

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.03.04 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

KARIMOVA ANORGUL RUZIMOVNA

**DIAMETRI 50 MM BO‘LGAN ZOLDIRLARNI PROKATLASH UCHUN
MO‘LJALLANGAN STANNING YO‘NALTIRUVCHI LINEYKASINI
ISHLAB CHIQISH, PARAMETRLARINI ASOSLASH ORQALI UNING
ISH UNUMDORLIGINI OSHIRISH**

05.02.02 – Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi. Mashinashunoslik va mashina detallari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

TOSHKENT – 2025

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническом наукам**

**Contents of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)
on Technical Sciences**

Karimova Anorgul Ruzimovna

Diametri 50 mm bo‘lgan zoldirlarni prokatslash uchun mo‘ljallangan stanning yo‘naltiruvchi lineykasini ishlab chiqish, parametrlarini asoslash orqali uning ish unumdorligini oshirish.....5

Каримова Аноргул Рuzимовна

Разработка направляющей линейки стана, предназначенного для прокатки шаров диаметром 50 мм, повышение производительности за счет обоснования её параметров.....19

Karimova Anorgul Ruzimovna

Development of the linear guide of the ball rolling mill designed for rolling steel grinding balls with a diameter of 50 mm, improvement of its productivity by substantiating its parameters.....35

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....39

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.03.04 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

KARIMOVA ANORGUL RUZIMOVNA

**DIAMETRI 50 MM BO‘LGAN ZOLDIRLARNI PROKATLASH UCHUN
MO‘LJALLANGAN STANNING YO‘NALTIRUVCHI LINEYKASINI
ISHLAB CHIQISH, PARAMETRLARINI ASOSLASH ORQALI UNING
ISH UNUMDORLIGINI OSHIRISH**

05.02.02 – Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi. Mashinashunoslik va mashina detallari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida № B2024.3.PhD/T4884 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.tdtu.uz) va «ZiyoNET» Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Shaxobutdinov Rustam Erkinbayevich texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Rasmiy opponenlar:	Alimuxamedov Shavkat Pirmuxamedovich texnika fanlari doktori, professor Abdulkarimov Abdusalom texnika fanlari nomzodi, dotsent
Yetakchi tashkilot:	Namangan davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/30.12.2019.T.03.04 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «05» sentyabr soat 11⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100095, Toshkent sh., Universitet ko'chasi, 2-uy. Tel./faks: (99871) 246-46-00/227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat texnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100095, Toshkent sh., Universitet ko'chasi, 2-uy. Tel.: (99871) 246-03-41).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 йил «_____» _____ kuni tarqatildi.
(2025 yil «_____» _____ dagi _____ raqamli reyestr bayonnomasi).

K.A. Karimov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

Sh.B. Tashbulatov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari doktori (DSc)

A.A. Muxitdinov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi
texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dozarbligi va zarurati. Jahonda ruda va ma'danlarni maydalash uchun ishlatiladigan zoldirlarni ishlab chiqarishda ularning yeyilishbardoshlilikini oshirish va zoldirlarni prokatlashda qo'llaniladigan prokatlash valoklarining va zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineyklarining ish unumdorligini oshirish hamda resurstejamkor texnologiyalarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shuningdek, turli diametrdagi zoldirlarni prokatlashda ish unumdorligini oshirish maqsadida, ko'p kirimli vintli kalibrli prokatlash valoklarini kesuvchi kulachoklarni tayyorlash va yo'naltiruvchi lineyklar ishchi qismining konstruksiyasini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bu borada dunyoning bir qator mamlakatlarida zoldirlarni prokatlash usuli bilan ishlab chiqarish masalalariga alohida e'tibor berilmoqda. Jumladan, AQSh, Germaniya, Fransiya, Italiya, Hindiston, Rossiya va Ukraina davlatlarida zoldirlarni prokatlash usuli bilan ishlab chiqarishda qo'llaniladigan ko'p kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini tayyorlash va ularga mos bo'lgan yo'naltiruvchi lineyklarining ishchi qismini ishlab chiqish bo'yicha takomillashtirish ishlari amalga oshirilib, ularni ishlab chiqarishda energiya va resurstejamkor texnologiyalarni yaratish bo'yicha keng ko'lamda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Jahonda zamonaviy mashinasozlik sanoatini takomillashtirish va rivojlantirish bo'yicha, ishlab chiqarishning barcha sohalari uchun tabiiy resurslardan oqilona va samarali foydalangan holda zamonaviy hamda tejamkor texnika va texnologiyalarni yaratish hamda ularni ishlab chiqarishda qo'llash, dolzarb ilmiy-amaliy masalalarni yechish va shu bilan bir qatorda fundamental ilmiy-tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, zoldirlarni prokatlash usuli bilan ishlab chiqarishda energiya va resurstejamkorligini ta'minlaydigan texnologiyalarni qo'llash muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu bilan birga, zoldirlarni prokatlashda qo'llaniladigan zoldir prokatlash stanidagi alohida maxsus ishchi zvenolarining ish unumdorligini oshirish uchun ularni loyihalash va matematik modellarini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor yo'nalishlardan hisoblanmoqda. Shuningdek, energiya va resurstejamkor texnika va texnologiyalardan samarali foydalangan holda ularning nazariy asoslarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Respublikamizda ruda va ma'dan konlari mahsulotlarini maydalash va qayta ishlash uchun qo'llaniladigan maydalovchi po'lat zoldirlarni ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. Bu borada Respublikamizda sanoatni modernizatsiya qilish orqali raqobatbardoshlik, energiya tejash, ekologiya kabi ko'rsatkichlarni inobatga olgan holda, uskunalari va texnologiyalar samaradorligini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Shu nuqtai nazardan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi Farmonida "... milliy iqtisodiyotni jadal rivojlantirish va yuqori

o'sish sur'atlarini ta'minlash"¹ bo'yicha vazifalar belgilangan. Yangi texnologiyalarni ishlab chiqish va joriy etish, shuningdek, mavjudlarining ish unumdorligini oshirish muhim vazifalardan ekanligini inobatga olgan holda, maydalovchi po'lat zoldirlarni ishlab chiqarishda foydalaniladigan ko'p kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini loyihalash va zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineyklarining yangi konstruksiyalarini ishlab chiqishga doir masalalarni o'rganish va uning nazariy usullarini ishlab chiqish bo'yicha keng ko'lamdagi ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 27-apreldagi PQ-3682-son "Innovatsion g'oyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliy joriy qilish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori, 2022-yil 6-iyuldagi PQ-307-son "2022-2026 yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo'yicha tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarori, 2023-yil 16-fevraldagi PQ-57-son "2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublikada fan va texnikani rivojlantirishning ustuvor yo'nalishi II. "Energetika, energiya va resurstejamkorligi" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasining barcha sohalarini qamrab olgan nufuzli xalqaro ilmiy tashkilot IFToMM qarorlarida bir qator dolzarb ilmiy yo'nalishlar ko'rsatilgan bo'lib, mashina va mexanizmlar nazariyasining dolzarb masalalarini tadqiq etishga doir bir qator ilmiy yo'nalishlarda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Zamonaviy mashinasozlik sohasi oldida turgan asosiy muammolardan biri, ilmiy izlanishlar bilan shug'ullanuvchi olimlar bilan muhandislarning sa'y-harakatlari va izlanishlarini birlashtirishni taqozo qiladi. Bu esa o'z navbatida, texnik tizimlarning ishonchliligini ta'minlash masalalari bo'yicha jiddiy va muhim vazifalarni amalga oshirish bilan birgalikda, mexanizmlar va mashinalarning yuqori texnologiyalar darajasida ishlashi uchun zarur bo'lgan talablarning kuchayishi zaruriyati bilan bog'liq. Bunday vaziyatda yuzaga keladigan ilmiy-texnik muammolar dinamik jarayonlarning xususiyatlarini batafsil o'rganishni, mavjud muammolarning to'g'ri baholanishi metodologik asoslarini ishlab chiqishni va muammolarni hal qilishning nazariy asoslarini yaratishni talab qiladi.

Dunyo olimlari tomonidan prokatlash jarayoniga doir muammolarni o'rganish bo'yicha bir qator ilmiy-tadqiqotlar olib borilgan. A.I. Selikov, S.P. Granovskiy, A.A. Gromov, V.I. Yefanov, M.V. Barbarich, M.V. Vasilchikov, A.A. Korolyov, Ye.A. Jukevich-Stosha va boshqa olimlar turli dinamik va texnologik omillarni inobatga olgan holda har xil o'lchamlardagi mahsulotlarni turli prokatlash uslublarini qo'llagan holda ishlab chiqarish uchun bir qator ilmiy izlanishlar olib

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi Farmoni

borishgan. Muammolarni hal qilishda prokatlash stanidagi mexanizmlarning kinematikasi va dinamikasini modellashtirish bo'yicha masalalarni yechishgan va loyihalash usullarini ishlab chiqishgan. A.I. Selikov, Pater Zbigniew va V.Yu. Rubsovlarning ilmiy ishlarida prokatlash jarayonida qo'llaniladigan lineykalarning haqida umumiy ma'lumotlar keltirilgan.

Respublikamizda mexanizmlar va mashinalar nazariyasi rivojiga hissa qo'shish maqsadida juda ko'plab olimlar tomonidan mexanizmlar va mashinalar nazariyasining dolzarb va muhim masalalariga doir nazariy va amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega bo'lgan ilmiy izlanishlar olib borilgan. Jumladan, akademik X.X. Usmonxo'jayev, Sh.U. Rahmatqoriyev, A.A. Rizayev, Sh.P. Alimuxamedov, K.A. Karimov, R.I. Karimov, A.J. Jo'rayev va boshqa olimlar tomonidan mexanizmlar va mashinalar nazariyasining dolzarb va muhim masalalari bo'yicha turli ilmiy muammolarni yechishda juda katta yutuqlarga erishilgan. R.I. Karimov va R.E. Shaxobutdinovlar tomonidan prokatlashda qo'llaniladigan kulachoklarning turli yuklanishlardagi harakatining modellari ishlab chiqilgan hamda nazariy va ilmiy-amaliy tadqiqot ishlari olib borilgan. F.S. Abdullayev sovuqlayin shtamlash texnologik jarayonlarining energiya quvvati parametrlarini hisoblash usullarini ishlab chiqish bo'yicha va R.Mixridinov maxsus yarim tayyor mahsulotlarni vakuumda prokatlash jarayonini tadqiq etish, ishlab chiqish va joriy etish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borgan.

Zoldir prokatlash stanining muhim elementlaridan hisoblangan prokatlash valoklari va yo'naltiruvchi lineykalari haqidagi nazariy ma'lumotlar ochiq ilmiy manbalarda yetarli darajada ko'rib chiqilmagan. Bunda, muammoni ilmiy nuqtai nazardan tahlil etishda uning nazariy asoslarini ishlab chiqish va yechimlarini aniqlash bilan birga, amaliy sinov tajribalarini o'tkazish orqali tahlil qilish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Yo'naltiruvchi lineykalarni o'rganish masalasi prokatlash valoklarini o'rganib chiqmasdan amalda mumkin emas. Shu sababli, yo'naltiruvchi lineykalarning bo'yicha mavjud kamchiliklarni aniqlash va uning umrboqiyiligi muammolarini hal qilish juda muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejaları bilan bog'liqligi.

