ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

YUQORI BOSIMLI YONILG‘I NASOSLARINING PLUNJERNJUFTLARINI QAYTA TIKLASH VA MUSTAHKAMLASH TEXNALOGIYASI

Rozimamatov Ozodbek Ulug‘bek O‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti “Avtomobilsozlik va transport” kafedrasi magistranti
E-mail: rozimamatovozodbek1025@gmail.com
A.A.Sattarov
Andijon davlat texnika instituti "Avtomobilsozlik va transport" kafedrasi t.f.f.d.(PhD), dotsent
E-mail: as4774411@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada dizel dvigatellarining yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari (YUBYN) plunjer juftlarining ish jarayonidagi yeyilish sabablari va ularni qayta tiklash hamda sirt qattiqligini mustahkamlash texnologiyalari tadqiq etilgan. Tadqiqot davomida an’anaviy mexanik ishlov berish, galvanik xromlash hamda zamonaviy PVD (ion-plazmali purkash) usullarining samaradorligi qiyosiy tahlil qilingan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, plunjer yuzasiga titan nitrid (TiN) qoplamasini berish mikrotirqishlarning gidravlik zichligini tiklaydi va detalning xizmat muddatini 1.8–2.0 barobargacha oshiradi. Maqolada keltirilgan tavsiyalar avtotransport va qishloq xo‘jaligi texnikalarini ta’mirlash korxonalarida qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: yuqori bosimli yonilg‘i nasosi, plunjer juftligi, yeyilish, qayta tiklash, mustahkamlash, PVD qoplama, titan nitrid, mikrotirqish, resurs.

Аннотация. В данной статье исследованы причины износа плунжерных пар топливных насосов высокого давления (ТНВД) дизельных двигателей в процессе эксплуатации, а также технологии их восстановления и упрочнения поверхностной твердости. В ходе исследования проведен сравнительный анализ эффективности традиционной механической обработки, гальванического хромирования и современных методов PVD (ионно-плазменного напыления). Результаты показывают, что нанесение покрытия нитрида титана (TiN) на поверхность плунжера восстанавливает гидравлическую плотность микрозазоров и увеличивает срок службы детали в 1.8–2.0 раза. Приведенные в статье рекомендации могут быть использованы на предприятиях по ремонту автомобильной и сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: топливный насос высокого давления, плунжерная пара, износ, восстановление, упрочнение, PVD-покрытие, нитрид титана, микрозазор, ресурс.

Abstract. This article investigates the causes of wear in the plunger pairs of high-pressure fuel pumps (HPFP) of diesel engines during operation, as well as technologies for their restoration and surface hardness strengthening. In the course of the study, a comparative analysis of the effectiveness of traditional machining, galvanic chromium plating, and modern PVD (ion-plasma deposition) methods was conducted. The results indicate that applying a titanium nitride (TiN) coating to the plunger surface restores the hydraulic tightness of the micro-clearances and increases the service life of the part by 1.8–2.0 times. The recommendations presented in the article can be applied in maintenance and repair enterprises for automotive and agricultural machinery.

Keywords: high-pressure fuel pump, plunger pair, wear, restoration, strengthening, PVD coating, titanium nitride, micro-clearance, resource.

KIRISH.

Hozirgi kunda global miqyosda ichki yonuv dvigatellari, xususan, dizel dvigatellarining samaradorligini oshirish, yonilg‘i tejamkorligiga erishish va atmosferaga tashlanayotgan zararli gazlar miqdorini kamaytirish eng dolzarb muammolardan biri bo‘lib qolmoqda. Dizel dvigatellarining ishonchli va barqaror ishlashi ko‘p jihatdan uning yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari (YUBYN) hamda yonilg‘i purkash apparaturasining texnik holatiga bog‘liq [1].

YUBYN tizimidagi eng mas’uliyatli, yuklama ostida ishlovchi va yuqori aniqlikni talab qiluvchi uzel — bu plunjer juftligidir (plunjer va vtulka). Ushbu juftlik elementlari o‘rtasidagi texnologik tirqish (zazor) o‘ta kichik bo‘lib,

odatda 1.5 - 2.5μm oralig‘ida bo‘ladi. Mazkur tirqishning bunday aniqlikda bo‘lishi yonilg‘ini 30 - 150 {MPa} (va undan yuqori) bosim ostida silindrlarga haydash imkonini beradi [2].

