



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



6
2025



Тахририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро давлат техника университети ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухДТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.К. – иқтисод фанлари доктори (DSc), профессор (ТКТИ)

ПАРДАЕВА М.Д. – БухДТУ ёшлар масалалари ва маънавий-маърифий ишлар бўйича биринчи проректори, фалсафа фанлари доктори (DSc)

ХОЖИЕВ А.Х. – ўқув ишлари бўйича проректор, техника ф.ф.д. (PhD)

САИДОВ С.Б. – Бухоро ДТУ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), профессор, ЎзРФА УНКИ

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

ГАФУРОВ К.Х. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙДАРОВ А.А. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЖЎРАЕВ Ф.Ў. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МУРАДОВА Ф.Р. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

БОБОЕВ А.Ч. – иқтисодиёт фанлари номзоди, профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ҲАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

РАҲМАТОВ Ш.А. – педагогика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

ОЧИЛОВ А.Р. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЎРИНОВ У.А. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ПЎЛАТОВА С.У. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

САМИЕВА Ш.Х. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ТЕШАЕВ М.Х. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙТОВ В.У. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ХОЖИЕВ Ш.М. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ХАЙИТОВ Ш.Н. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ЗОИРОВ Э.Х. – фалсафа фанлари доктори (DSc), доцент

НАРЗИЕВ М.С. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

НАМАЗОВА Н.Дж. – иқтисодиёт фанлари б.ф.д. (PhD), доцент

Бош муҳаррир: ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар: Артикова М.М., Истамова Г.Х.

Мусахҳиҳ: Баракаева Д.Ф.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро давлат техника университети

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий наشرлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200117, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев

кўчаси, 15-уй, Бухоро давлат

техника университети

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<http://journal.bstu.uz>

сайти орқали танишиш мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас.

Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Яхяев Н.Ш. Эксплуатация нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами....	5
Назаралиева Н. Дезодорациялаш жараёни гидродинамикасини яхшилашда секцияларга ажратиш истиқболлари.....	12
Mansurov O.A. Improving the drying process of fruits using convective method.....	17
Urinov A.A. Magistral quvurlari himoya qoplamalarini modifikatsiyalashda uglevodorod xomashyosi va bitum piroliz chiqindilarini qo'llash salohiyati.....	21
Норбоев О.Н., Улжаев Э. Расчет основного параметра емкостного датчика.....	25
Tog'aymurodov S.Z, Rasulova B.I. Yuklama tokining o'zgarishini transformatorlarning ichki izolyatsiyasiga bog'liqligini tekshirish.....	30
Berdiyev D.M., Komilova G.M. Shtamp asboblarning termik ishlov berish harorat rejimlarini optimallashtirish.....	34
Зокирова Д.А. Свободных и вынужденных колебаний на установке - ТМ 155.....	38
Bibutov N.S., Hojiyev A.X., Xabibov F.Yu., Xamroyev X.X. Metall konstruksiyalar.....	42
Shukrullayev J.O., Jo'rayev X.F. Barabanli quritgichda gidrodinamik rejimlarini nazariy tadqiq qilish.....	51
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Беккулов Дж.Ш. Адаптивный виртуальный анализатор на основе метода “движущегося окна”, предназначенный для определения и анализа качественных показателей хлорида калия в режиме реального времени, постоянно адаптирующий свой алгоритм работы на основе последних данных.....	56
Mahmudov G' B., Ravshanov F.A., Qalandarov A.F. Sianlash jarayonida ionsektiv elektrodi usuli yordamida sian konsentratsiyasini o'lchash aniqligini oshirish.....	63
Obidov H.O. Gazni qayta ishlash zavodlarida turli xildagi absorbentlarning tahlili va jihoz, qurilmalarning korroziyalanishini oldini olish.....	72
Tilloeva Sh., Sharipov K. Improvement of the demercaptanization process based on kerosene production technology.....	77
Jo'rayeva D.Sh., Jumayev J.H., Atoev E.X. Sintez qilib olingan 1-(defenilamino)butanon-2 ning xromato-mass spektri tahlili.....	81
Ахмедова О.Б., Мустафоев Б.Ж. Риформинг жараёни учун янги авлод катализаторини танлаш.....	85
Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Расулова С.Н., Рузиев У.Н., Абдуллаев Ф.Р., Асадов А.И. Совершенствование технологии получения высокочистого вольфрамового ангидрида.....	90
Tojiyev O.O., Sharipov Q.Q., Yaminov F.F. Neft va gaz quduqlarining mahsuldorligini oshirish uchun tarkibi yaxshilangan kislota eritmasini olish.....	95
Фозилов Ҳ.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Этил спирти куб қолдиғи сивуш мойи асосида дизел ёқилғилари учун мойловчи ва едирилишга қарши присадкаларни олиш.....	100
Ranoyev E.R., Do'stov H.B., Nurnazirova G.D. Buxoro neftni qayta ishlash zavodidagi mazut xomashyosining fizik – kimyoviy tahlili va undan moy va koks olish jarayonini tahlil qilish.....	107
Soatov B.Sh., Xasanov A.S., Hakimov K.J., Muhammadiyev E.M. Xondiza polimetall ma'danlarining kollektiv-selektiv flotatsiyasini optimallashtirish va mis boyitmasini ajratib olishning samaradorligini oshirish	113
Ниезов С.А., Умиров Ф.Э., Номозова Г.Р., Махмудов.Р.А., Худойбердиев Ф.И. Калий хлориди ва натрий гипохлорит конверсияси асосида калий хлоратини олиш.....	119
Savriyev M.S., Do'stov H.B., Tilloyev L.I. Unconverted oil (uco) ning kimyoviy tarkibini gaz xromatografiya–mass-spektrometriya yordamida tahlil qilish.....	127

МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Qo'ziyev Z.E. Quyosh fotoelektr panellarining asosiy parametrlarini tahlili va modellari.....	134
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Konveyer elektr yuritmalarida garmonik buzilishlarni kamaytirish hamda mexanik nosozliklarning elektr energiyasi sifatiga ta'sirini baholash texnologiyalari..	139
Sadullayev N.N., Murtazoyev F.F. Neft va gaz sanoatida energiya samaradorlikka ta'sir etuvchi omillar va energiya samaradorlikni oshirish imkoniyatlari.....	146
Жалилов Р.Б., Шарипова Н.О. Перспективы комбинированного производства электроэнергии, тепла и холода – актуальное направление в энергетике в условиях цифровой трансформации	150
Гафуров К.Х., Рахманов Ш.Б. Механизм влияния низкочастотного электрического поля на процесс сушки плодов (обзор).....	157
Ахмедов Х.И. Комплексное исследование химического состава, морфологии и эксплуатационных характеристик белых высокохромистых чугунов.....	161
Sayfiddinov Q.E. Ikki rotorli shamol turbinasini matlab/simulink tizimida modellashtirish va optimal parametrlarini aniqlash.....	168
Tovboyev A.N. Elektr tarmoqlarida ko'ndalang kompensatsiya tizimining funksional tahlili.....	174
Mamadjanov A.B., Akmalov J.X. Gravitatsion girdobli mikroges konussimon havzasining maqbul konstruksiyasini asoslash orqali energiya samaradorligini oshirish.....	180
Maxmudov B.M. Key factors in selecting drying process parameters and their impact on product quality and energy efficiency.....	189
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Тураев Х.С. Повышение надёжности и безопасности сложных технологических процессов с использованием принципов условной обратной связи.....	196
Sobirov M.N. Intelektual qurilmalarning internet tarmog'i (internet of things) ga asoslangan oziq - ovqat ishlab chiqarish va qayta ishlash korxonalarining umumiy modelini ishlab chiqish...	204
Sultonov S. Mathematical modeling of the output power of a mobile power plant with a garland turbine.....	212
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Dehqonova N.A., Majidov K.X. Paxta moyini rafinatsiyalash jarayonlarida zamonaviy innovatsion texnologiyalarni qo'llash va ularning matematik modelini ishlab chiqish.....	218
Абдуллаева Г.У., Курбанов М.Т. Влияние лекарственных растений и их смеси на микро-биологические показатели комбикормов при хранении.....	226
Sharipov N.Z., Qo'ldosheva F.S. Gilos danagidan moy olish jarayonini ultratovushli maydonida jadallashtirish.....	232
Kuliyeva N.G'., Sharipov N.Z. Qovoq mag'zini quritish jarayonini ultratovush ta'sirida jadallashtirishning nazariy asoslari.....	236
Кабулов Н.А., Сабиров У.К., Окилов А.К. Машинное зрение для автоматизации контроля качества продукции.....	242
Садуллаев С.Х., Шахридинов Ф.Ф. Сравнительный анализ аминокислотного состава белков, полученных из местного зерна тритикале для помола хлебопекарной муки.....	245
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Темирова Г.И. Табiiй мўйна хом ашёсининг физик-механик хусусиятларини иқтисодий харажатларга таъсирларини ўрганиш усуллари.....	253
Темирова Г.И. Аёллар устки кийими тайёрлашда фойдаланиладиган табiiй мўйна пакетининг физик-механик хоссалари.....	259