Ushbu dissertatsiya ishi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 6-iyuldagi PQ-307-sonli "2022-2026 yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo'yicha tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarorining ijrosini ta'minlashga hissa qo'shish maqsadida, Toshkent davlat texnika universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi asosida "O'zmetkombinat" AJ dagi mo'ljallangan loyihalardan biri bo'lgan "Yangi uslub – olti kirimli vintli kalibrlarni qo'llagan holda 7524-2015 DSt bo'yicha Ø50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni ZPS 80-120 stanida ishlab chiqarishni o'zlashtirish" ("O'zmetkombinat" AJ, 2022-2024 y.) mavzusidagi 6773-01/03-02-02/2022 raqamli xo'jalik shartnomasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlashda ish unumdorligini oshirish uchun zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining parametrlarini nazariy jihatdan asoslash, uning ishchi qismi konstruksiyasini ishlab chiqish hamda hisoblash usullarini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilardan iborat:

- ko‘ndalang vintli prokatlash usuli yordamida davriy profillarni olish texnologiyasi bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini tahlil qilish;
- diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarish uchun olti kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklari kalibrovkasini ishlab chiqish va valoklarni kesishda profili nazariy asoslangan kulachoklarni tayyorlash;
- zoldir prokatlash stani yo‘naltiruvchi lineykalari parametrlarini nazariy jihatdan asoslash uchun analitik bog‘lanishlarni ishlab chiqish va uning ish unumdorligini oshirish omillarini aniqlash;
- diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarish uchun tajriba tadqiqot ishlarini olib borish.

Tadqiqotning obyekti sifatida prokatlash jarayonida qo‘llaniladigan zoldir prokatlash stani yo‘naltiruvchi lineykalari qabul qilingan.

Tadqiqotning predmeti xomashyoning prokatlash o‘qi bo‘yicha harakatini ta‘minlaydigan yo‘naltiruvchi lineykalarni sintez qilishdan iborat.

Tadqiqot usullari. Tadqiqot ishidagi masalalarni yechishda, nazariy va amaliy mexanika, mexanizmlar va mashinalar nazariyasi, ariqchalarining markazlari siljigan olti kirimli vintli kalibrli valoklarni kalibrovkalash texnologiyasi usullaridan foydalanilgan. Shuningdek, sonli hisoblashlarni bajarishda EHMning samarali usullaridan ham keng foydalanilgan. Amaliy natijalarni olish uchun *MathCAD* va *KOMPAS* dasturlaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

- zoldir prokatlash valoklari kalibrovkasini tavsiflovchi analitik ifodalar valokning kirimlari soni, burilish burchagi va chegaraviy uzunligiga bog‘liq holda ishlab chiqilgan;
- diametri 50 mm bo‘lgan zoldirlarni prokatlovchi olti kirimli vintli kalibrli valoklarni tayyorlash uchun qo‘llaniladigan profili nazariy asoslangan kulachoklarning matematik modellari ishlab chiqilgan;
- ZPS 80-120 stanida diametri 50 mm bo‘lgan zoldirlarni prokatlash maqsadida, yo‘naltiruvchi lineykalarning asosiy geometrik parametrlarini tavsiflovchi analitik ifodalar ishlab chiqilgan;
- zoldir prokatlash stani yo‘naltiruvchi lineykalarni mustahkamlikka hisoblash maqsadida, yo‘naltiruvchi lineykalarga ta‘sir etuvchi kuchlarni ko‘rsatib beruvchi analitik ifodalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

- diametri 50 mm bo‘lgan zoldirlarni ishlab chiqarish maqsadida, olti kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini qirqishda qo‘llaniladigan kulachoklar tayyorlangan va amaliy tadqiqotlarda foydalanilgan;
- 7524-2015 DSt bo‘yicha diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni prokatlash uchun olti kirimli vintli kalibrli prokatlash valoklari tayyorlangan va amaliy tadqiqotlarda foydalanilgan;
- diametri 50 mm bo‘lgan zoldirlarni prokatlash maqsadida, yo‘naltiruvchi lineykalarni tayyorlangan va amaliy tadqiqotlarda foydalanilgan;

– zoldir prokatlash stani yo‘naltiruvchi lineykasining yangi konstruksiyasini ishlab chiqish bo‘yicha texnik yechimlar olingan va amaliyotda qo‘llash bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarning ishonchliligi ishlab chiqarishga joriy etish va tajriba tadqiqotlari natijasida olingan mahsulotlarning mavjud analoglar bilan solishtirish orqali statistik ishlov berish, natijalarni haqiqiy iqtisodiy samara beruvchi ishlab chiqarishga joriy etish ma‘lumotlariga asoslanadi. Shuningdek, muhim va zaruriy shartlar asosida masalaning asosli va aniq qo‘yilishi, kompyuter hisoblash dasturlari yordamida olingan natijalarning tahlili va olingan natijalarning boshqa mualliflar ishlari natijalariga taqqoslagan holda mos kelganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati, zoldir prokatlash stani yo‘naltiruvchi lineyklarining parametrlarini hisoblash nazariyasini ishlab chiqish, yo‘naltiruvchi lineykalarga ta‘sir etuvchi kuchlarni aniqlash va ularni mustahkamlikka hisoblashni ilmiy asoslashdan iborat.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ariqchalarining markazlari siljigan olti kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini ishlab chiqarish texnologiyasining amaliyotga joriy etilishi hamda zoldir prokatlash stani yo‘naltiruvchi lineykasini ishlab chiqishdagi iqtisodiy samaradorligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. 7524-2015 DSt bo‘yicha issiqlayin prokatlangan diametri 50 mm po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarishda ish unumdorligini oshirishga yo‘naltirilgan diametri 50 mm bo‘lgan zoldirlarni prokatlash uchun mo‘ljallangan stanning yo‘naltiruvchi lineykasini ishlab chiqish, parametrlarini asoslash orqali uning ish unumdorligini oshirish bo‘yicha nazariy va tajribaviy tadqiqotlar asosida:

– olti kirimli zoldir prokatlash valoklarini kesish uchun mo‘ljallangan kulachoklarni tayyorlash texnologiyasi “O‘zmetkombinat” AJ ga joriy etilgan (“O‘zmetkombinat” aksiyadorlik jamiyatining 13-sentyabr 2024-yildagi 01/03-01/282 - son ma‘lumotnomasi). Texnologiyaning qo‘llanilishi natijasida kulachoklarni tayyorlash tannarxi 1,3-1,4 barabarga kamaygan;

– diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarish uchun zoldir prokatlash stanining yo‘naltiruvchi lineyklarini tayyorlash texnologiyasi “O‘zmetkombinat” AJ ga joriy etilgan (“O‘zmetkombinat” aksiyadorlik jamiyatining 13-sentyabr 2024-yildagi 01/03-01/282 - son ma‘lumotnomasi) Texnologiyaning qo‘llanilishi natijasida yo‘naltiruvchi lineykalarni tayyorlash tannarxi 1,2-1,3 barobarga kamaygan;

– olti kirimli zoldir prokatlash valoklarini tayyorlash texnologiyasi “O‘zmetkombinat” AJ ga joriy etilgan (“O‘zmetkombinat” aksiyadorlik jamiyatining 13-sentyabr 2024-yildagi 01/03-01/282 - son ma‘lumotnomasi). Texnologiyaning qo‘llanilishi natijasida diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarish unumdorligi 15-20 foizga ortgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiyaning tadqiqot natijalari 18 ta ishlar jumladan, 16 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida

muhokamadan o'tkazilgan. Shuningdek, 2025-yil 17-iyunda Xitoy Xalq Respublikasining Xarbin shahrida o'tkazilgan Xitoy, O'zbekiston, Qozog'iston, Qirg'iziston va Tojikiston davlatlari texnika universitetlari olimlari ishtirokidagi "ShHT ning muhandislik iste'dodlarini almashish va rivojlantirish mexanizmini ishlab chiqish" mavzusidagi xalqaro konferensiyada keng yoritilgan holda ma'ruza qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 25 ta ilmiy ish chop etilgan. O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta maqola, jumladan, 5 tasi Respublika va 1 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan. O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi tomonidan 1 ta ixtiroga patent berilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.

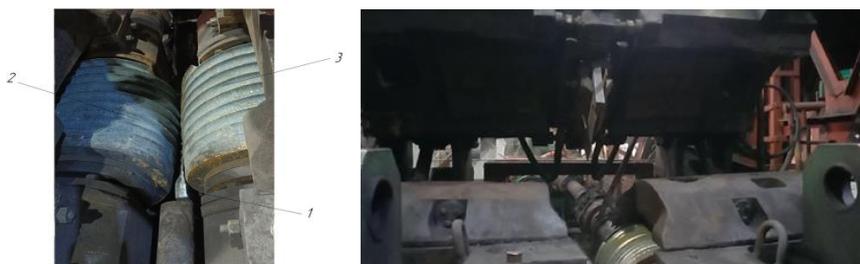
Dissertatsiyaning tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil qiladi.

Dissertatsiya ishining ilmiy jihatlarini yoritishda menga ko'rsatgan yordamlari uchun Ustozim t.f.d., prof. K.A. Karimovga o'z minnatdorligimni bildiraman.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqot ishining maqsadi va vazifalari keltirilgan, tadqiqot obyekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining joriy qilinganligi, nashr qilingan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Maxsus prokatlash stanlari va ularda qo'llaniladigan lineykalarning tahlili**" deb nomlangan birinchi bobida ko'ndalang vintli prokatlash usuli yordamida davriy profillarni olish texnologiyasi, prokatlash stani lineykalari va maxsus prokatlash stanlarida qo'llaniladigan yo'naltiruvchi lineyklar bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari tahlil qilingan. Prokatlash staniga o'rnatiladigan lineykalarning maqsadi va vazifalariga ko'ra, ularga umumiy tavsiflar berilgan (1-rasm). Shuningdek, o'qqa nisbatan simmetrik bo'lgan kichik o'lchamdagi detallarni issiqlayin prokatlash usuli orqali ishlab chiqarish jarayonida qo'llaniladigan prokatlash valoklari va lineyklar tahlil qilingan.



1 – quyi yo'naltiruvchi lineyka, 2 – o'ng valok, 3 – chap valok
1-rasm. Quyi va yuqori yo'naltiruvchi lineykalarni o'rnatish jarayoni

Maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarishda ularga bo‘lgan ehtiyojlardan kelib chiqqan holda, prokatlash staning ish unumdorligini oshirishning eng qulay usuli sifatida, ko‘p kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini tayyorlash va ularga mos bo‘lgan yo‘naltiruvchi lineykalarning ishchi qismi konstruksiyalarini ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

Yuqori va quyi yo‘naltiruvchi lineyklar zoldir prokatlash staniga o‘rnatilishi jarayonida ahamiyat berilishi lozim bo‘lgan muhim shartlardan biri bu ularning prokatlash o‘qiga nisbatan o‘zaro simmetrik joylashishi va ishchi yuzalari parallelligining ta‘minlanishi hisoblanadi. Simmetrik joylashish shartiga asosan, yuqori va quyi yo‘naltiruvchi lineyklar prokatlash o‘qiga nisbatan o‘zaro qarama-qarshi joylashgan bo‘lishi lozim. Ushbu shartlarni inobatga olgan holda, zoldir prokatlash stanlarida qo‘llaniladigan yo‘naltiruvchi lineyklar o‘rganildi va ularning ish unumdorligini oshirish maqsadida, hozirgi kunda mavjud bo‘lgan konstruksiyalardagi kamchiliklarni aniqlash hamda ularni bartaraf etish omillari aniqlandi.

Dissertatsiyaning **“Diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarishda ish unumdorligini oshirish”** deb nomlangan ikkinchi bobida ZPS 80-120 stanida 7524-2015 DSt bo‘yicha diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni prokatlash maqsadida, ariqchalarining markazlari siljigan olti kirimli vintli kalibrli prokatlash valoklarini kalibrlash texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Ariqchalarining markazlari siljigan vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklari tayyorlash uchun maxsus nusxa ko‘chirish moslamasi bilan ta‘minlangan tokarlik vint qirqish dastgohidan foydalaniladi. Bunda, zoldir prokatlash valoklarini loyihalashda kalibrovka hisobi amalga oshiriladi. Kalibrovka hisoblash natijalari zoldirlarning asosiy parametrlariga qo‘yilgan 7524-2015 DSt mos bo‘lishini inobatga olish zarur.

Ushbu tadqiqot ishida diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni issiqlayin prokatlash usuli orqali ishlab chiqarish maqsadida, zoldir prokatlash stani valoklarining kalibrovka hisobi amalga oshirildi. Bunda prokatlash valoklarining asosiy parametrlarini analitik ifodalar orqali aniqlandi.

