat texnika universiteti “Texnologik mashina va jihozlar” kafedrasi professori, Tel: +998973001377, E-mail: narziev_61@mail.ru Tel: +998973001377

Mavlonova Iroda Rajabboyevna-PhD, Buxoro davlat texnika universiteti “Texnologik mashina va jihozlar” kafedrasi dotsenti, Tel: +998977988855, E-mail: mavlonova.2017@mail.ru

УДК 669.131.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

Мусурмонов И.М., Рахматова С.Ф., Жумаев А.А., Жумаева Н.К.

Навоийский государственный горный и технологический университет.

Аннотация. *В статье представлен комплексный анализ белых износостойких чугунов с акцентом на сравнительную оценку их химического состава и формируемой микроструктуры. Исследование включает металлографический анализ, направленный на установление взаимосвязи между легирующими элементами и структурными характеристиками сплавов. В работе определено количественное соотношение фаз, выявлены особенности распределения карбидных составляющих и металлической матрицы. Показано влияние легирующих элементов на процессы кристаллизации и формирование микроструктуры. Полученные результаты позволяют оценить эволюцию фазового состава и структурные изменения в сплавах, что способствует более глубокому пониманию механизмов формирования износостойкости и механических свойств белых чугунов.*

Ключевые слова: *карбидная фаза, абразивное изнашивание, высокохромистый чугун, химический состав, микроструктура, износостойкость, твердость, кристаллизация.*

STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS OF WEAR-RESISTANT WHITE CAST IRONS

Musurmonov I.M., Rakhmatova S.F., Jumaev A.A. Jumaeva N.K.
Navoi State University of Mining and Technologies.

Annotation. *The article presents a comprehensive analysis of white wear-resistant cast irons with a focus on the comparative evaluation of their chemical composition and the resulting microstructure. The study includes metallographic analysis aimed at identifying the relationship between alloying elements and structural characteristics of the alloys. The quantitative phase ratio and the distribution features of carbide constituents and metallic matrix were determined. The influence of alloying elements on crystallization processes and microstructure formation was demonstrated.*

The obtained results provide insight into the evolution of the phase composition and structural transformations in these alloys, contributing to a better understanding of the mechanisms responsible for wear resistance and mechanical properties of white cast irons.

Key words. *carbide phase, abrasive wear, high chromium cast iron, chemical composition, microstructure, wear resistance, hardness, crystallization.*

Износостойкие белые чугуны относятся к числу широко применяемых литейных материалов, используемых в условиях интенсивного абразивного и ударного воздействия. Их эксплуатационные характеристики напрямую зависят от химического состава, фазового состояния и формируемой микроструктуры, а целенаправленное управление этими параметрами позволяет существенно повысить срок службы и надежность изделий.

В последние годы развитие износостойких белых чугунов связано с совершенствованием их легирования и оптимизацией структурно-фазового состояния. Формирование карбидных фаз, их морфология, распределение в металлической матрице и взаимодействие с легирующими элементами играют ключевую роль в обеспечении высокой твердости, прочности и сопротивления износу [1-3].

Особенно актуально применение белых чугунов в горнодобывающей, металлургической и перерабатывающей промышленности, где детали оборудования - элементы шаровых мельниц, насосы, классификаторы и другие узлы - работают в условиях повышенных механических и абразивных нагрузок. В связи с этим оптимизация структуры и улучшение эксплуатационных свойств износостойких белых чугунов является важной научной и практической задачей современного материаловедения [4-5].

Методы исследования и использованные материалы. Для исследования образцы размерами 25х20х20 мм были отлиты из белых износостойких чугунов марок 280Х29НЛ и 300Х32Н2М2ТЛ в индукционной печи ИЧТ-2,5 (производство Россия). Такой подход обеспечивает комплексный анализ за счет включения образцов как местного, так и зарубежного производства.

Химический состав образцов анализировали эмиссионным спектральным методом на спектрометре Spectro-Lab-M (производство Германия). Этот метод обеспечивает точное определение элементарных компонентов, присутствующих в образцах, предоставляя подробные данные о составе, необходимые для оценки свойств и характеристик их материалов.