Uzoqova L.P. Tabiiy va sintetik charmlardan tayyorlangan ustki poyabzallarning shaklbardoshligini oshirish uchun shakllantirish rejimlarini ilmiy asoslash.....	264
Mirzaboyev J.B. Turli rusumli pnevmomexanik yigirish mashinalarida olingan ip sifat ko'rsatkichlarini tahlili.....	269
To'xtayeva Z.Sh., Abulova P.U. O'smirlar modasi talablari asosida antropometrik muvofiqlikning ergonomik ko'rsatkichlarini baholash.....	275
Azimova G.A., Kadirova D.N. Jun aralash tarkibli kiyimbop to'qimalarning texnologik ko'rsatkichlari tadqiqi.....	281
Gaybullayeva N.Z. Zamonaviy maxsus ish kiyimlari uchun innovatsion matolarning xususiyatlari va qo'llanilishi.....	285
Abduraxmanova F.A. Bikr qobiq yordamida poyabzal maketini barpo etish usullari.....	291
Uzoqova L.P. Poyabzal ishlab chiqarishda bichuvchi malakasining charmdan foydalanish koeffitsiyentiga ta'sirining ilmiy tahlili.....	296
Ихтиярова Г.А., Рахматова Г.Н., Асадова С.С. Исследования техники мокрого валяния - нунофелтинг на различных шелковых тканях.....	301
Эргашева Н.Д., Нигматова Ф.У., Шомансурова М.Ш., Музаффарова Ф. Модульное проектирование одежды как основа ресурсосбережения.....	306
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Ikki qatlamli ko'ylakbop matoning fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash uslublari.....	315
Kadirova D.N., Azimova G.A. Kiyimbop to'qimalarning tolaviy tarkibini aniqlash.....	320
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Гуляева Г.Х., Мукимов М.М. Иссиқлик сақлаш хусусияти юқори бўлган трикотаж тўқималарининг сифатини баҳолаш.....	324
Xodjayeva M.E., Gafurova N.T. Yigiruvchilar uchun maxsus kiyim yaratishda o'tkazilgan tajribalarni matematik rejalashtirish va ratsional qiymatlarini aniqlash.....	329
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Turli o'rilishli ikki qatlamli ko'ylakbop matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish.....	336
Нодирова М.Н., Танибердиев Ф.Р., Исломова М.С., Хамраева С.А. Ипларнинг узиш кучини аниқлаш усулини такомиллаштириш.....	342
Turdiyev B.E. Chigit shikastlanishini kamaytirish tajriba-sinov natijalari.....	345
Avezov M.F., Kuliyeva D.R. Yengil sanoat sohasida bazalt tolali matolardan foydalanishning ilmiy-asosiy tahlili.....	350
Musayev S.S., Qodirov T.J. Maxsus poyabzal tagligi uchun etilen propilen kauchuk va polipropilen asosidagi termoplastik elastomer kompozitsiyalarning mexanik xossalarini tadqiq etish.....	353
Muxammedova M.O. Boldir-tovon bo'g'imlari shikastlangan bemorlar uchun ilmiy asoslangan ortopedik poyabzal konstruksiyasini ishlab chiqish.....	360
Fayziyev S.H., Ibodullayev O.O. Paxta tozalash mashinasini yangi konstruksiyasini ishlab chiqish.....	365
АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Burxonov Z.A. Kutubxonada ish jarayonida avtomatlashtirilgan intellektual dezinfektsiyalovchi qurilmani ishlab chiqish.....	372
Xolova Sh.A. Effectiveness of implementing internet of things devices in occupational safety: real time monitoring approach.....	377
Мухамедбаев Аг.А. Легкий пористый заполнитель автоклавного генезиса.....	381
Gadoeva O.P. Bazalt asosidagi yangi qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologiyalari.....	388
ЭКОЛОГИЯ ВА АТРОФ МУҲИТ МУҲОФАЗАСИ	
Xaitov R.A., Axmedova M.B., G'ulomov I.G'. Ikkilamchi xomashyolaridan foydalanib ekologik toza qurilish materiallari ishlab chiqarish	394

Xaitov R.A., Axmedova M.B., Xalikova N.S. O‘simlik xomashyolaridan foydalanib ekologik toza mahsulot yetishtirish usullari.....	399
Pirimov R.R., Juraqulov A.X. Buxoro viloyati hududida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari.....	403
Yunusova G. R., Nabiyev A.A., Ro‘ziyev I.X. Chiqindi suvlar tarkibidagi AL, GA, TL ionlarini aniqlash usullari.....	411
Yaminov F.F., Obidov H.O. Oltingugurt-ishqorli oqova suvlarni tozalashning kimyoviy va kompleks usullari.....	417

УДК 669.131.2

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, МОРФОЛОГИИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЛЫХ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

Ахмедов Х.И.

Навоийский государственный горный и технологический университет.

Аннотация. В представленной работе уделено внимание вопросам совершенствования эксплуатационных характеристик высокохромистых белых чугунов, в частности их износостойкости при абразивном воздействии. Для выявления закономерностей формирования структуры был выполнен анализ химического состава данных сплавов с привлечением термодинамических расчетов, осуществленных в программной среде Thermo-Calc. Таким образом, термодинамическое моделирование позволило установить фундаментальные связи между химическим составом, структурой и свойствами коррозионностойких белых чугунов, что открывает возможности для целенаправленной оптимизации их эксплуатационных параметров.

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

YEYILISHGA BARDOSHLI OQ CHO‘YANLARNING STRUKTURAVIY TAHLIL NATIJALARI

Axmedov X.I.

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.

Annotatsiya. Ushbu ishda yuqori xromli oq cho‘yanlarning ekspluatatsion xususiyatlarini takomillashtirish, xususan, ularning abraziv ta’sir sharoitidagi eyilishga chidamliligini oshirish masalalariga e’tibor qaratilgan. Struktura shakllanishining qonuniyatlarini aniqlash maqsadida mazkur qotishmalarning kimyoviy tarkibi Thermo-Calc dasturiy muhitida amalga oshirilgan termodinamik hisoblar asosida tahlil qilindi. Demak, termodinamik modellashirish orqali kimyoviy tarkib, struktura va oq cho‘yanlarning xossalari o‘rtasidagi asosiy bog‘lanishlar aniqlandi va bu ularning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini maqsadli ravishda optimallashtirish imkoniyatini yaratadi.

Kalit so‘zlar: karbid faza, abraziv eyilish, yuqori xromli oq cho‘yan, kimyoviy tarkib, mikrostruktura, eyilishga bardoshlilik, qattqlik, kristallanish.

RESULTS OF THE STRUCTURAL ANALYSIS OF WHITE WEAR-RESISTANT CAST IRONS

Akhmedov Kh.I.

Navoi state university of mining and technologies.

Annotation. This study focuses on the improvement of the performance characteristics of high-chromium white cast irons, with particular emphasis on their wear resistance under abrasive conditions. To identify the patterns of structural formation, the chemical composition of the investigated alloys was analyzed using thermodynamic calculations performed in the Thermo-Calc software environment.. Thus, thermodynamic modeling has made it possible to establish fundamental relationships between chemical composition, microstructure, and properties of corrosion-resistant white cast irons, thereby enabling targeted optimization of their operational performance.