Hisoblash ishlarini amalga oshirish uchun quyidagi parametrlar berilgan:
 $D_{kalibr} = 52,3\text{ mm}$ – kalibrning diametri, $R_{kalibr} = \frac{D_{kalibr}}{2} = 26,15\text{ mm}$ – kalibrning radiusi,
 $n = 6$ – vintli kalibr ariqchalarining kirimlari soni.

Metallning issiqlikdan kengayish koeffitsiyentini hisobga olgan holda zoldirning dastlabki diametri aniqlanadi:

$$D_{z.d} = \frac{D_{kalibr}}{\eta_{\tau}} = \frac{52,3}{1,013} = 51,6288\text{ mm}, \quad (1)$$

bunda $\eta_{\tau} = 1,013$ – prokatlash vaqtida metallning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti.

Zoldir o‘lchamining radial o‘sish koeffitsiyentini inobatga olgan holda xomashyoning dastlabki diametri aniqlanadi:

$$D_{xomashyo} = \frac{D_{z.d}}{\eta_0} = \frac{51,6288}{1,03} = 50,1251\text{ mm}, \quad (2)$$

bunda $\eta_0 = 1,03$ – prokatlash vaqtida zoldir o‘lchamining radial o‘shish koeffitsiyenti.

Olti kirimli vintli kalibrli prokatlash valoklarini qirqishni amalga oshiradigan dastgoh qadamining qiymatini quyidagi ifodaga muvofiq aniqlanadi:

$$T_{dastgoh} = 2T_M \cdot \frac{z_2}{z_1} = 2 \cdot 80 \cdot \frac{100}{53} = 301,887 \text{ mm/ayl}, \quad (3)$$

bunda $T_M = 80 \text{ mm/ayl}$ – dastgohning metrik qadami, $z_1 = 53$, $z_2 = 100$ – dastgoh gitarasining almashtiriladigan tishli g‘ildiraklarining tishlari soni.

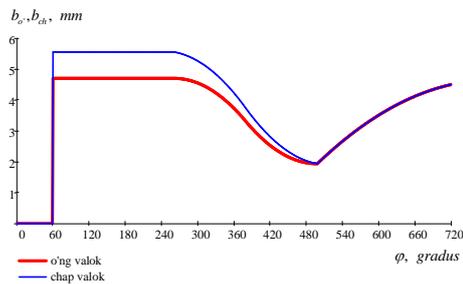
Vintli kalibrning umumiy uzunligini aniqlashda vint chizig‘ini shartli ravishda graduslarda o‘lchaymiz.

Zoldir prokatlash valogi vintli kalibrning umumiy uzunligi quyidagicha aniqlanadi:

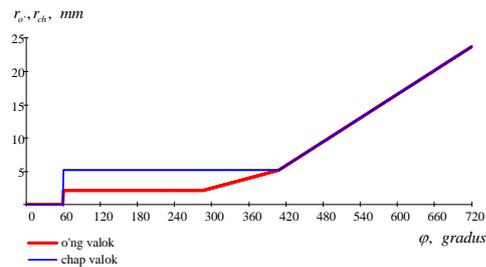
$$\varphi_{um.} = \frac{\pi \cdot l_{dastgoh}}{T_{dastgoh}} = \frac{360^\circ \cdot 690}{301,887} \approx 823^\circ, \quad (4)$$

bunda $l_{dastgoh} = 690 \text{ mm}$ – RT117 dastgohi uchun o‘zgaruvchan qadamga ega vintli detallarni qirqish uchun qurilmadagi kulachokning bir marta to‘liq aylanishi uchun mos keladigan kesuvchi asbobning yurish uzunligi.

Yuqorida berilgan parametrlardan foydalanib, ariqchalarining markazlari siljigan olti kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarining asosiy parametrlarining o‘zgarish qonuniyatlari aniqlandi (2-3-rasmlar).



2-rasm. Prokatlash valogi rebordasi qalinligining o‘zgarishi

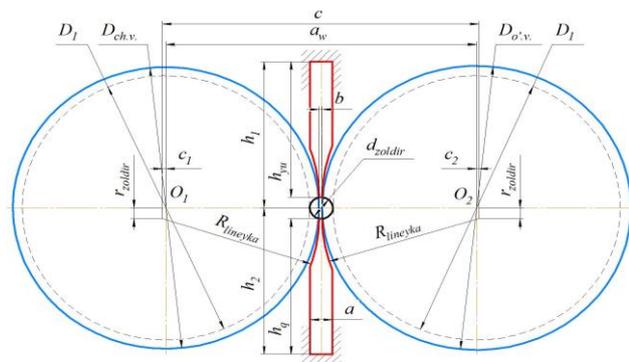


3-rasm. Prokatlash o‘qidan valok rebordalarigacha bo‘lgan masofaning o‘zgarishi

Bajarilgan hisoblash ishlari orqali ZPS 80-120 stanida diametri 50 mm bo‘lgan maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarish uchun olti kirimli vintli kalibrli prokatlash valoklarining ishchi chizmasi hosil qilindi.

Zoldir prokatlash valogining o‘zgaruvchan qadamga ega vintli kalibrini kulachokli mexanizm o‘rnatilgan maxsus nusxa ko‘chirish qurilmasi bilan ta‘minlangan tokarlik vint qirqish dastgohida amalga oshirildi.

Vintli kalibr har bir turdagi prokatlanayotgan mahsulot uchun o‘ziga xos xususiyatlarga ega ekanligini



4-rasm. Prokatlash valoklari bilan yo‘naltiruvchi lineyklar orasidagi bog‘lanish sxemasi

inobatga olgan holda, ZPS 80-120 stanida 7524-2015 DSt bo'yicha diametri 50 mm bo'lgan zoldirlarni prokatlovchi olti kirimli valoklarini tayyorlashda qo'llaniladigan profili nazariy asoslangan kulachoklarni loyihalash texnologiyasi ishlab chiqildi.

Dissertatsiyaning “Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining ish unumdorligini oshirish va uning yangi konstruksiyasini ishlab chiqish” deb nomlangan uchinchi bobida zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineyklarini loyihalash maqsadida, uning asosiy geometrik parametrlari nazariy jihatdan asoslangan va olingan natijalar tahlil qilingan. Qo'yilgan masalaning yechimlari asosida zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining yangi turdagi konstruksiyasini ishlab chiqish imkoniyatlari yaratilgan.

Yo'naltiruvchi lineyklar zoldir prokatlash stanining alohida maxsus zvenolaridan biri bo'lib, prokatlanayotgan xomashyo ishchi qismining harakatini prokatlash o'qi bo'ylab amalga oshirishini ta'minlash va uni prokatlash o'qida saqlab qolish uchun xizmat qiladi

Prokatlanayotgan zoldirning diametriga bog'liq ravishda, zoldir prokatlash stanlari uchun h_1 va h_2

konstruktiv o'lchamlar bir-biridan farq qiladi (4-rasm). Quyi va yuqori yo'naltiruvchi lineyklarining asosiy geometrik parametrlarini aniqlash maqsadida, 5-rasmida keltirilgan yo'naltiruvchi lineyklarining asosiy geometrik parametrlarini aniqlash sxemasidan foydalaniladi.

Yo'naltiruvchi lineykaning o'ng valok tomoniga mos keladigan ishchi qismining qalinligining eng katta va eng kichik qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$(A_1K_1)_{\max} = \frac{a_w}{2} + c_{1\max} - R_{lineyka}, \quad (A_1K_1)_{\min} = \frac{a_w}{2} + c_{1\min} - R_{lineyka}, \quad (5)$$

$$(A_2K_2)_{\max} = \frac{a_w}{2} + c_{2\max} - R_{lineyka}, \quad (A_2K_2)_{\min} = \frac{a_w}{2} + c_{2\min} - R_{lineyka}.$$

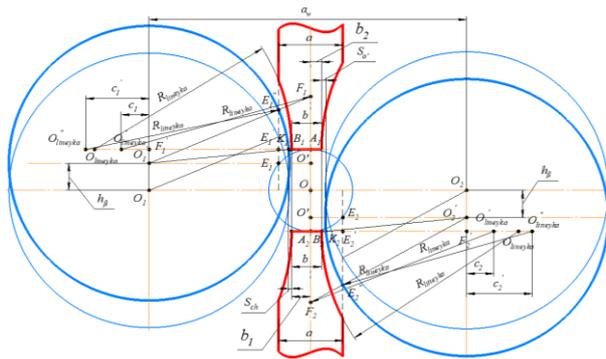
c_1 va c_2 siljishlarning qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} c_{1\max} &= R_{lineyka} - \sqrt{R_{ch.v}^2 - r_{zoldir}^2}, & c_{1\min} &= c_{1\max} - (A_1K_1)_{\max}, \\ c_{2\max} &= R_{lineyka} - \sqrt{R_{o.v}^2 - r_{zoldir}^2}, & c_{2\min} &= c_{2\max} - (A_2K_2)_{\max}. \end{aligned} \quad (6)$$

Yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismining qalinligi analitik bog'lanishlar yordamida zoldir va valoklarning radiuslariga bog'liq holda aniqlanadi.

Yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismining qalinligi prokatlash o'qidan o'tuvchi vertikal chiziqqa nisbatan b_1 va b_2 qismlariga ajratiladi va ularning qiymatlari quyidagi shartlar asosida aniqlanadi:

$$(A_1K_1)_{\min} < b_1 < (A_1K_1)_{\max}, \quad (A_2K_2)_{\min} < b_2 < (A_2K_2)_{\max}. \quad (7)$$



5-rasm. Yo'naltiruvchi lineyklarining asosiy geometrik parametrlarini aniqlash sxemasi

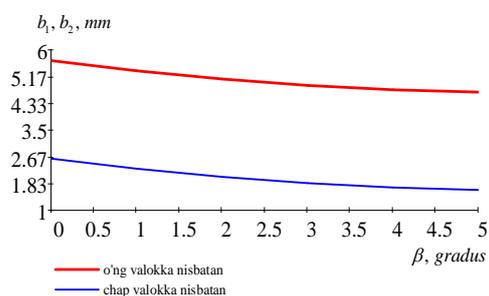
Yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismining b_1 va b_2 qalinligi qiymatini aniqlashda yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismi chetki qirrasidan o'ng va chap valoklar rebordalarigacha bo'lgan S_{ch} va S_o masofalarni inobatga olish lozim.

Yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismining umumiy qalinligi b ning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

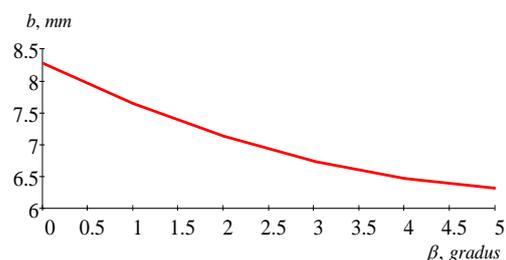
$$b = b_1 + b_2 \quad (8)$$

Zoldirning diametriga mos ravishda yo'naltiruvchi lineyklar ishchi qismining qalinligi ham o'zgaradi.

Diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash maqsadida, quyi va yuqori yo'naltiruvchi lineykalarni loyihalash uchun hisoblash ishlari amalga oshirildi va zaruriy grafiklar olindi (6-7-rasmlar).



6-rasm. Yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismi qalinligining prokatlash o'qidan o'tuvchi vertikal chiziqqa nisbatan o'zgarishi



7-rasm. Yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismining umumiy qalinligining o'zgarishi

Yuqori sifatli mahsulotlarga bo'lgan talabning doimiy o'sishi va prokatlash stanlarining samaradorligini yanada oshirish, prokatlash stani zvenolarining (jumladan, yo'naltiruvchi lineykalarning) yangi konstruksiyasini ishlab chiqish uchun asos bo'ladi.

Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineyklarining yangi konstruksiyasini ishlab chiqish zarurati quyidagi asosiy sabablar bilan bog'liq:

1. Zoldir prokatlash jarayonida yo'naltiruvchi lineykaga doimiy o'zgaruvchan kuchlar ta'siri natijasida uning ishchi yuzasining yeyilishi vujudga keladi (8-rasm). Ushbu jarayonda esa yo'naltiruvchi lineykani almashtirish zarurati tug'iladi va bu esa vaqt sarfining oshishiga olib keladi;



8-rasm. Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasi ishchi yuzasining yeyilishi

2. Yeyilgan yo'naltiruvchi lineykani yangisiga tez-tez almashtirish, yo'naltiruvchi lineykalarni tayyorlashdagi metall sarfining oshishiga olib keladi;

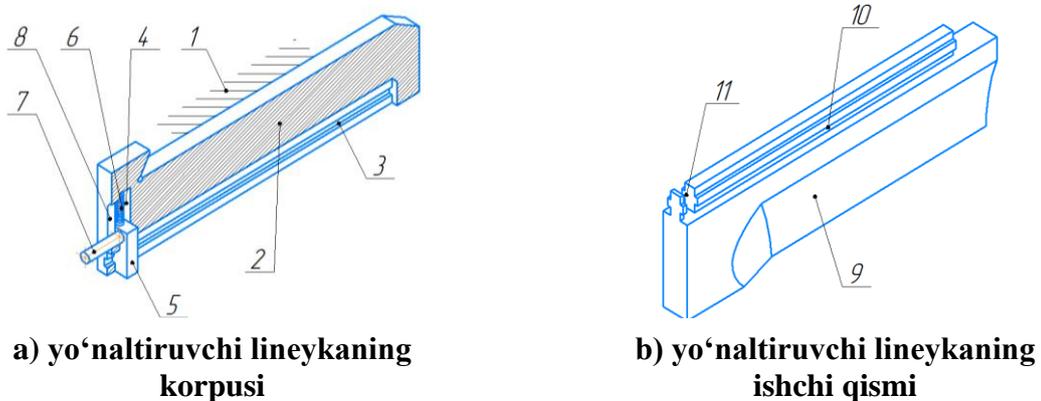


9-rasm. Zoldirlarning bo'yinchalardan uzilmasligi holati

3. Yo'naltiruvchi lineykaning yeyilishi tufayli zoldirlarning bir-
14

biridan ajralmasligi, ya'ni hosil bo'layotgan zoldirlarning bo'yinchalardan uzilmasligi holati sodir bo'ladi (9-rasm). Bu esa zoldir prokatlash stani ish unumdorligining pasayishiga sabab bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan bir qancha sabablar asosida, yo'naltiruvchi lineykaning ish muddatini oshirish va uning ishchi qismini tez almashtirish yo'li bilan texnologik imkoniyatlarni oshirish maqsadida, yo'naltiruvchi lineykaning yangi konstruksiyasi ishlab chiqish zarurati paydo bo'ladi va bu esa uning konstruksiyasiga bir qator o'zgartirishlar kiritishni taqozo qiladi. 10-rasmda yo'naltiruvchi lineykaning yangi konstruksiyasi keltirilgan bo'lib, bunda 1-zoldir prokatlash stani qopqog'i, 2-korpus, 3-ichki yo'naltiruvchi ariqchalar, 4-ko'ndalang ariqcha, 5-qo'zg'aluvchan to'siq, 6-elastik element, 7-tutqich, 8-tores qism ariqchasi, 9-ishchi qism, 10-bo'ylama qirralar, 11-ko'ndalang ariqcha.



10-rasm. Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining yangi konstruksiyasi

Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining yangi konstruksiyasini ishlab chiqish natijasida yeyilgan yo'naltiruvchi lineykani almashtirish jarayoni faqat uning ishchi qismini almashtirish imkoniyatini berdi. Bunda prokatlash staniga xizmat ko'rsatish vaqt sarfi va material sarfi kamaydi. Shu bilan birga, yo'naltiruvchi lineykani almashtirishga sarflanadigan ish kuchi ham sezilarli darajada kamaydi. Bu esa zoldir prokatlash stanining mahsuldorligini yanada oshirish va texnik xizmat ko'rsatishni yaxshilash imkonini berdi.

Dissertatsiyaning **“Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasiga ta'sir etuvchi kuch omillarini aniqlash”** deb nomlangan to'rtinchi bobida zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasini mustahkamlikka tekshirish maqsadida, uning ishchi qismiga ta'sir etuvchi kuchlar va tayanchlaridagi reaksiya kuchlari aniqlandi. Natijada zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasini mustahkamlikka hisoblash imkoniyatlari yaratildi.

Prokatlash jarayonida metall xomashyo zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasi ishchi qismiga doimiy o'zgaruvchan kuchlar orqali ta'sir qiladi. Bu kuchlar prokatlash valoklari rebordalarining metall xomashyoga siqib ishlov berishi va buning natijasida siqilgan metall yo'naltiruvchi lineykaning ishchi qismiga ta'sir qilishi orqali ifodalanadi (11-rasm).

Yo'naltiruvchi lineykaning ishchi qismiga ta'sir etuvchi umumiy kuch uning shakl hosil qiluvchi va shaklga ishlov beruvchi qismlariga mos bo'lgan kuchlarning yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$P = P_{sh.h.q} + P_{sh.i.b}, \quad (9)$$

bunda $P_{sh.h.q}$ – yo'naltiruvchi lineykaning shakl hosil qiluvchi qismiga ta'sir etuvchi kuch, $P_{sh.i.b}$ – yo'naltiruvchi lineykaning shaklga ishlov beruvchi qismiga ta'sir etuvchi kuch.

Yo'naltiruvchi lineykalarning ishchi qismiga ta'sir etuvchi umumiy kuch tayanchlarga nisbatan yo'naltiruvchi lineykada egilish deformatsiyasini hosil qiladi. Buning natijasida yo'naltiruvchi lineykalarda normal va urinma kuchlanishlarni hosil qiladi. Tashqi kuchlar ta'sirida konstruksiyaning xavfsiz ishlashini ta'minlash maqsadida, ulardagi kuchlanishlarning eng katta qiymati oldindan belgilangan ma'lum chegaradan, ya'ni ruxsat etilgan me'yordan ortib ketmasligi kerak.

Eguvchi moment ta'sirida konstruksiyaning ko'ndalang kesim yuzasida hosil bo'ladigan normal kuchlanishning eng katta qiymati kesimning neytral o'qidan eng uzoqda joylashgan nuqtalarida hosil bo'ladi va neytral o'qdan eng uzoqda joylashgan tolalarning mustahkamligi normal kuchlanishlar bo'yicha ta'minlanadi:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma_{eg}]. \quad (10)$$

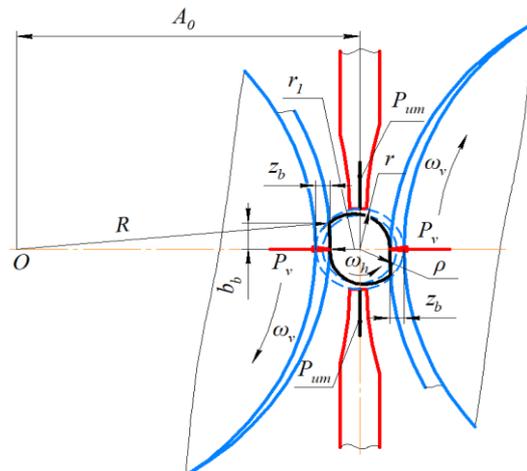
Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining mustahkamligini hisoblashda, uning murakkab geometrik tavsiflari (statik moment, inersiya momenti, qarshilik momenti, inersiya radiusi) ni aniqlash maqsadga muvofiq. Kesimlar uchun qarshilik momentlarini hisoblash formulalaridan foydalanib, yo'naltiruvchi lineyka ko'ndalang kesimi bo'yicha umumiy qarshilik momenti aniqlandi.

Normal kuchlanishning eng katta qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}(\varphi)}{W_{um}} = \frac{M(187^\circ)}{W_{um}} = 41,57 MPa. \quad (11)$$

Ko'rilayotgan masala uchun kuchlanishning ruxsat etilgan chegaraviy qiymati $[\sigma_{eg}] = 254,9729 MPa$ ekanligini inobatga olgan holda, zoldir prokatlash jarayonida yo'naltiruvchi lineyka ishchi qismiga ta'sir etuvchi kuchlar natijasida aniqlangan kuchlanishning qiymati yo'naltiruvchi lineykaning materialiga qo'yilgan ruxsat etilgan kuchlanishdan kichik ekanligi aniqlandi.

“O'zmetkombinat” AJ ning “Zoldir prokatlash bo'linmasi” da sinov-tajriba ishlari olib borildi. Olingan natijalar asosida, ZPS 80-120 stanida diametri 50 mm



11-rasm. Yo'naltiruvchi lineykalarning ishchi qismiga ta'sir etuvchi kuchlarni aniqlash sxemasi

bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. Mahsulotning texnik darajasi, o'lchamlari va chegaraviy og'ishlarining mosligi, mexanik xossalari (qattiqligi) va sirtining yuzasi bo'yicha sifati tekshirildi va baholandi. Natijada ishlab chiqarilgan mahsulot 7524-2015 DSt ga mosligi aniqlandi.

XULOSA

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha "Diametri 50 mm bo'lgan zoldirlarni prokatlash uchun mo'ljallangan stanning yo'naltiruvchi lineykasini ishlab chiqish, parametrlarini asoslash orqali uning ish unumdorligini oshirish" mavzusidagi o'tkazilgan tadqiqot natijalari quyidagilardan iborat:

1. Maxsus prokatlash stanlarida qo'llaniladigan yo'naltiruvchi lineykalarning geometrik parametrlarini aniqlashning nazariy asoslari ishlab chiqildi. Buning natijasida prokatlash valoklarining burilish burchagi $0^{\circ} - 7^{\circ}$ oralig'ida o'zgarishini hisobga olgan holda, yo'naltiruvchi lineykaning ishchi qismi qalinligi va uzunligini tavsiflovchi matematik ifodalar ishlab chiqildi.
2. Yo'naltiruvchi lineykaning konstruktorlik - texnologik o'lchamlarini aniqlash maqsadida, uning geometrik parametrlarini tavsiflovchi matematik ifodalar kompyuterda *MathCAD* 15 dasturi yordamida tahlil qilindi va dastur ishlab chiqildi. Buning natijasida 7524-2015 DSt ga muvofiq diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni ZPS 80-120 stanida prokatlash uchun zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining konstruksiyasi ishlab chiqildi.
3. Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining yangi konstruksiyasi ishlab chiqildi. Buning natijasida yo'naltiruvchi lineykalarni tayyorlash uchun sarflanadigan metall sarfi 1,6-1,8 barobarga kamaydi, ishdan chiqqan yo'naltiruvchi lineykalarni almashtirish uchun vaqt sarfi 1,9-2 barobarga kamaydi.
4. 7524-2015 DSt bo'yicha diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash maqsadida ariqchalarining markazlari siljigan olti kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini kalibrlash texnologiyasi ishlab chiqildi. Buning natijasida diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni ishlab chiqarish unumdorligi 15-20 foizga ortdi.
5. Olti kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini tayyorlash uchun profili nazariy asoslangan kulachoklarning matematik modeli ishlab chiqildi va ular asosida kulachoklarning namunalari tayyorlandi. Buning natijasida kulachoklarni tayyorlash mahalliyashtirildi.
6. Yo'naltiruvchi lineykaning ishchi qismiga ta'sir etuvchi kuch parametrlari nazariy asoslashlar orqali vintli kalibr uzunligiga bog'liq holda aniqlandi.
7. Olib borilgan ilmiy-tadqiqotlar bo'yicha tayyorlangan yo'naltiruvchi lineyka mustahkamlikka tekshirildi. Buning natijasida yo'naltiruvchi lineyka va prokatlanayotgan xomashyo orasida hosil bo'ladigan hisobiy kuchlanish yo'naltiruvchi lineykaning materialiga qo'yilgan ruxsat etilgan kuchlanishdan kichik ekanligi ma'lum bo'ldi.