Микроструктурную подготовку проводили на шлифовально-полировальной машине NERIS (производство Латвия). Подготовка заключалась в последовательном шлифовании наждачной бумагой с зернистостью от 180 до 1500 мкм. Затем поверхность была отполирована методом микрошлифовки с использованием пасты Diamond WC. Этот тщательный процесс обеспечивает высококачественную обработку поверхности, необходимую для точного металлографического анализа и оценки микроструктурных характеристик материала.

Для выяснения микроструктурных характеристик образцы подвергали травлению раствором реагента, состоящим из 15 мл азотной кислоты, 15 мл соляной кислоты и 15 мл глицерина. Процедура травления проводилась в течение 10 минут при температуре реагента

60-65 °C. Такая химическая обработка способствует усилению структурных особенностей, делая их более отчетливыми и наблюдаемыми при микроскопическом исследовании [22].

Результаты исследования и их анализ. В качестве исследуемого материала были выбраны износостойкие белые чугуны 280Х29НЛ и 300Х32Н2М2ТЛ химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав износостойких чугунов 280Х29НЛ и 300Х32Н2М2ТЛ

Марка	Элементы, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu
280Х29НЛ	2,92	0,51	0,57	0,067	0,032	28,86	1,54	0,057	-	0,2
300Х32Н2М2ТЛ	2,67	1,13	0,57	0,043	0,018	31,58	1,93	0,37	0,3	0,07

Высокохромистые износостойкие белые чугуны марок 280Х29НЛ и 300Х32Н2М2ТЛ относятся к многокомпонентным системам типа Fe–C–Cr–X, в которых формирование структуры определяется закономерностями фазового равновесия и кинетикой кристаллизации. Их структурное состояние характеризуется наличием металлической основы (матрицы) и карбидных фаз различного типа, при этом определяющую роль играют карбиды M_7C_3 и $M_{23}C_6$. Формирование данных фаз носит температурно-зависимый характер и подчиняется как термодинамическим условиям устойчивости, так и диффузионным механизмам перераспределения элементов.

Кристаллизация расплава начинается при температурах порядка 1450–1500°C. На начальной стадии происходит выделение первичных дендритов γ-аустенита. Снижение температуры сопровождается изменением химического состава жидкой фазы вследствие обогащения её углеродом и хромом. При достижении эвтектической температуры (примерно 1250–1200°C) реализуется реакция:

$$L \rightarrow \gamma + M_7C_3$$

где M_7C_3 представляет собой преимущественно $(Cr,Fe)_7C_3$. В условиях содержания хрома выше 20% именно эта карбидная фаза является термодинамически наиболее устойчивой в высокотемпературной области диаграммы состояния Fe–Cr–C. Образующиеся карбиды M_7C_3 формируют пространственный эвтектический каркас и обладают высокой микротвёрдостью (до 1500–1800 HV), что обусловливает повышенную абразивную износостойкость материала. Морфология карбидов определяется скоростью охлаждения и может быть пластинчатой, игольчатой либо столбчатой. Их объёмная доля в структуре достигает 30–45%, что существенно влияет на механические характеристики.

По мере дальнейшего охлаждения (в интервале 1000–800°C) аустенит становится пересыщенным по углероду и хрому. В диапазоне 800–600°C начинается диффузионное выделение вторичных карбидов $M_{23}C_6$ по реакции:

$$\gamma \text{ (пересыщенный Cr и C)} \rightarrow \gamma + M_{23}C_6$$

Фаза $M_{23}C_6$ (преимущественно $(Cr,Fe)_{23}C_6$) является более устойчивой в области средних температур и формируется преимущественно по границам зёрен аустенита или вблизи эвтектических карбидов. В отличие от M_7C_3, она образуется диффузионным путём и характеризуется мелкодисперсной морфологией. Выделение $M_{23}C_6$ способствует дополнительному упрочнению матрицы за счёт дисперсионного механизма, однако избыточное образование данной фазы может привести к локальному снижению пластичности и повышению хрупкости.

При дальнейшем понижении температуры до 300–400°C в зависимости от химического состава и скорости охлаждения часть аустенита может превращаться в мартенсит. В результате формируется аустенитная или аустенитно-мартенситная

металлическая основа. Данное фазовое превращение дополнительно увеличивает твёрдость и прочность матрицы, усиливая комплексное упрочнение «карбидный каркас + упрочнённая матрица».