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

В современном металлургическом производстве одной из ключевых мировых задач является повышение экономической эффективности литых деталей из белых чугунов за счёт улучшения их эксплуатационных и механических характеристик. Для достижения этой цели необходимы углублённые научные исследования, направленные на оптимизацию структуры и свойств износостойких белых чугунов. В частности, актуальными являются такие направления, как разработка оптимального химического состава сплавов с применением современных программных средств моделирования, учитывающих условия эксплуатации; совершенствование процессов литья белого чугуна; создание новых ресурсосберегающих методов термической обработки [1-3].

В металлургических предприятиях развитых стран ведётся широкий спектр научно-исследовательских работ по получению высококачественных износостойких чугунов, в особенности белых хромистых чугунов. США, Россия, Германия, Великобритания, Канада,

Бразилия, Япония, Австралия, Украина, Польша, Индия, Китай, Беларусь, Иран, Мексика и ряд других государств выступают ведущими производителями, обеспечивая 60–70 % мирового выпуска деталей из белого чугуна. Ежегодный рост объемов производства и возрастающие требования к качеству обусловили необходимость разработки и внедрения технологий, позволяющих получать износостойкие отливки с более низкой себестоимостью за счёт ресурсосбережения [4-6].

Повышение износостойкости деталей из белых хромистых чугунов представляет собой комплексную задачу, включающую подбор состава сплава в зависимости от условий работы, определение оптимальных технологических параметров литья и разработку рациональных режимов получения отливок. Существенное влияние на эксплуатационные характеристики оказывают параметры кристаллизации, определяющие морфологию и пространственное распределение карбидных фаз. Увеличение скорости охлаждения расплава при затвердевании, а также использование методов направленной кристаллизации позволяют целенаправленно регулировать размер, форму и ориентацию карбидных включений, что обеспечивает улучшение эксплуатационных характеристик литых деталей.

Таким образом, выбор оптимальной технологии производства отливок из хромистых чугунов имеет не меньшее значение, чем разработка их химического состава, так как именно структура, формируемая в процессе кристаллизации, определяет комплекс свойств сплавов и долговечность деталей в реальных условиях эксплуатации [7-11].

Методы исследования и использованные материалы. В качестве исследуемого материала были выбраны износостойкие белые чугуны 280Х29НЛ и 330Х17Л. Данные чугуны применяются для отливок горно-обогатительного оборудования, работающих в условиях интенсивного абразивного износа (питающие диски, подложки, плит для дробилок).

Образцы отливали в песчано формы для определения механических свойств абразивного износа белого износостойкого чугуна.

Для определения механических свойств образцов сплава использовали электроразрядный станок ДМ 80 Cormak, применяемый на Навоийском машиностроительном заводе, изготавливаемый в США на основании ГОСТ 1497-84. (рис. 1).

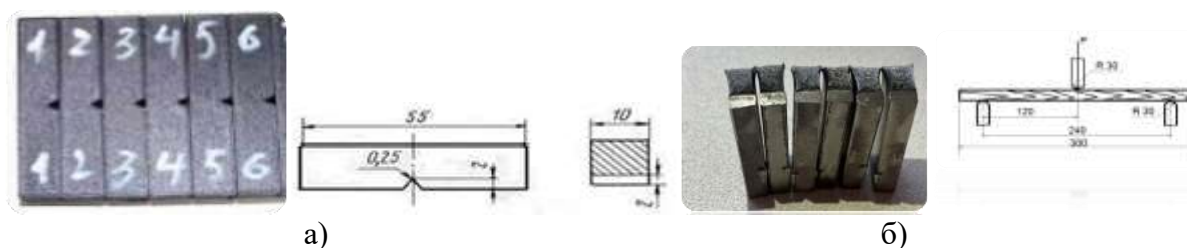


Рисунок 1. Образцы, приготовленные для определения механических свойств сплава, а) для определения ударная вязкости, б) для предела прочности

Для проведения исследований отлиты образцы (рис. 2.) из белых износостойких чугунов марки 280Х29НЛ и 330Х17Л на индукционной печи ИЧТ-2,5 (пр-во Россия).

Для выявления структуры образцы подвергнуты травлению реактивом следующего состава: 15 мл азотной кислоты, 15 мл соляной кислоты и 15 мл глицерина. Время травления 10 мин., при температуре реактива 60°C [12-15].

Для изучения микроструктуры образцов изучали на микроскопе марке сканирующий



Рисунок 2. Образцы белых износостойких чугунов. 1- 280Х29НЛ, 2 – 330Х17Л

электронный микроскоп (СЭМ) четвертого поколения TESCAN VEGA (пр-во Германия).

Для измерения твердости по HRC₃ использовался твердомер ТК-2М и для измерения твердости по HV₅₀ использовался твердомер ПМТ – 3М.

Химический состав отливок, приготовленных в промышленных условиях, определены эмиссионным спектральным методом на приборе Spectro-Lab –М (пр-во Германия).

Микрошлифы подготовили на шлифовально-полировальном станке «НЕРИС» (пр-во Латвия). Для шлифовки образцов применены шлифовальный шкурки зернистостью от 180 до 1500 мкм. Полировка поверхности микрошлифов произведены с помощью алмазной пасты ASM зернистостью 1/0, 2/1 и 3/2.

Таблица 1. Составы чугунов, предназначенных для изготовления наковальни

№	Марка чугуна	Содержание химических элементов, % по массе							
		C	Si	Cr	Mo	Ni	Ti	P	S
1	280X29НЛ	2,55	≤ 1,5	28,0	-	0,6	1	≤ 0,1	≤ 0,1
2	330X17Л	3,40	0,6	16,5	0,5	0,6	-	≤ 0,01	≤ 0,01

Образцы чугунов для испытаний отливали в земляные формы. Износостойкость изучали в режиме сухого трения. Хромистый чугун 330X17Л был выбран как наиболее распространенный износостойкий чугун в Республике Узбекистан. Легированный никелем чугун 280X29НЛ обладает хорошими механическими свойствами, хорошо зарекомендовал себя в горнорудной промышленности, при изготовлении детали «питающие диски» дробилка роторная модели KEV 96.