8. Olti kirimli vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklari orqali 7524-2015 DSt bo'yicha diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash texnologiyasini ZPS 80-120 stanida ishlab chiqarishga joriy etish natijasida kutilayotgan yillik iqtisodiy samaradorlik 2 000 000 000 so'mni tashkil etdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

КАРИМОВА АНОРГУЛ РУЗИМОВНА

**РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ЛИНЕЙКИ СТАНА,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПРОКАТКИ ШАРОВ ДИАМЕТРОМ
50ММ, ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗА СЧЕТ
ОБОСНОВАНИЯ ЕЁ ПАРАМЕТРОВ**

05.02.02– Теория механизмов и машин. Машиноведение и детали машин

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2024.3.PhD/Т4884.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете в г. Ташкенте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте (www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	Шахобутдинов Рустам Эркинбаевич доктор философии технических наук (PhD), доцент
Официальные оппоненты:	Алимухамедов Шавкат Пирмухамедович доктор технических наук, профессор Абдукаримов Абдусалом кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Наманганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «05» сентября 2025 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.02.12.2019.Т.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете. Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (+99871) 246-46-00, факс: 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано номером №___). (Адрес 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2, Тел.: (99871) 246-03-41).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2025 г.
(реестр протокола рассылки № от «__» _____ 2025г).

К.А. Каримов
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Ш.Б. Ташбулатов
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н. (DSc)

А.А. Мухиддинов
Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н. профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире повышение износостойкости помольных шаров, используемых для измельчения руды и горных пород, повышение эффективности работы прокатных валков и направляющих линеек шаропрокатного стана, а также разработка ресурсосберегающих технологий имеет особое значение. Также с целью повышения производительности прокатки шаров различных диаметров одними из важных задач являются изготовление кулачков для нарезания многозаходных винтовых калибров и разработка конструкции рабочей части направляющих линеек. В связи с этим в ряде стран мира особое внимание уделяется задачам по производству шаров методом прокатки. В частности, в США, Германии, Франции, Италии, Индии, России и на Украине ведутся работы по совершенствованию производства многозаходных винтовых калибров и соответствующих им рабочих частей направляющих линеек, проводятся широкие исследования по созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий для их производства.

В мире в области совершенствования и развития современной машиностроительной отрасли, большое значение имеет создание современной и экономичной техники и передовой технологии для всех отраслей производства, рациональное и эффективное использование природных ресурсов, внедрение их в производство, решение актуальных научных и практических задач и одновременно проведение фундаментальных научных исследований. В этом направлении, важную актуальность приобретает применение технологий, обеспечивающих энерго- и ресурсоэффективность при производстве шаров методом прокатки. При этом приоритетным направлениям считаются исследования по проектированию отдельных специальных рабочих звеньев прокатного стана, применяемых при прокатке шаров и разработке математических моделей, с целью повышения их производительности. Также одной из важных задач является разработка теоретических основ энерго- и ресурсосберегающих технологий и методов их эффективного использования.

В нашей республике проводятся комплексные научно-исследовательские работы и достигнуты определенные результаты по совершенствованию технологии производства стальных мелющих шаров, применяемых для дробления и переработки руд и горнодобывающей продукции. В связи с этим особое внимание уделяется повышению эффективности оборудования и технологий за счет модернизации промышленности нашей республики таких показателей, как конкурентоспособность, энергосбережение и экология. В связи с этим Указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» определены задачи по «...обеспечению ускоренного развития национальной экономики и

высоких темпов роста»². Учитывая важность задач по разработке и внедрению новых, а также повышению производительности существующих технологий проводятся масштабные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по изучению вопросов и теоретических методов, связанных с проектированием шаропрокатных валков со сверхзаходными винтовыми калибрами, применяемых в производстве стальных мелющих шаров, и разработке новых конструкций направляющих линеек шаропрокатных станков.

Настоящее диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в следующих Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП № 3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», ПП № 307 от 6 июля 2022 года «Об организационных мерах по реализации Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы», ПП № 57 от 16 февраля 2023 года «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году» и других нормативных правовых документах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением II «Энергетика, энерго - и ресурсосбережение» развития науки и технологий республики.

Степень изученности проблемы. Проводятся научно-исследовательские работы по научным направлениям, связанные с исследованием актуальных вопросов теории механизмов и машин, указанных в решениях ИГТоММ - влиятельной международной научной организации, охватывающей все области теории механизмов и машин.

Одна из главных задач, стоящих перед современным машиностроением, требует объединения усилий и исследований ученых и инженеров. Это, в свою очередь, связано с необходимостью повышения требований к высокотехнологичной эксплуатации механизмов и машин наряду с реализацией конкретных и важных задач, связанных с обеспечением надежности технических систем. Научно-технические проблемы, возникающие в такой ситуации, требуют детального изучения особенностей динамических процессов, разработку методических и создания теоретических основ правильной оценки и решения существующих проблем.

Учеными мира был проведен ряд научных исследований по изучению проблем, связанных с процессом прокатки. А.И. Целиков, С.П. Грановский, А.А. Громов, В.И. Ефанов, М.В. Барбарич, М.В. Васильчиков, А.А. Королев, Е.А. Жукевич-Стоша и другие учёные провели ряд научных исследований по производству изделий разных размеров с различными способами прокатки с учетом динамических и технологических факторов. При решении

² Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

поставленных задач решены задачи моделирования кинематики и динамики механизмов прокатного стана и разработаны методы проектирования. В работах А.И. Целикова, Патера Збигнева и В.Ю. Рубцова приводятся общие сведения о линейках, используемых в процессе прокатки.

В целях содействия развитию теории механизмов и машин в нашей республике большим количеством ученых были проведены теоретические и практические научные исследования по актуальным и важным вопросам теории механизмов и машин. В частности, среди ученых, внесших значительный вклад в развитие теории механизмов и машин в нашей республике, можно отметить таких как академик Х.Х. Усмонходжаев, Ш.У. Рахматкориев, А.А. Ризаев, Ш.П. Алимухамедов, К.А. Каримов, Р.И. Каримов, А.Ж. Джураев и других ученых, достигших больших успехов в решении различных научных задач, связанных с актуальными и важными вопросами теории механизмов и машин. Р.И. Каримовым и Р.Э. Шахобутдиновым были разработаны модели движения кулачков при различных нагрузках, а также проведены теоретические и практические исследования. Ф.С. Абдуллаевым были проведены научные исследования по разработке методов расчета энергетических параметров технологических процессов холодной штамповки, а Р. Михридиновым – по исследованию, разработке и внедрению процесса вакуумной прокатки специальных полуфабрикатов.

Теоретические сведения о прокатных валках и направляющих линейках, которые являются важными элементами шаропробитного стана, недостаточно освещены в открытых научных источниках. В этом случае при анализе проблемы, с научной точки зрения, целесообразно разработать её теоретические основы и определить решения, а также проанализировать путем проведения практических тестовых экспериментов. Решения задач направляющих линеек без изучения прокатных валков практически невозможно. Поэтому одной из важнейших задач является определение существующих недостатков направляющих линеек и решение проблем её эксплуатации.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Данная диссертационная работа способствует реализации Постановления Президента Республики Узбекистан от 6 июля 2022 года № ПП-307 «Об организационных мерах по реализации Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы» выполненная в рамках хозяйственного договора № 6773-01/03-02-02/2022 АО «Узметкомбинат» по теме «Освоение выпуска стальных помольных шаров Ø50 мм по ГОСТ 7524-2015 на линии ШПС 80-120» новым способом – шестизаходными винтовыми калибрами на основании научно-исследовательского плана Ташкентского государственного технического университета.

Целью исследования является теоретическое обоснование параметров направляющей линейки шаропркатного стана, разработка конструкции его рабочей части а также совершенствование методов расчета для повышения производительности прокатки стальных мелющих шаров.

Задачами исследования являются:

- анализ научных исследований по технологии получения периодических профилей методом поперечно-винтовой прокатки;
- разработка калибровки шестизаходных винтовых калибров для производства стальных мелющих шаров диаметром 50 мм и изготовление кулачков с теоретически обоснованным профилем для нарезки валков;
- разработка аналитических зависимостей для теоретического обоснования параметров направляющих линеек шаропркатного стана и выявления факторов, повышающих его производительность;
- проведение экспериментальных исследований по изготовлению стальных мелющих шаров диаметром 50 мм.

Объектом исследования являются направляющие линейки шаропркатного стана, применяемые в процессе прокатки.

Предметом исследования является синтез направляющих линеек, обеспечивающих перемещение заготовки вдоль оси прокатки.

Методы исследования. При решении задач научно-исследовательской работы использовались методы теоретической и прикладной механики, теории механизмов и машин, технология калибровки валков с шестизаходными винтовыми калибрами со смещенным центром ручьёв. А также при выполнении численных расчётов эффективно использовались компьютерные методы. Для получения практических результатов использовались программы *MathCAD* и *КОМПАС*.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- разработаны аналитические выражения, описывающие калибровку шаропркатных валков в зависимости от числа заходности, угла поворота и предельной длины валка;
- разработаны математические модели кулачков с теоретически обоснованным профилем, применяемых при изготовлении валков с шестизаходными винтовыми калибрами для прокатки шаров диаметром 50 мм;
- разработаны аналитические выражения, описывающие основные геометрические параметры направляющих линеек для прокатки шаров диаметром 50 мм на стане ШПС 80-120;
- с целью расчета на прочность направляющих линеек шаропркатного стана были разработаны аналитические выражения, выражающие силы, действующие на направляющие линейки.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

- с целью производства шаров диаметром 50 мм были изготовлены и применены в практических исследованиях кулачки для нарезания шаропркатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами;

- изготовлены и использованы в практических исследованиях шаропрокатные валки с шестизаходными винтовыми калибрами для прокатки шаров диаметром 50 мм по ГОСТ 7524-2015;
- изготовлены и применены в практических исследованиях направляющие линейки с целью прокатки шаров диаметром 50 мм;
- получены технические решения по разработке новой конструкции направляющей линейки шаропрокатного стана и даны рекомендации по её практическому применению.

Достоверность результатов исследования.

Достоверность результатов исследований основывается на статистической обработке результатов, полученных в результате экспериментальных исследований, сравнении с существующими аналогами и внедрении полученных результатов в производство, обеспечивающее реальный экономический эффект. В её основе лежит обоснованная и ясная постановка задач с учетом важных и необходимых условий анализа полученных результатов с использованием компьютерных программ и сравнение полученных результатов с результатами работ других авторов.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в научном обосновании разработки теории расчёта параметров направляющих линеек шаропрокатного стана, определения сил действующих на направляющие линейки и их расчёта на прочность.

Практическая значимость результатов исследований заключается в реализации технологии изготовления шестизаходных шаропрокатных валков с винтовыми калибрами со смещенным центром ручьёв и экономической эффективности разработки направляющей линейки шаропрокатного стана.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по разработке, повышению производительности направляющей линейки стана, предназначенного для прокатки шаров диаметром 50 мм за счет обоснования её параметров:

- внедрена в АО «Узметкомбинат» технология разработки кулачков для нарезки шаропрокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами (справка акционерного общества «Узметкомбинат» от 13 сентября 2024 года № 01/03-01/282). В результате применения данной технологии себестоимость изготовления кулачков снизилась в 1,3-1,4 раза
- внедрена в АО «Узметкомбинат» технология изготовления направляющих линеек шаропрокатного стана для производства стальных мелющих шаров диаметром 50 мм (справка акционерного общества «Узметкомбинат» от 13 сентября 2024 года № 01/03-01/282). В результате применения разработанной технологии себестоимость изготовления направляющих линеек снизилась в 1,2-1,3 раза;
- внедрена в АО «Узметкомбинат» технология изготовления шаропрокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами (справка акционерного общества «Узметкомбинат» от 13 сентября 2024 года № 01/03-

01/282). В результате применения данной технологии производительность выпуска стальных мелющих шаров диаметром 50 мм увеличилась на 15-20 процентов.