Для марки 280Х29НЛ основным упрочняющим элементом структуры является эвтектический карбид M_7C_3, тогда как образование $M_{23}C_6$ зависит преимущественно от условий охлаждения и последующей термической обработки. Структура данной марки характеризуется выраженным эвтектическим карбидным скелетом и относительно стабильной аустенитно-мартенситной матрицей.

В марке 300Х32Н2М2ТЛ, содержащей повышенное количество хрома и дополнительные легирующие элементы (Ni, Mo, Ti), фазовые процессы усложняются. Никель стабилизирует аустенит, снижая температуру мартенситного превращения, тогда как молибден повышает карбидообразующую способность системы и способствует формированию более устойчивых карбидных комплексов. Однако при этом в высокотемпературной области основным эвтектическим карбидом остаётся M_7C_3. При последующем охлаждении также возможно образование $M_{23}C_6$, что усиливает дисперсионное упрочнение структуры. Таким образом, в данной марке реализуется многостадийный механизм упрочнения, включающий эвтектическое образование M_7C_3, диффузионное выделение $M_{23}C_6$ и мартенситное превращение матрицы.

В целом, формирование карбидов M_7C_3 и $M_{23}C_6$ определяется термодинамическими условиями устойчивости фаз в системе Fe–Cr–C и кинетикой диффузионных процессов при охлаждении. Соотношение этих фаз, их морфология, пространственное распределение и взаимодействие с металлической основой являются ключевыми факторами, определяющими твёрдость, износостойкость, прочность и эксплуатационную надёжность высокохромистых белых чугунов.

Для изучения микроструктуры образцов (Рис. 1) применён электронный микроскоп SEM EVO Carl Zeiss MA 10.