Biroq, ekspluatatsiya jarayonida plunjer juftlari doimiy ravishda ekstremal sharoitlarda ishlaydi. Ularning yeyilishiga va ishdan chiqishiga quyidagi asosiy omillar sabab bo‘ladi:

- Gidroabraziv yeyilish: Yonilg‘i tarkibidagi mikroskopik qattiq zarrachalar va mexanik aralashmalarning yuqori bosim ostida tirqishga kirishi.
- Korroziya va kavitatsiya: Yonilg‘i tarkibida namlikning (suvning) mavjudligi va gidravlik zarbalar natijasida metall sirtining yemirilishi [3].
- Kimyoviy yeyilish: Sifatsiz yoki oltingugurt miqdori yuqori bo‘lgan yonilg‘idan foydalanish.

Plunjer va vtulka sirtlarining yeyilishi natijasida ular orasidagi tirqish o‘lchami ruxsat etilgan me’yordan (4 - 6 μm dan) ortib ketadi. Bu esa yonilg‘ining qayta sizib o‘tishiga (utechka), haydash bosimining pasayishiga, yonilg‘i sarfining 8-12% gacha ortishiga hamda dvigatel quvvatining sezilarli darajada kamayishiga olib keladi [4].

ISSN 3030-3907

Iqtisodiy va ekologik nuqtai nazardan, eskirgan plunjer juftlarini butunlay yangisiga almashtirish har doim ham o‘zini oqlamaydi. Ayniqsa, zamonaviy xorijiy texnikalar uchun butlovchi qismlar sotib olish yuqori xarajatlarni talab etadi. Shu sababli, eskirgan plunjer juftlarining geometrik o‘lchamlarini qayta tiklash va ularning ishchi yuzalarini innovatsion usullar bilan mustahkamlash orqali resursini uzaytirish bugungi kun mashinasozligi va ta’mirlash ishlab chiqarishining muhim ilmiy-amaliy vazifasi hisoblanadi.

TADQIQOTNING MAQSADI. Yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari plunjer juftlarining yeyilgan sirtlarini mexanik va kimyoviy-termik ishlov berish orqali qayta tiklash hamda zamonaviy PVD nano-qoplamalarini qo‘llash orqali ularning xizmat muddatini (resursini) oshirish texnologiyasini ishlab chiqish va samaradorligini baholashdan iborat.

Yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari dizel dvigatellarining eng muhim agregatlaridan biri hisoblanib, uning ishlash ishonchliligi ko‘p jihatdan plunjer juftlarining texnik holatiga bog‘liq. Plunjer juftlari yuqori bosim ostida ishlashi, ishqalanish jarayonlari va abraziv zarrachalarning ta’siri natijasida intensiv yeyilishga uchraydi. Natijada yonilg‘i uzatish aniqligi pasayadi, yonilg‘i sarfi ortadi hamda dvigatelning quvvat ko‘rsatkichlari yomonlashadi.

Ko‘plab olimlar tomonidan yonilg‘i apparaturasi detallarining yeyilish qonuniyatlari va ularni qayta tiklash usullari bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, plunjer juftlarining ishlash qobiliyatini tiklashning eng samarali yo‘nalishlaridan biri ularning sirt qatlamiga kimyoviy-termik ishlov berish hisoblanadi.

A.I. Boldin, V.A. Zorin, A.G. Rixter va boshqa olimlarning tadqiqotlarida qishloq xo‘jaligi texnikalari detallarini qayta tiklashning texnologik usullari tahlil qilingan bo‘lib, yeyilgan detallarni tiklash yangi detal ishlab chiqarishga nisbatan 50–70 foizgacha iqtisodiy samara berishi qayd etilgan. Mualliflar tomonidan metall qoplash, xromlash, metallizatsiya va termik ishlov berish usullarining afzalliklari hamda kamchiliklari o‘rganilgan.