Апробация результатов исследования. Результаты настоящего исследования были обсуждены на 18 научно-практических конференциях, в том числе на 16 международных и 2 республиканских. Также, проведён доклад с широким освещением на международной конференции, состоявшийся 17 июня 2025 года в городе Харбин Китайской Народной Республики с участием ученых технических университетов Китая, Узбекистана, Казахстана, Кыргызстана и Таджикистана на тему “Инициатива по созданию механизма обмена и развития инженерных талантов ШОС”.

Публикация результатов исследования. По теме исследования опубликованы всего 25 научных трудов. Из них 6 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, получен 1 патент на изобретение Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

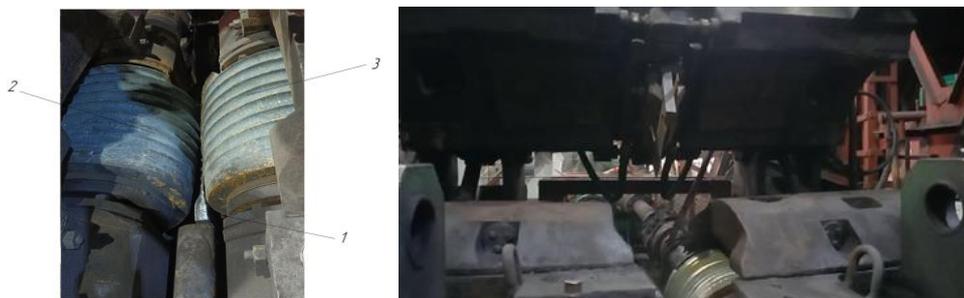
Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

Выражаю благодарность Учителю д.т.н., проф. К.А. Каримову за оказанную помощь при освящении научных аспектов моей диссертационной работе.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обосновываются актуальность и необходимость проведенного исследования по теме диссертации, указывается на его соответствие с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики Узбекистан, излагаются цели и задачи научно-исследовательской работы, описываются объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научно-практическая значимость результатов исследования, приводятся сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных работах, структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Анализ специальных прокатных станов и линеек, применяемых в них»** анализируются научные исследования по технологии получения периодических профилей методом поперечно-винтовой прокатки, линейки прокатных станов и направляющей линейки, применяемых в специальных прокатных станах. Приводятся общие характеристики по назначению и функциям линеек, установленных на прокатном стане (рис. 1). Также были проанализированы прокатные валки и линейки, используемые в процессе производства малогабаритных деталей, симметричных относительно оси, методом горячей прокатки.



1 – нижняя направляющая линейка, 2 – правый валок, 3 – левый валок
 Рис. 1. Процесс установки верхней и нижней линейки

Исходя из потребностей в производстве стальных помольных шаров, наиболее удобным способом повышения производительности прокатного стана считается целесообразным изготовление прокатных валков с многозаходными винтовыми калибрами и разработка подходящих для них конструкций рабочих частей направляющих линеек.

Одним из важных условий, которое необходимо учитывать при установке верхних и нижних направляющих линеек на шаропркатном стане, является их симметричное расположение относительно оси прокатки и обеспечение параллельности их рабочих поверхностей. Исходя из условия симметричного размещения, верхние и нижние направляющие линейки должны быть расположены напротив друг друга относительно оси прокатки. С учетом этих условий были исследованы направляющие линейки, применяемые в шаропркатных станах, и с целью повышения их производительности были выявлены недостатки существующих конструкций и определены факторы их устранения.

Во второй главе диссертации под названием **«Повышение производительности при производстве стальных помольных шаров диаметром 50 мм»** разработана технология калибровки шаропркатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами со смещенным центром ручьёв для прокатки стальных помольных шаров диаметром 50 мм по ГОСТ 7524-2015 на стане ШПС 80-120.

Для изготовления шаропркатных валков с винтовыми калибрами со смещенным центром ручьёв применяется токарно-винторезный станок, оснащенный специальным копировальным устройством. В этом случае при проектировании шаропркатных валков выполняется калибровочный расчет. При этом необходимо учитывать соответствие установленных основных требований к геометрическим параметрам шаров по ГОСТ 7524-2015.

В данной научно-исследовательской работе был выполнен калибровочный расчет валков шаропркатного стана для производства стальных помольных шаров диаметром 50 мм методом горячей прокатки. В этом случае основные параметры прокатных валков определялись с помощью аналитических выражений.

Для проведения расчетов заданы следующие параметры:

$$D_{\text{калибр}} = 52,3 \text{ мм} - \text{диаметр калибра}, R_{\text{калибр}} = \frac{D_{\text{калибр}}}{2} = 26,15 \text{ мм} - \text{радиус калибра},$$

$n = 6$ – число заходов ручьёв винтового калибра.

Определение предварительного диаметра шара с учётом коэффициента температурного расширения металла:

$$D_{ш.п} = \frac{D_{калибр}}{\eta_r} = \frac{52,3}{1,013} = 51,6288 \text{ мм}, \quad (1)$$

где $\eta_r = 1,013$ – коэффициент температурного расширения металла во время прокатки.

Определение предварительного диаметра заготовки при учёте коэффициента радиального роста размера шара:

$$D_{заготовка} = \frac{D_{ш.п}}{\eta_0} = \frac{51,6288}{1,03} = 50,1251 \text{ мм}, \quad (2)$$

где $\eta_0 = 1,03$ – коэффициент радиального роста шара во время прокатки.

Шаг станка, обеспечивающего нарезку прокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами, определяем по следующему выражению:

$$T_{станок} = 2T_M \cdot \frac{z_2}{z_1} = 2 \cdot 80 \cdot \frac{100}{53} = 301,887 \text{ мм/об}, \quad (3)$$

где $T_M = 80 \text{ мм/об}$ – метрический шаг станка, $z_1 = 53$, $z_2 = 100$ – число зубьев сменных шестерён гитары станка.

При определении общей длины винтового калибра размерность винтовой линии условно примем в градусах.

Общую длину винтового калибра шаропрокатного валка определим следующим образом:

$$\varphi_{общ.} = \frac{\pi \cdot l_{станок}}{T_{станок}} = \frac{360^\circ \cdot 690}{301,887} \approx 823^\circ, \quad (4)$$

где $l_{станок} = 690 \text{ мм}$ – длина хода режущего инструмента станка РТ 117 соответствующего одному полному обороту кулачка копировального устройства для нарезки винтовых поверхностей с переменным шагом.

Используя выше приведенные параметры, определяем закономерности изменения основных параметров шаропрокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами со смещённым центром ручьёв (рис. 2-3).

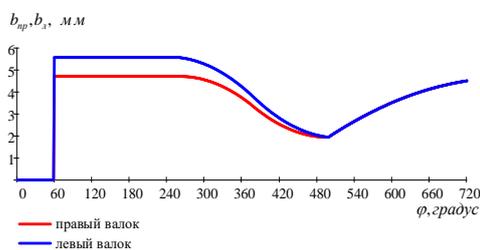


Рис. 2. Изменение толщины реборды прокатного валка

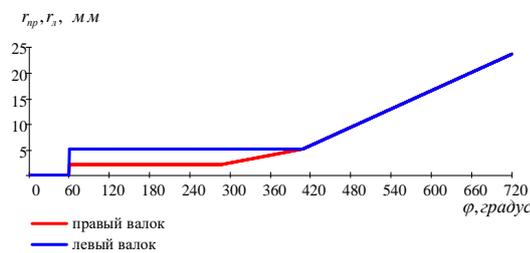


Рис. 3. Изменение расстояния от оси прокатки до реборды валка

На основе выполненных расчетов создан рабочий чертеж шаропрокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами для производства стальных помольных шаров диаметром 50 мм на стане ШПС 80-120.

Нарезка винтовых калибров с переменным шагом шаропрокатного валка проводилась на токарно-винторезном станке, оснащённом копировальным устройством с установленными кулачками.

Учитывая, что винтовая калибровка для каждого вида проката имеет свои особенности, разработана технология проектирования кулачков с теоретически обоснованным профилем для изготовления шестизаходных валков для прокатки шаров диаметром 50 мм по ГОСТ 7524-2015 на стане ШПС 80-120.

В третьей главе диссертации под названием «Повышение производительности направляющей линейки шаропрокатного стана и разработка её новой конструкции» теоретически обоснованы основные геометрические параметры с целью проектирования направляющих линеек шаропрокатного стана и проанализированы полученные результаты. На основе решения поставленной задачи создана возможность для разработки нового вида конструкции направляющей линейки шаропрокатного стана.

Направляющие линейки — это отдельные специальные звенья прокатного стана, которые служат для обеспечения перемещения заготовки вдоль оси прокатки и удержания ее на оси прокатки.

В зависимости от диаметра прокатываемого шара конструктивные размеры h_1 и h_2 для шаропрокатных станов имеют различия (рис. 4).

С целью определения основных геометрических параметров нижних и верхних направляющих линеек используется схема определения основных геометрических параметров направляющих линеек, представленная на рис. 5.

Максимальное и минимальное значения толщины рабочей части направляющей линейки, соответствующие правой и левой сторонам валков, определяются следующим образом:

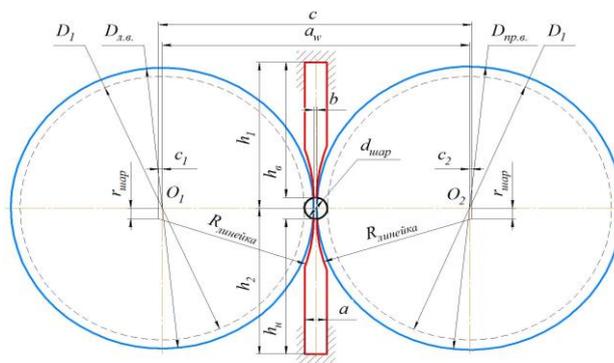


Рис. 4. Схема связи между прокатными валками и направляющими линейками

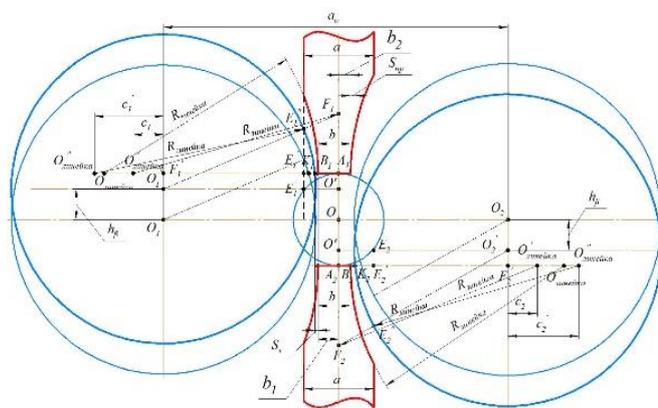


Рис. 5. Схема определения основных геометрических параметров направляющих линеек

$$\begin{aligned} (A_1K_1)_{\max} &= \frac{a_w}{2} + c_{1\max} - R_{\text{линейка}}, & (A_1K_1)_{\min} &= \frac{a_w}{2} + c_{1\min} - R_{\text{линейка}}, \\ (A_2K_2)_{\max} &= \frac{a_w}{2} + c_{2\max} - R_{\text{линейка}}, & (A_2K_2)_{\min} &= \frac{a_w}{2} + c_{2\min} - R_{\text{линейка}}. \end{aligned} \quad (5)$$

значения перемещений c_1 и c_2 определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} c_{1\max} &= R_{\text{линейка}} - \sqrt{R_{\text{пр.в}}^2 - r_{\text{шар}}^2}, & c_{1\min} &= c_{1\max} - (A_1K_1)_{\max}, \\ c_{2\max} &= R_{\text{линейка}} - \sqrt{R_{\text{л.в}}^2 - r_{\text{шар}}^2}, & c_{2\min} &= c_{2\max} - (A_2K_2)_{\max}. \end{aligned} \quad (6)$$

Толщина рабочей части направляющей линейки определяется с помощью аналитических соотношений зависимо от радиусов шара и валков.

Толщину рабочей части направляющей линейки делят на части b_1 и b_2 относительно вертикальной линии, проходящей через ось прокатки, значения которых определяют исходя из следующих условий:

$$(A_1K_1)_{\min} < b_1 < (A_1K_1)_{\max}, \quad (A_2K_2)_{\min} < b_2 < (A_2K_2)_{\max}. \quad (7)$$

При определении величины толщины рабочей части направляющей линейки b_1 и b_2 необходимо учитывать расстояния S_n и S_{np} от края рабочей части направляющей линейки до реборд правого и левого валков.