Для изготовления сплавов использовали индукционную печь объемом 2,5 т., шихтовый материалы следующего состава: чушковый чугун в количестве 400 кг, феррохром (марка ФХ 100А) 300 кг, никель – от 1 до 2 кг в зависимости от состава конечного сплава, ферромарганец – от 3 до 5 кг и электробой до 5 кг. Температура плавки составила 1400 °С. Выбранная температура превышает температуру полного перехода сплава в жидкое состояние на 150 – 200 градусов. Температура литья составила 1380 °С, которая выбрана на основании практики литья и с целью снижения объема полной литейной усадки.

Скорость охлаждения сплавов при литье в землю составила 100 °С/минуту, при литье в металлическую изложницу 235 °С/минуту. Рафинирование сплавов не проводили, очистку поверхности расплава от шлаков проводили в течение 5-10 минут после снижения температуры расплава до температуры литья. Механические свойства сплавов определяли по ГОСТ 1497-84. Структур сплавов изучали на микроскопе марке сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) четвертого поколения TESCAN VEGA при увеличениях ×500, ×2000, ×5000.

Результаты исследования и их анализ. С целью сопоставительного анализа характеристик чугунов разных марок, предназначенных для изготовления детали «наковальня», была определена твердость готовой детали. Результаты испытаний на твердость HRC₃ приведены в табл. 2. При этом твердость по Роквеллу была определена на поверхности и сердцевине детали, поскольку ее габариты позволили предполагать наличие градиента скорости охлаждения по сечению детали в процессе кристаллизации.

Таблица 2. Относительная износостойкость и механические свойства хромистых чугунов (литье в земляные формы).

Марка чугуна	330X17Л	280X29НЛ
Твердость на поверхности в литом состоянии HRC ₃	57-62	46-47
Твердость в сердцевине в литом состоянии HRC ₃	47-48	40-41

Высокохромистый белый чугун марки 280X29НЛ по показателям твердости и износостойкости уступает сплаву 330X17Л. Однако с экономической точки зрения он также не является оптимальным выбором, так как стоимость сплава 280X29НЛ примерно в 1,5 раза выше, чем у 330X17Л, при этом эксплуатационные характеристики остаются ниже. В связи с этим для получения литых деталей с высокими механическими и эксплуатационными свойствами необходимо выбирать оптимальные режимы литья, а также научно обоснованно регулировать соотношение легирующих элементов в составе сплава.

Для термодинамического анализа использовалась база данных TCFE7 программы Thermo-Calc, обновлённая в мае 2018 года и являющаяся результатом более чем 30-летних исследований шведских учёных. Преимуществом версии TCFE7 по сравнению с предыдущими является её расширение за счёт включения 20 дополнительных элементов при минимальном содержании железа 50 %, что позволяет рассчитывать трёх- и четырёхкомпонентные диаграммы состояния. Важным отличием этой базы является также более высокая точность термодинамических данных и возможность моделирования фаз, образующихся при малых добавках ванадия (V), молибдена (Mo), титана (Ti), ниобия (Nb) и вольфрама (W).

На основании химического состава белого чугуна 280X29НЛ в программе Thermo-Calc была рассчитана диаграмма состояния четырёхкомпонентной системы Fe–2,6C–Cr–Ni при температуре 2000 °C. В ходе анализа установлено, что варьирование концентрации никеля и хрома приводит к формированию различных фаз в металлической основе и карбидных соединений. При содержании 1,2 % Ni и 16 % Cr структура сплава характеризуется металлической основой с остаточным графитом, ферритной и аустенитной фазами, а также карбидами типа M_3C_2 . В интервале 16–25 % Cr и более 1,1 % Ni в структуре формируются устойчивые аустенитные и ферритные фазы с карбидами M_3C_2 и M_7C_3 . Следует подчеркнуть, что при увеличении концентрации хрома до 26 % в металлической матрице сохраняются аустенит и феррит, при этом наблюдается полное образование карбида M_7C_3 (рис. 3).

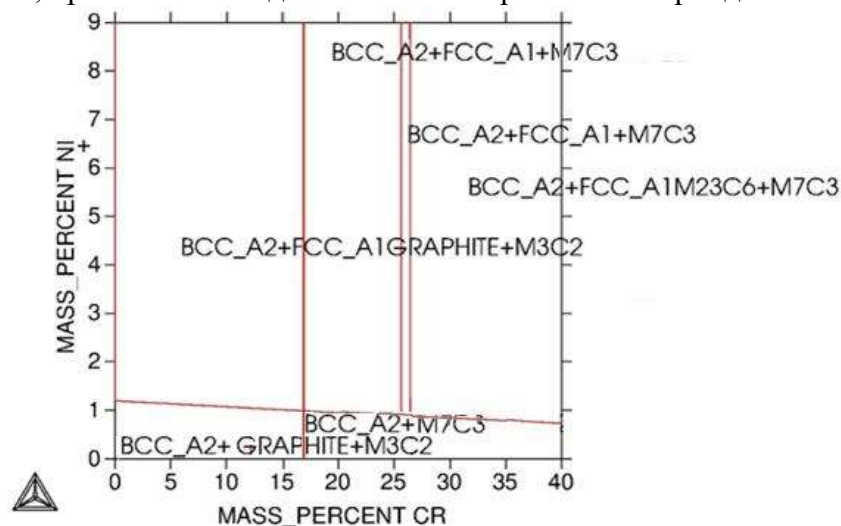


Рисунок 3. Диаграмма состояния Fe-2,6C-Cr-Ni. T-2000°C

При содержании хрома свыше 16 % и увеличении концентрации никеля до 1 % в структуре сплава наблюдается формирование ферритной металлической матрицы с полностью кристаллизованными карбидами типа M_7C_3 . Дальнейшее повышение содержания хрома до 26 % при сохранении никеля на уровне 1 % способствует образованию смешанной металлической основы (феррит + аустенит) с одновременным формированием карбидных фаз M_7C_3 и $M_{23}C_6$.