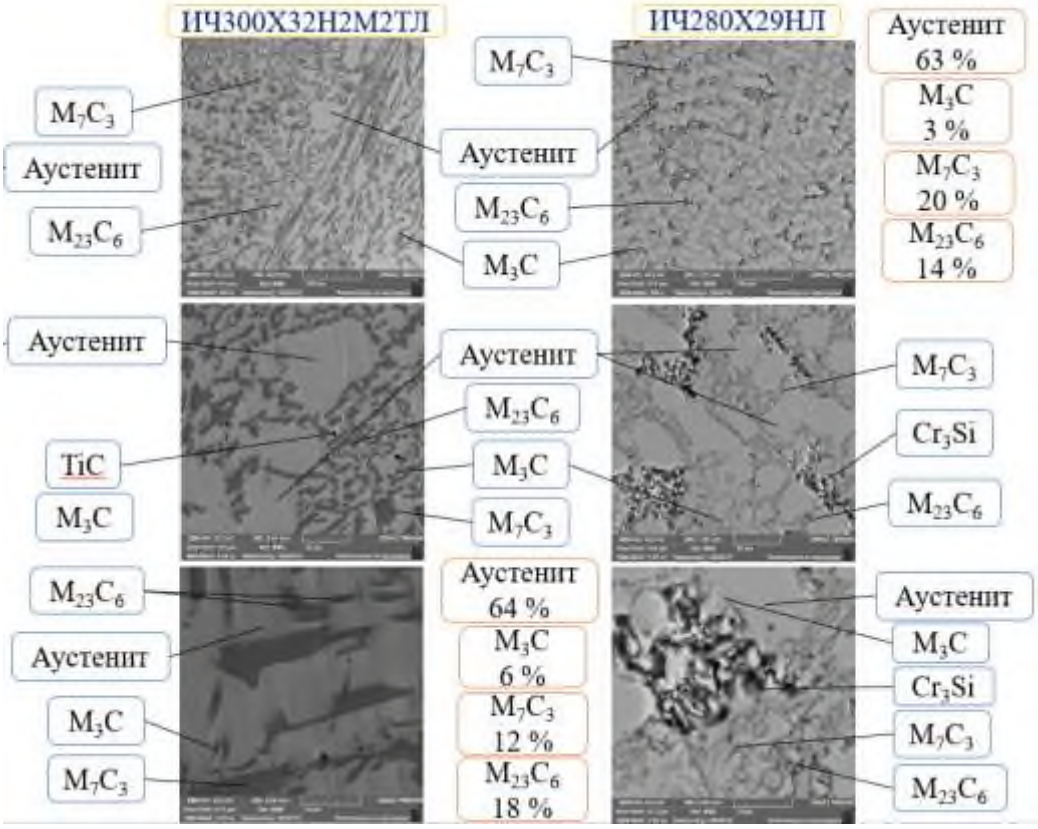

Рис.1. Структура чугуны, при увеличениях ×2000, а) 280Х29НЛ, б) 300Х32Н2М2ТЛ,

В целом, формирование карбидов M_7C_3 и $M_{23}C_6$ определяется термодинамическими условиями устойчивости фаз в системе Fe–Cr–C и кинетикой диффузионных процессов при охлаждении. Соотношение этих фаз, их морфология, пространственное распределение и взаимодействие с металлической основой являются ключевыми факторами, определяющими твёрдость, износостойкость, прочность и эксплуатационную надёжность высокохромистых белых чугунов.

Микроструктурный анализ показал, что структура обеих марок формируется в условиях многостадийной кристаллизации и характеризуется наличием аустенитной металлической основы и карбидных фаз типов M_7C_3, $M_{23}C_6$ и M_3C. Формирование фаз носит температурно-зависимый характер и определяется как термодинамической устойчивостью карбидов в системе Fe–Cr–C, так и кинетикой диффузионных процессов при охлаждении.

Для марки ИЧ300Х32Н2М2ТЛ объемная доля аустенита составляет около 64%. Повышенное содержание никеля стабилизирует γ-фазу и снижает температуру мартенситного превращения, что обеспечивает формирование преимущественно аустенитной или аустенитно-мартенситной матрицы. На стадии эвтектической кристаллизации при температуре порядка 1250–1200°C реализуется реакция $L \rightarrow \gamma + M_7C_3$. Карбиды M_7C_3 образуют относительно мелкодисперсную эвтектическую структуру. Их доля составляет около 12%, однако благодаря равномерному распределению они формируют эффективный карбидный каркас. В интервале температур 800–600°C происходит диффузионное выделение вторичных карбидов $M_{23}C_6$, объемная доля которых достигает 18%. Эти карбиды локализуются преимущественно по границам зерен и обеспечивают дополнительное дисперсионное упрочнение матрицы. Наличие TiC (образующихся на более ранних стадиях кристаллизации, около 1350–1400°C) способствует измельчению дендритной структуры за счет гетерогенного зародышеобразования. В результате формируется многоуровневая упрочняющая система: эвтектические карбиды M_7C_3 + вторичные $M_{23}C_6$ + упрочненная аустенитная матрица. Для марки ИЧ280Х29НЛ структура несколько отличается. Объемная доля аустенита составляет около 63%. Карбиды M_7C_3 занимают примерно 20% объема и формируют более выраженный и относительно крупный эвтектический каркас. Более высокая доля M_7C_3 обусловлена меньшим влиянием стабилизирующих элементов и особенностями химического состава. Вторичные карбиды $M_{23}C_6$ (около 14%) также выделяются при охлаждении в интервале 800–600°C, однако их дисперсность несколько ниже по сравнению с маркой ИЧ300Х32Н2М2ТЛ. Доля цементита M_3C невелика (около 3%), что связано с высоким содержанием хрома, стабилизирующего преимущественно карбиды типа M_7C_3 и $M_{23}C_6$.

Кристаллизация в обеих марках начинается при температуре 1450–1500°C с образования первичных дендритов аустенита. Далее при достижении эвтектической температуры формируется основной упрочняющий карбид M_7C_3. При последующем охлаждении реализуются диффузионные процессы, приводящие к выделению $M_{23}C_6$. При температурах порядка 300–400°C возможно частичное мартенситное превращение, дополнительно увеличивающее твердость матрицы.

Сравнительный анализ показывает, что в структуре ИЧ300Х32Н2М2ТЛ карбиды распределены более равномерно и обладают меньшими размерами, что снижает концентрацию напряжений и повышает структурную стабильность. В ИЧ280Х29НЛ эвтектический карбидный каркас более выражен и крупнее, что обеспечивает высокую твердость, но потенциально повышает склонность к хрупкому разрушению.