Значение общей толщины рабочей части b направляющей линейки определяется следующим образом:

$$b = b_1 + b_2 \quad (8)$$

Толщина рабочей части направляющих линеек также меняется в зависимости от диаметра шара.

С целью прокатки стальных помольных шаров диаметром 50 мм были проведены расчеты по проектированию нижней и верхней направляющих линеек и получены необходимые графики (рис. 6-7).

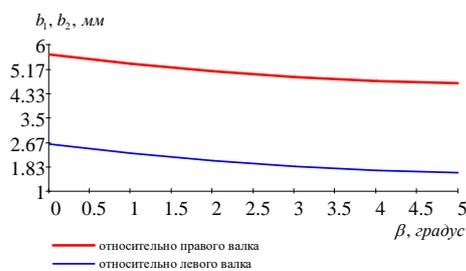


Рис. 6. Изменение толщины рабочей части направляющей линейки относительно вертикальной линии, проходящей через ось прокатки

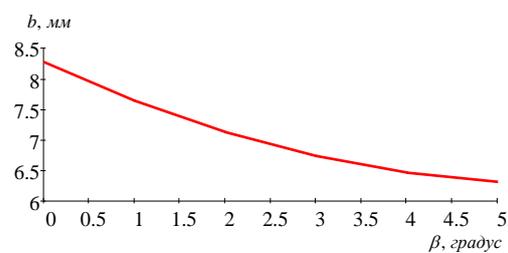


Рис. 7. Изменение общей толщины рабочей части направляющей линейки

Постоянный рост спроса на высококачественную продукцию и необходимость дальнейшего повышения производительности прокатных станов являются основанием для разработки новых конструкций звеньев прокатных станов (в том числе направляющих линеек).

Необходимость разработки новой конструкции направляющих линеек шаропркатного стана обусловлена следующими основными причинами:

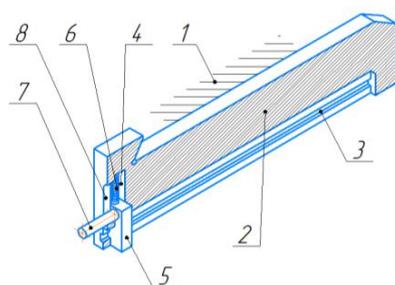
1. В процессе прокатки рабочая поверхность направляющей линейки изнашивается из-за воздействия на нее постоянно меняющихся сил (рис. 8). В этом процессе требуется замена направляющей линейки, что приводит к увеличению затраты времени;

2. Частая замена изношенных направляющих линеек на новые приводит к повышенному расходу металла на изготовление линеек;

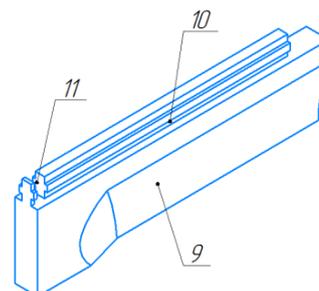
3. Из-за износа направляющих линеек происходит неотрыв шаров друг от друга, то есть формирующиеся шары не отделяются от перемычек (рис. 9). Это приводит к снижению производительности шаропрокатного стана.

Исходя из вышеизложенных причин, для увеличения срока службы направляющей линейки и повышения технологических возможностей за счет быстрой замены её рабочей части, возникает необходимость в разработке новой, требующей внесения ряда изменений конструкции, направляющей линейки.

На рис. 10 приведена новая конструкция направляющей линейки, где 1-крышка шаропрокатного стана, 2-корпус, 3-внутренние направляющие канавки, 4-продольные канавки, 5-подвижный барьер, 6-эластичный элемент, 7-держатель, 8-канавка торцевой части, 9-рабочая часть, 10-продольные грани, 11-поперечные канавки.



а) корпус направляющей линейки



б) рабочая часть направляющей линейки

Рис. 10. Новая конструкция направляющей линейки шаропрокатного стана

В результате разработки новой конструкции направляющей линейки шаропрокатного стана процесс замены изношенной направляющей линейки дал возможность замены только его рабочей части. Это сократило время и материалоемкость обслуживания прокатного стана. В то же время также значительно сократились трудозатраты на замену направляющей линейки.



Рис. 8. Износ рабочей поверхности направляющей линейки шаропрокатного стана



Рис. 9. Состояние неотрыва шара от перемычек

Это позволило дополнительно повысить производительность и улучшить техническое обслуживание шаропрокатного стана.

В четвертой главе диссертации под названием «**Определение силовых факторов, действующих на направляющие линейки шаропрокатного стана**» с целью проверки прочности направляющей линейки шаропрокатного стана определены силы, действующие на рабочую часть, и силы реакции в его опорах. В результате была создана возможность расчёта на прочность направляющей линейки шаропрокатного стана.

В процессе прокатки на рабочую часть направляющей линейки шаропрокатного стана действуют постоянно меняющиеся силы заготовки. Эти силы выражаются вдавливанием реборд прокатных валков на металлическую заготовку и результатом действия сжатого металла на рабочую часть направляющей линейки (рис. 11).

Общая сила, действующая на рабочую часть направляющей линейки, определяется как сумма сил, соответствующая её формующей и отделочным частям:

$$P = P_{фор} + P_{отд}, \quad (9)$$

где $P_{фор}$ – сила, действующая на формующую часть направляющей линейки, $P_{отд}$ – сила, действующая на отделочную часть направляющей линейки.

Общее усилие, действующее на рабочие части направляющих линеек, создают деформацию изгиба в направляющих линейках относительно его опор. В результате этого в направляющих линейках возникают нормальные и касательные напряжения. Для обеспечения безопасной эксплуатации конструкции при воздействии внешних сил максимальная величина напряжений в них не должна превышать определенного, заранее установленного предела, то есть допустимой нормы.

Наибольшее значение нормального напряжения, возникающего на поверхности поперечного сечения конструкции под действием изгибающего момента, возникает в точках сечения, наиболее удаленных от нейтральной оси, а прочность волокон, наиболее удаленных от нейтральной оси, обеспечивается нормальными напряжениями:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma_{из}]. \quad (10)$$

При расчете прочности направляющей линейки шаропрокатного стана целесообразно определять его комплексные геометрические характеристики (статический момент, момент инерции, момент сопротивления, радиус

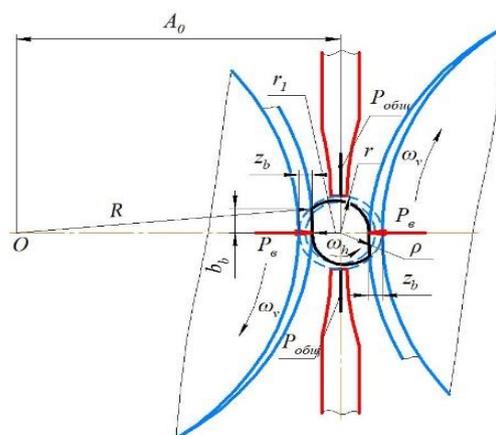


Рис. 11. Схема для определения сил, действующих на рабочую часть направляющих линеек

инерции). Используя формулы расчета моментов сопротивления сечений, был определен суммарный момент сопротивления по сечению направляющей линейки.

Максимальное значение нормального напряжения определяется следующим образом:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}(\varphi)}{W_{um}} = \frac{M(187^\circ)}{W_{um}} = 41,57 \text{ МПа}. \quad (11)$$

С учётом предела допускаемого значения напряжения равного $[\sigma_{из}] = 254,9729 \text{ МПа}$ для рассматриваемого вопроса установлено, что величина напряжения, определяемая в результате сил, действующих на рабочую часть направляющей линейки в процессе прокатки шаров, меньше допускаемого напряжения, указанного для материала направляющей линейки.

Опытно-экспериментальные работы проводились на «Шаропрокатном подразделении» АО «Узметкомбинат». На основании полученных результатов на стане ШПС 80-120 освоено производство стальных помольных шаров диаметром 50 мм. Были проверены и оценены технический уровень, соответствие размеров и допусков, механические свойства (твёрдость) и качество поверхности изделия. В результате установлено, что выпускаемая продукция соответствует требованиям по ГОСТ 7524-2015.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования по диссертационной работе доктора философии по техническим наукам (PhD) на тему «Разработка, повышение производительности направляющей линейки стана, предназначенного для прокатки шаров диаметром 50 мм за счет обоснования её параметров» представлены следующие выводы:

1. Разработаны теоретические основы для определения геометрических параметров направляющих линеек, применяемых в специальных прокатных станах. В результате этого были разработаны математические выражения, описывающие толщину и длину рабочей части направляющей линейки с учетом изменения угла поворота прокатных валков $0^\circ - 7^\circ$.
2. С целью определения конструктивных и технологических размеров направляющей линейки на компьютере с помощью программы *MathCAD 15* был проведен анализ математических выражений, описывающих его геометрические параметры, и разработана программа. В результате этого была разработана конструкция направляющей линейки шаропрокатного стана ШПС 80-120 для прокатки стальных помольных шаров диаметром 50 мм в соответствии с ГОСТ 7524-2015.
3. Разработана новая конструкция направляющей линейки шаропрокатного стана. В результате этого расход металла на изготовление направляющих линеек уменьшился в 1,6-1,8 раз, время замены отработанных направляющих линеек уменьшилось 1,9-2 раза.
4. Разработана технология калибровки шаропрокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами со смещённым центром ручьёв с

целью прокатки стальных помольных шаров диаметром 50 мм по ГОСТ 7524-2015. В результате этого производительность выпуска стальных помольных шаров диаметром 50 мм увеличилась на 15-20 процентов.

5. Разработаны математические модели кулачков с теоретически обоснованными профилями для изготовления шаропрокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами и на их основе были изготовлены образцы кулачков.
6. Путём теоретических обоснований были определены параметры сил, действующих на рабочую часть направляющей линейки, в зависимости от длины винтового калибра.
7. По проведённым научным исследованиям была проверена на прочность изготовленная направляющая линейка. В результате этого было выявлено, что расчётные напряжения, возникающие при воздействии заготовки с направляющей линейкой, меньше допустимого напряжения, указанного для материала направляющей линейки.
8. В результате внедрения технологии прокатки стальных помольных шаров диаметром 50 мм по ГОСТ 7524-2015 на ШПС 80-120 с применением шаропрокатных валков с шестизаходными винтовыми калибрами ожидаемый годовой экономический эффект составил 2 000 000 000 сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04 FOR AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE
TECHNICAL UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

KARIMOVA ANORGUL RUZIMOVNA

**DEVELOPMENT OF THE LINEAR GUIDE OF THE BALL ROLLING
MILL DESIGNED FOR ROLLING STEEL GRINDING BALLS WITH A
DIAMETER OF 50 MM, IMPROVEMENT OF ITS PRODUCTIVITY BY
SUBSTANTIATING ITS PARAMETERS**

05.02.02 – Theory of Mechanisms and Machines. Machine Science and Machine Parts

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
IN TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2025

The theme of dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD) is registered with the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.3.PhD/T4884.

The dissertation was completed at Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the webpage of the Scientific Council at the address (www.tdtu.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: **Shakhobutdinov Rustam Erkinbayevich**
Doctor of Philosophy in Technical Sciences(PhD),
associate professor

Official opponents: **Alimukhamedov Shavkat Pirmukhamedovich**
Doctor of Technical Sciences, professor

Abdulkarimov Abdusalom
Candidate of Technical Sciences, associate professor

Leading organization: **Namangan State Technical University**

The defense of the dissertation will take place on «05» September 2025 at 11⁰⁰ a.m. at a meeting of Scientific Council DSc. 03/30.12.2019.T.03.04 at Tashkent State Technical University (Address: 100095, Tashkent city, University street, 2nd house. Tel./fax: (+99871) 246-46-00, 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of Tashkent State Technical University (registered with the number ____). (Address: 100095, Tashkent city, University street, 2nd house. Tel. (+99871) 246-03-41.