На основании химического состава белого чугуна марки 280X29НЛ была построена термодинамическая диаграмма состояния четырёхкомпонентной системы Fe–2,6C–Cr–Mn.

Согласно полученным данным, в структуре сплава формируется феррит как основная металлическая фаза, а также графит, не подвергшийся полному разложению. При содержании до 45 % хрома и до 9 % марганца фиксируется полное формирование металлической матрицы с карбидными соединениями типов M_3C_2 , M_7C_3 и $M_{23}C_6$. Следует отметить, что при увеличении концентрации марганца свыше 9 % в структуре сохраняются графитовые включения, свидетельствующие о неполном разложении сплава до металлической основы (рис. 4).

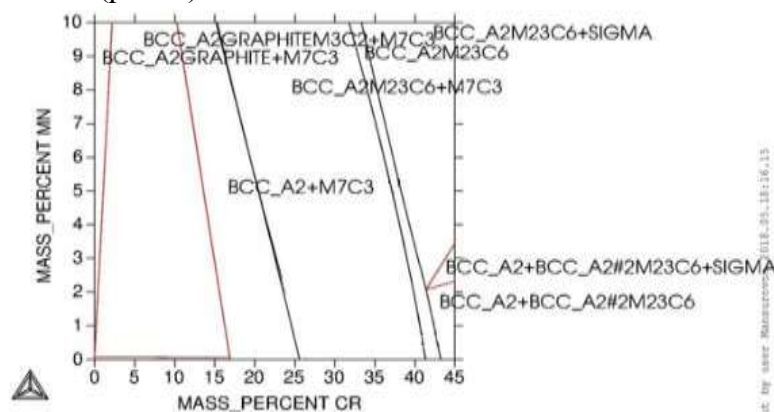


Рисунок 4. Диаграмма состояния $Fe-2,6C-Cr-Mn$. $T-2000^{\circ}C$

При содержании марганца на уровне 3–4 % в структуре сплава наблюдается полностью сформированная ферритная металлическая основа, а также устойчивые карбидные фазы типа M_7C_3 и $M_{23}C_6$. Особенно примечательно, что при пониженном содержании марганца (0,7–0,8 %) и высоком содержании хрома (16–45 %) структура сохраняет ферритный характер, при этом, несмотря на низкую концентрацию марганца, формируются устойчивые карбиды M_7C_3 .

Высокая концентрация марганца в белом чугунае оказывает отрицательное влияние на фазообразование: она способствует выделению графита и препятствует стабильному формированию карбидных фаз. В результате в структуре фиксируются участки частичного феррита, незрелые графитовые включения и хрупкие карбиды типа M_3C_2 , что сопровождается снижением механических свойств сплава. Согласно термодинамическому анализу системы $Fe-2,6C-Cr-Mn$ для чугуна ИЧ280Х29НЛ, оптимальное содержание марганца составляет 0,4–0,6 %, а минимально необходимое содержание хрома должно быть не менее 16,5 %.

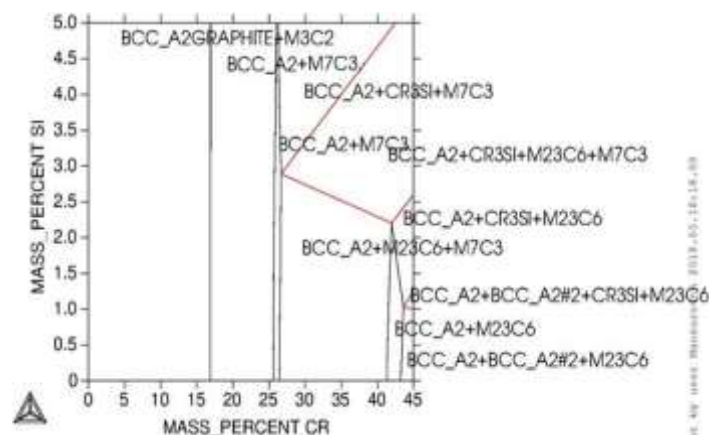


Рисунок 5. Диаграмма состояния $Fe-2,6C-Cr-Si$. $T-2000^{\circ}C$

На основании химического состава белого чугуна 280Х29НЛ с использованием программы Thermo-Calc построена фазовая диаграмма системы $Fe-2,6C-Cr-Si$. Анализ диаграммы показал, что фазовый состав существенно зависит от соотношения кремния и

хрома. Так, при содержании кремния выше 4,5 % структура сплава характеризуется ферритной металлической матрицей с остаточным графитом, не подвергшимся полному разложению. При увеличении концентрации хрома до 25–26 % графит полностью растворяется, а структура переходит в ферритную фазу (рис. 5).