Таким образом, формирование карбидов M_7C_3 и $M_{23}C_6$ в данных марках происходит последовательно в процессе кристаллизации и последующего охлаждения. Соотношение их объемных долей, морфология и распределение в аустенитной матрице определяют уровень твердости, износостойкости и эксплуатационной надежности высокохромистых белых чугунов.

Выводы. Таким образом, по результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В обеих марках основную роль в обеспечении износостойкости играет карбид M_7C_3, который формируется на стадии эвтектической кристаллизации и образует карбидный каркас структуры.
2. Вторичные карбиды $M_{23}C_6$ выделяются при более низких температурах и дополнительно упрочняют металлическую основу за счёт дисперсионного механизма.
3. Марка ИЧ300Х32Н2М2ТЛ отличается более равномерным и мелкодисперсным распределением карбидов, что повышает структурную стабильность и снижает склонность к хрупкому разрушению по сравнению с ИЧ280Х29НЛ.
4. Соотношение аустенитной матрицы и карбидных фаз (M_7C_3 и $M_{23}C_6$), а также их морфология напрямую определяют уровень твёрдости, износостойкости и эксплуатационной надёжности рассматриваемых чугунов.

Библиографический список

1. Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны: свойства, структура, технология, эксплуатация. — М.: Машиностроение, 2010. — 280 с.
2. Барановский К.Э., Мансуров Ю.Н., Жумаев А.А., Дувалов П.Ю. Повышение ресурса работы деталей из износостойких хромистых чугунов // Металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов. -Минск: БНТУ, 2019. –Вып. 40. -С. 78-83.
3. А.А. Жумаев, Ю.Н. Мансуров, Дж.Дж. Маматкулов, К.С. Абдуллаев. Фазовые превращения в сплавах железа с углеродом, легированных редкоземельными и переходными металлами. // Черные металлы, № 11 (1067). 2020. – С.22 – 29.
4. А.А. Жумаев, Ю.Н. Мансуров, Дж.Дж. Маматкулов, Г.Д. Улугов. Оптимизация состава и структуры износостойких белых чугунов, используемых в горнодобывающей промышленности. // Черные металлы, № 12 (1068). 2020. – С.4 – 10.
5. А.А. Жумаев, К.Э. Барановский, Ю.Н. Мансуров, Х.И. Ахмедов. Результаты исследования структуры отливок из белых износостойких чугунов. // Черные металлы, № 2 (1082). 2022. – С.4 – 10.

Мусурмонов Исомиддин Мусурмон угли – магистрант кафедры «Технология машиностроения» Навоийский государственный университет горного дела и технологий.

Рахматова Сабина Фарход кизи – магистрант кафедры «Локализация промышленных производств» Навоийский государственный университет горного дела и технологий.

Жумаев Ахмаджон Абдувохидович - доктор философии по техническим наукам, (PhD) доцент кафедры «Технология машиностроения» Навоийского государственного горного технологического университета, Тел.: 97-228-37-57(с),
E-mail: ahmadjon_jumayev@mail.ru

Жумаева Наргиза Камолжоновна – базовый докторант кафедры «Локализация промышленных производств» Навоийский государственный университет горного дела и технологий. E-mail: jumayevanargiza1994@mail.ru

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVASIYALAR VAZIRLIGI

BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

Buxoro davlat texnika universiteti nashri
“FAN VA TEXNOLOGIYALAR TARAQQIYOTI”
Ilmiy-texnikaviy jurnal
2026 yil, 2-son. ISSN 1281-8193
Jurnal tahririyat kompyuterida sahifalandi.
Manzil: 200117, Buxoro sh., Q.Murtazoev ko‘chasi 15.
Tel: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz
http://journal.bstu.uz

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Издател: Бухарский государственный технический университет
«РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
Научно-технический журнал
2026 год, Выпуск 2. ISSN 1281-8193
Отредактирована на компютере редакции.
Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15.
Тел.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz
http://journal.bstu.uz

BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY
Publisher: Bukhara State Technical University
DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Scientific and Technical Journal
2026, Issue 6, ISSN 1281-8193
Yedited on the yeditorial computer.
Address: 200117, Bukhara, K. Murtazaev Street, 15
Tel.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz
http://journal.bstu.uz