The abstract of the dissertation was distributed on «____» _____ 2025.
(Report of the digital register of ____ on «____» _____ of 2025.)

K.A. Karimov
Chairman of the Scientific Council for
awarding Scientific Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Sh.B. Tashbulatov
Scientific secretary of Scientific Council for
awarding Scientific Degrees,
Doctor of Technical Sciences (DSc)

A.A. Muxitdinov
Chairman of the Scientific seminar under
the Scientific Council for awarding Scientific Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (annotation of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)

The purpose of the research is to theoretically substantiate the parameters of the linear guide of the ball rolling mill, develop the design of its working part, and improve the calculation methods to increase productivity in the rolling process of grinding steel balls.

The objectives of the research are:

- to analyze scientific research on the technology of obtaining periodic profiles using the transverse screw rolling method;
- to develop a calibration of six-inlet screw-calibrated ball rolling rolls and prepare theoretically based profile cams for cutting the rolls for the production of steel grinding balls with a diameter of 50 mm;
- to develop analytical relationships and identify factors for increasing the productivity of linear guides for the theoretical substantiation of the parameters of the linear guide of the ball rolling mill;
- to conduct experimental research on the production of steel grinding balls with a diameter of 50 mm.

The object of the research was taken as the linear guide of the ball rolling mill used in the rolling process.

The scientific novelty of the research is as follows:

- analytical expressions describing the calibration of steel rolling rolls were developed based on the number of roll passes, the angle of rotation and the limiting length of the roll;
- mathematical models of cams with a theoretically justified profile used for the production of rolling rolls for balls with a diameter of 50 mm were developed;
- analytical expressions describing the main geometric parameters of the linear guides were developed for rolling steel balls with a diameter of 50 mm on the ZPS 80-120 mill;
- analytical expressions describing the forces acting on the linear guides were developed for the purpose of calculating the strength of the ball rolling mill linear guides.

Implementation of research results. Based on theoretical and practical research on the preparation of screw caliber cutting cams and linear guides of the ball rolling mill with six-inlet screw calibers for rolling steel grinding balls with 50 mm diameter:

- the technology for preparing cams for cutting six-inlet ball rolling rolls was implemented at Uzmetkombinat JSC (Reference No. 01/03-01/282 of Uzmetkombinat JSC dated September 13, 2024). As a result of the application of the technology, the cost of preparing cams decreased by 1,3-1,4 times;
- the technology for manufacturing linear guides of a ball rolling mill for the production of 50 mm diameter steel grinding balls was implemented at Uzmetkombinat JSC (Reference No. 01/03-01/282 of Uzmetkombinat JSC dated September 13, 2024). As a result of the application of the technology, the cost of manufacturing linear guides was reduced by 1,2-1,3 times;

– the technology for manufacturing six-inlet ball rolling mills was implemented at Uzmetkombinat JSC (Reference No. 01/03-01/282 of Uzmetkombinat JSC dated September 13, 2024). As a result of the application of the technology, the productivity of the production of 50 mm diameter steel grinding balls increased by 15-20 percent.

The structure and size of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The size of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; I part)

1. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Maydalovchi po'lat zoldirlarni tayyorlashning nazariy asoslarini ishlab chiqish va parametrlarini asoslash. "Mexanika va texnologiya" ilmiy jurnali. 2023, Maxsus son № 2 (5), Namangan muhandislik-qurilish instituti, 34-41 b. ISSN 2181-158X. (05.00.00; №33)
2. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Yo'naltiruvchi lineykaning ishchi qismiga 35v9x3cf markali kukunli sim qoplama qoplash orqali ish unumdorligini oshirish. "Kompozitsion materiallar" Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnal. №4, 2023, "Fan va taraqqiyot" DUK, 190-192 b. ISSN 2091-5527. (05.00.00; №13)
3. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Import o'rini bosuvchi mahsulot – maydalovchi po'lat zoldirlarni ishlab chiqarishni o'zlashtirish masalalari. "Ilm-fan va innovatsion rivojlanish" ilmiy-texnikaviy jurnal, 7-jild, 3-son 2024, "Innovatsion rivojlanish nashriyot matbaa uyi" DUK, 36-44 b. PRINT ISSN 2181-9637, ONLINE ISSN 2181-4317. (05.00.00, №24)
4. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Zoldir prokatlash stani ishchi elementlarining konstruksiyalarini ishlab chiqish masalasi. "Al-Farg'oniy avlodlari" elektron ilmiy jurnali, 1-jild, 3-son, 2024, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali, 165-169 b. ISSN 2181-4252. (05.00.00, №10)
5. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarishda ko'p kirimli zoldir prokatlash valoklaridan foydalanish. "Ilm-fan va innovatsion rivojlanish" ilmiy-texnikaviy jurnal, 7-jild, 5-son 2024, "Innovatsion rivojlanish nashriyot matbaa uyi" DUK, 19-29 b. PRINT ISSN 2181-9637, ONLINE ISSN 2181-4317. (05.00.00, №24)
6. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Результаты освоения выпуска стальных мелющих шаров Ø50 мм по ГОСТ 7524-2015 на линии ШПС 80-120 в производственных условиях АО «УЗМЕТКОМБИНАТ». Universum: Технические науки, научный журнал. № 10(127). Часть 2, М., Изд. «МЦНО», 2024. стр. 35-38. ISSN 2311-5122. (05.00.00, №37)
7. Nosirov T.N., Abduraimov Sh.A., Yusupov A.A. Karimova A.R., Karimov K.A., Turaxodjayev N.Dj., Baratov N.B., Shaxobutdinov R.E. Zoldir prokatlash stanining yo'naltiruvchi lineykasi. UZ IAP 7769, 19.07.2024, O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi.

II bo'lim (I часть; I part)

8. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R. Zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasini takomillashtirish masalalari. "Materialshunoslik, materiallar olishning innovatsion texnologiyalari va payvandlash ishlab chiqarishning dolzarb muammolari-2022" mavzusida Respublika ilmiy-texnik anjumani, 19-

- noyabr 2022. - Toshkent, 419-420 b.
9. Хожибеков Т.Д., Хуррамов Д.Х., Носиров Т.Н., Каримова А.Р. Zoldir prokatslash sohasida qo‘llaniladigan kulachoklar profilining analizi masalalari. “Materialshunoslik, materiallar olishning innovatsion texnologiyalari va payvandlash ishlab chiqarishning dolzarb muammolari-2022” mavzusida Respublika ilmiy-texnik anjumani, 19-noyabr 2022. - Toshkent, 421-422 b.
 10. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R. Zoldir prokatslash stani yo‘naltiruvchi lineykasining ishlab chiqarish jarayoniga ta’siri masalasi. “Zamonaviy mashinasozlikda innovatsion texnologiyalarni qo‘llashning ilmiy asoslari: tajriba va istiqbollari” mavzusida Xalqaro miqyosda ilmiy-amaliy konferensiya, NamMQI, 23-24 sentyabr 2022. 183-185 b.
 11. Шахобутдинов Р.Э., Каримова А.Р., Мойдинов А. Особенности применения шаропрокатных валков со сверхзаходными винтовыми калибрами для прокатки помольных шаров малых диаметров на ШПС 80-120 в произведенных условиях АО “Узметкомбинат”. INNOVATION-2022, Международная научная конференция, Ташкент, 2022, стр. 205-206.
 12. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Yo‘naltiruvchi lineyka ishchi qismining geometrik parametrlarini nazariy asoslash. “Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo‘jaligi – oziq-ovqat tarmog‘idagi muammo va istiqbollari” mavzusida III Xalqaro ilmiy-texnik anjuman. 20-21 aprel 2023. - Toshkent, 169-171 b.
 13. Karimov K.A., Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R. Maydalovchi po‘lat zoldirlarni ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirishga doir chora-tadbirlar tahlili. “Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo‘jaligi – oziq-ovqat tarmog‘idagi muammo va istiqbollari” mavzusida III Xalqaro ilmiy-texnik anjuman. 20-21 aprel 2023. - Toshkent, 94-95 b.
 14. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Zoldir prokatslash stani yo‘naltiruvchi lineykasini takomillashtirishning nazariy muammolari. “Quymakorlik ishlab chiqarish sohaida resurs va energiyatejamkor innovatsion texnologiyalar” mavzusida Xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman. 18-19 may 2023. - Toshkent, 273-275 b.
 15. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Khojibekov T. D. Khurramov D. Kh. Development of a mathematical model of the production of grinding steel balls. Of the 8th International Conference “Actual problems of applied mathematics and information technologies” - al-Khwarizmi 2023. September 25-26, 2023, SamSU, Samarkand, p. 93.
 16. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Zoldir prokatslash stani yo‘naltiruvchi lineykasiga ta’sir etuvchi kuchlarni nazariy asoslash. “INNOVATION-2023” Strategik innovatsiyalar va axborotlashtirish Markaziga 35 yil. XXVII Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya, - Toshkent, 2023, 103-105 b.
 17. Каримов К.А., Тураходжаев Н.Д., Шахобутдинов Р.Э., Каримова А.Р., Носиров Т.Н. Перспективы уменьшения нагрузок шаропрокатного стана ШПС 80-120. “Ресурсо - и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве”: Международная научная и научно-

- техническая конференция, 2024, Ташкент, стр. 258-259.
18. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N., Xo‘jamov A. Zoldir prokatchash stani yo‘naltiruvchi lineykalari. “Mashinasozlikda materialshunoslik, payvandlash ishlab chiqarish, materiallar olish va ishlov berishning innovatsion texnologiyalarining dolzarb muammolari” mavzusida Xalqaro ilmiy-texnik anjuman. 16-17 oktyabr 2024. - Toshkent, 198-200 b.
 19. Каримов К.А., Шахобутдинов Р.Э., Каримова А.Р., Мойдинов А. Расчёт на прочность кулачков копировального устройства. “Mashinasozlikda materialshunoslik, payvandlash ishlab chiqarish, materiallar olish va ishlov berishning innovation texnologiyalarining dolzarb muammolari” mavzusida Xalqaro ilmiy-texnik anjuman. 16-17 oktyabr 2024. - Toshkent, 461-463 b.
 20. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Zoldir prokatchash jarayonida yo‘naltiruvchi lineykaning ishchi yuzasiga ta’sir qiluvchi kuchlar tahlili. “Quymakorlik ishlab chiqarish sohaida resurs va energiyatejamkor innovatsion texnologiyalar” mavzusidagi Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman. - Toshkent, 2024, 255-257.
 21. Nosirov T.N., Karimova A.R. Influence of the working part of the skew rolling mill linear guide on the technological process of rolling. Міжнародна науково-технічна конференція студентів І молодих учених “Молода академія-24”, Дніпро, 2024, стр. 106.
 22. Носиров Т.Н., Каримов К.А., Тураходжаев Н.Д., Шахобутдинов Р.Э., Каримова А.Р., Освоение выпуска импортозамещающей продукции и увеличение производительности выпуска стальных помольных шаров. “Innomet.uz-2024”: Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию АО «Узметкомбинат», 2024, Бекабад, стр. 50-52.
 23. Носиров Т.Н., Шахобутдинов Р.Э., Каримова А.Р. Определение геометрических параметров направляющей линейки ШПС для сверхзаходных винтовых калибров. “Innomet.uz-2024” Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию АО «Узметкомбинат», 2024. Бекабад, стр. 52-55.
 24. Носиров Т.Н., Каримова А.Р., Шахобутдинов Р.Э. Решение некоторых задач шаропрокатного производства. “Актуальные проблемы современной науки, техники и образования” Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию Магнитогорского государственного им. Г.И. Носова, 2024, Магнитогорск, стр. 261.
 25. Shaxobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Zoldir prokatchash stani yo‘naltiruvchi lineykasining yeyilishbardoshliligini oshirish masalasi. “Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo‘jaligi-ozuq-ovqat tarmog‘idagi muammo va istiqollari” mavzusida IV Xalqaro ilmiy-texnik anjuman. - Toshkent, 2024, 92-94 b.