Анализ диаграммы состояния системы Fe–2,6C–Cr–Si показал, что при определённых соотношениях кремния и хрома в структуре, помимо карбидных фаз M_3C_2 , M_7C_3 и $M_{23}C_6$, формируется интерметаллид Cr_3Si . Основным фактором его образования является повышенное содержание кремния (свыше 2,5–3 %) в сочетании с высоким содержанием хрома (более 26–27 %). Возникновение этой фазы связано с тем, что кремний неравномерно распределяется в металлической основе и при высоких концентрациях хрома взаимодействует с ним с образованием соединения Cr_3Si . Дополнительно установлено, что при содержании хрома выше 42 % образование Cr_3Si становится более интенсивным. Следует отметить, что данный карбид характеризуется низкой твёрдостью и хрупкостью и, в отличие от карбидов хрома, не способствует повышению прочностных характеристик сплава. В целом определено, что оптимальное содержание кремния в белом чугуна не должно превышать 1 %, что является достаточным для стабилизации металлической матрицы и предотвращения образования нежелательных фаз.

Диаграмма термодинамического состояния четырёхкомпонентной системы Fe–2,6C–Cr–Ti при температуре 2000 °C демонстрирует образование различных фаз в зависимости от концентрации титана и хрома. При содержании до 16 % Cr и до 10 % Ti в структуре фиксируются ферритные и аустенитные участки, а также остаточные графитовые включения; из карбидных фаз формируется преимущественно M_3C_2 . При увеличении содержания хрома до 16–26 % наблюдается полное растворение графита, металлическая основа становится ферритно-аустенитной, а в структуре формируются карбиды M_3C_2 (частично) и преимущественно M_7C_3 . При дальнейшем росте содержания хрома до 26–42 % металлическая основа сохраняет ферритно-аустенитный характер, но при этом в структуре полностью формируются карбиды M_7C_3 и $M_{23}C_6$. Только при содержании хрома более 42 % сплав характеризуется окончательным формированием карбидной фазы $M_{23}C_6$, что определяет специфику его структурного состояния (рис. 6).

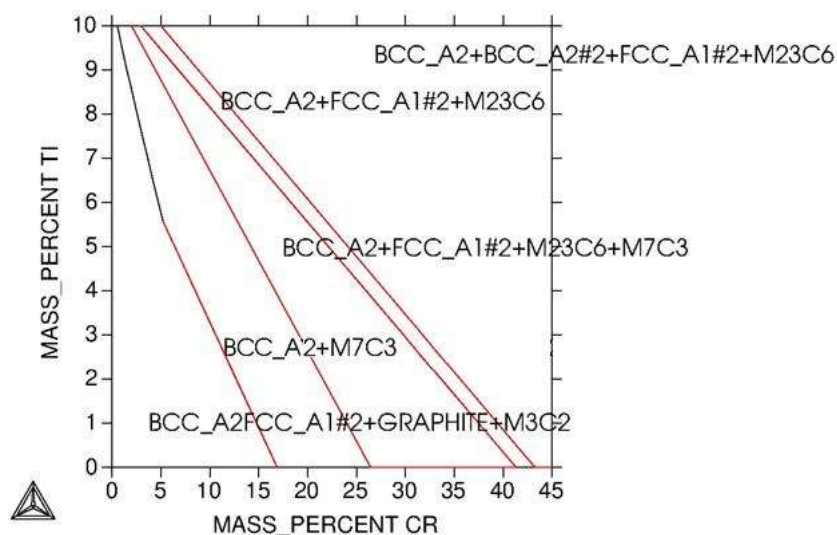


Рисунок 6. Диаграмма состояния Fe-2,6C-Cr-Ti. T-2000 °C

Из образовавшихся фаз на диаграмме видно, что титан в сплаве первоначально вызывает образование металлической основы сплава и мелкозернистость основного металла. После этого, в зависимости от количества прироста хрома, обеспечивает образование карбидов твердого типа.

В результате анализа термодинамических диаграмм состояния сплавов рассчитан химический состав марки 330X17Л из высокопрочного белого чугуна. В соответствии с ней было подобрано оптимальное количество молибдена для сохранения оптимального соотношения углерода и хрома в сплаве и образования в сплаве M_7C_3 и $M_{23}C_6$ карбидных фаз.

В результате анализа термодинамических диаграмм состояния двух-, трёх- и многокомпонентных систем, а также исследования микроструктуры сплавов были получены следующие основные выводы:

1. С использованием программного комплекса Thermo-Calc выполнен анализ термодинамических диаграмм состояния для двух-, трёх- и многокомпонентных систем. Проведено исследование фазового состава высокохромистых белых чугунов марок 280X29НЛ и 330X17Л. Установлено, что устойчивое формирование определённых фазовых составляющих может оказывать негативное влияние на долговечность литых деталей.

2. Изучено влияние легирующих элементов (Cr, Ni, Mo, Ti, W, V и др.) на фазообразование в белом чугуне. Рассмотрены закономерности изменения количества легирующих элементов и их роль в формировании карбидных фаз. Для оптимизации их содержания в сплаве применялись расчётные возможности программы Thermo-Calc.

3. Определены условия образования карбидных фаз в зависимости от химического состава белого чугуна. Проведён анализ механизмов увеличения их количества и способов пространственной ориентации карбидов в структуре сплава.

4. Осуществлён микроструктурный анализ белых чугунов марок 280X29НЛ и 330X17Л. Установлено, что морфология, дисперсность и количественное содержание карбидных фаз типов M_7C_3 и $M_{23}C_6$ играют ключевую роль в обеспечении механических и эксплуатационных характеристик сплавов.

Авторы выражают искреннюю признательность руководству Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (Москва, Российская Федерация) за предоставленную возможность использования высокоточного лабораторного оборудования и современных программных средств.

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. Kopyciński, D., Piasny, S. Influence of tungsten and titanium on the structure of chromium cast iron // *Archives of Foundry Engineering*. 2012, No 12(1), - P 57-60.
6. U. Pranav, M. Agustina, F. Mücklich. A Comparative Study on the Influence of Chromium on the Phase Fraction and Elemental Distribution in As-Cast High Chromium Cast Irons: Simulation vs. Experimentation. // *Metals*. 2020, No 12, - P 4-17.
7. Ponomareva A.V., Ruban A.V., Mukhamedov B.O., Abrikosov I.A. Effect of multicomponent alloying with Ni, Mn and Mo on phase stability of bcc Fe–Cr alloys // *Acta Materialia*. 2018. Vol. 150. - P. 117–129.
8. Mukhamedov B. O., Ponomareva A. V., Abrikosov I. A. Spinodal decomposition in ternary Fe–Cr–Co-system // *Journal Alloys Compd*. 2017. Vol. 695. P. 250–256.

9. Ali K., Ghosh P. S., Arya A. A DFT study of structural, elastic and lattice dynamical properties of Fe₂Zr and FeZr₂ intermetallics // Journal Alloys Compd. 2017. Vol. 723. - P. 611–619.
10. Konar B., Kim J., Jung I. Critical Systematic Evaluation and Thermodynamic Optimization of the Fe-RE System: RE = La, Ce, Pr, Nd // Journal Phase Equilibria and Diffusion. 2016. Vol. 37, Iss. 4. - P. 438–458.
11. Kolokoltsev V. M., Petrochenko E. V., Molochkova O. S. Influence of boron modification and cooling conditions during solidification on structural and phase state of heat- and wear-resistant white cast iron // CIS Iron and Steel Review. 2018. Vol. 15. - P. 11–15.
12. 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.
13. Abrikosov I. A., Ponomareva A. V., Steneteg P., Barannikova S. A., Alling B. Recent progress in simulations of the paramagnetic state of magnetic materials // Current Opinion Solid State Materials Science. 2016. Vol. 20. - P. 85–106.
14. Ahmad J. K. Melting of a new carbon –free waxed sponge iron in Electric Arc Furnace (EAF) for steelmaking // International Journal of Materials Science and Applications. 2015. Vol. 4. No. 1-2. - P. 1–6
15. Shamelkhanova N. A., Uskenbayeva A. M., Volochko A. T., Korolyov S. P. The Study of the Role of Fullerene Black Additive During the Modification of Ductile Cast Iron // Materials Science Forum. Switzerland. 2017. Vol. 891. - P. 235–241.

Ахмедов Хасан Исламович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Навоийского государственного университета горного дела и технологий. Тел.: +998 97-228-37-57 (моб.) E-mail: kh_akhmedov@mail.ru

IKKI ROTORLI SHAMOL TURBINASINI MATLAB/SIMULINK TIZIMIDA MODELLASHTIRISH VA OPTIMAL PARAMETRLARINI ANIQLASH

Sayfiddinov Q.E.

Buxoro davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Maqolada quvvati 20,5 kW bo'lgan gorizontal o'qli shamol energetik qurilmasi o'zgaruvchan shamol oqimlarida va parraklarining turli orilish burchaklarida energetik ko'rsatgichlarini aniqlash imkonini beradigan modellashtirish blok-sxemasi Matlab/Simulink tizimida ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra shamol tezligi o'zgarish diapozoni 3...12 m/s, parraklarning o'rnatilish burchaklar oralig'i 0°...10° bo'lganda rotor aylanish tezligi 7...25 rad/s, turbina mexanik momenti 45,71...821 Nm va turbina mexanik quvvati 0,32...20,6 kW ga teng bo'lishi aniqlangan. Shamol turbinasi parraklari 0° burchak ostida o'rnatilgan parraklarning tez aylanuvchanlik koeffitsienti optimal 8,1 ga teng bo'lishi asoslangan.

Kalit so'zlar: gorizontal o'qli shamol turbinasi, shamol tezligi, shamol energiyasidan foydalanish koeffitsienti, mexanik quvvat va moment, Matlab/Simulink, modellashtirish.

MODELING A DUAL-ROTOR WIND TURBINE IN MATLAB/SIMULINK AND DETERMINING ITS OPTIMAL PARAMETERS

Sayfiddinov Q. E.

Bukhara State Technical University.

Annotation. In this paper, a modeling block diagram of a horizontal-axis wind energy system with a capacity of 20.5 kW has been developed in MATLAB/Simulink. The model allows for the analysis of energy performance under varying wind flows and different blade pitch angles. According to the research results, when the wind speed varies between 3–12 m/s and the blade pitch angle ranges from 0° to 10°, the rotor speed is between 7–25 rad/s, the turbine torque is 45.71–821 Nm, and the mechanical power of the turbine reaches 0.32–20.6 kW. It has been substantiated that the optimal tip speed ratio is 8.1 when the turbine blades are set at a 0° pitch angle.

Keywords: horizontal-axis wind turbine, wind speed, wind energy utilization coefficient, mechanical power and torque, MATLAB/Simulink, modeling.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ,
ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ
БУХОРО ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**Бухоро давлат техника университети нашри
“ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ”**

Илмий-техникавий журнал

2025 йил, 6-сон. ISSN 1281-8193

Журнал таҳририят компютерида саҳифаланди.

Манзил: 200117, Бухоро ш., Қ.Муртазоев кўчаси 15.

Тел: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Издатель: Бухарский государственный технический университет

«РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Научно-технический журнал

Выпуск 6, 2025. ISSN 1281-8193

Отредактирована на компьютере 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

Issue 6, 2025. 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>