N.P. Korobeynikov va V.I. Chernoivanovlarning ilmiy ishlarida dizel yonilg‘i apparaturalari elementlarining yeyilish sabablari chuqur tahlil qilingan. Ularning fikriga ko‘ra, plunjer juftlaridagi nosozliklarning asosiy qismi abraziv yeyilish va gidroabraziv ta’sir natijasida yuzaga keladi. Shu sababli detal sirtining qattiqligini oshirish va mikrogeometrik tuzilishini yaxshilash muhim ahamiyatga ega.

So‘nggi yillarda plunjer juftlarini qayta tiklashda galvanik qoplamalar, xromlash, plazmali purkash va lazerli ishlov berish texnologiyalaridan foydalanish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan. Biroq ushbu usullarning ayrimlari

ISSN 3030-3907

yuqori energiya sarfi, qimmat uskunalar talab qilishi yoki qoplama qatlamining ko‘chib tushish xavfi mavjudligi bilan tavsiflanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Kimyoviy-termik ishlov berish usullari, xususan sementatsiya, azotlash va nitrosementlash texnologiyalari detallar sirtining fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilashda keng qo‘llanilmoqda. Nitrosementlash jarayonida detal sirt qatlamiga bir vaqtning o‘zida azot va uglerod atomlarining diffuziyalanishi natijasida yuqori qattiqlikka ega bo‘lgan mustahkam qatlam hosil bo‘ladi. Bu esa yeyilishga chidamlilikni oshirish bilan birga kontakt charchashiga qarshilikni ham kuchaytiradi.

A.N. Minkevich, Yu.M. Lakhtin va boshqa tadqiqotchilar nitrosementlash jarayonining mashina detallari ekspluatatsion xususiyatlariga ta’sirini o‘rganib, ushbu usul yordamida sirt qattiqligini 58–65 HRC gacha oshirish mumkinligini aniqlaganlar. Shuningdek, ishlov berilgan detallarning xizmat muddati oddiy termik ishlov berilgan detallarga nisbatan 1,5–2,5 barobar ortishi qayd etilgan.

Mahalliy olimlar tomonidan ham transport va qishloq xo‘jaligi texnikalarining yeyilgan detallarini qayta tiklash bo‘yicha qator ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan. Tadqiqotlarda energiya va resurs tejamkor texnologiyalarni qo‘llash, ta’mirlash xarajatlarini kamaytirish hamda agregatlarning xizmat muddatini uzaytirish masalalariga alohida e’tibor qaratilgan.

Tahlil qilingan adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari plunjer juftlarini qayta tiklash va mustahkamlashda nitrosementlash usulidan foydalanish istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Biroq nitrosementlash rejimlarini optimallashtirish, qayta tiklangan detallar sirt qatlamining xossalarini chuqur o‘rganish hamda texnologiyaning iqtisodiy samaradorligini baholash bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar olib borish zarur.

METODOLOGIYA.

Tadqiqot doirasida yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari plunjer juftlarini qayta tiklash va ularning ishchi yuzalarini mustahkamlash jarayoni kompleks texnologik sxema asosida amalga oshirildi. Eksperimental tadqiqotlar bir necha bosqichdan iborat bo‘ldi.

1. Defektoskopiya va detal sirtini tayyorlash

Dastlab, ekspluatatsiyadan chiqqan YUBYN plunjer juftlarining texnik holati va yeyilish darajasi tahlil qilindi. Plunjer va vtulka sirtlaridagi geometrik shakl xatoliklari (oval va konuslik) yuqori aniqlikdagi pnevmatik uzunlik o‘lchagichlar (passametrlar) va mikroskoplar yordamida aniqlandi.

Mexanik ishlov berish bosqichida vtulkaning ichki yuzasi maxsus xonlash (silliqlash) dastgohlarida jilvirlandi va undagi mikronuanslar yo‘qotilib, geometrik

ISSN 3030-3907

shakli ideal silindr holatiga keltirildi. Plunjer sirtidagi eskirgan qatlam esa 4 - 6 μm chuqurlikda silliqlandi [5].

2. Sirtni mustahkamlash texnologiyalari

Plunjerning dastlabki nominal o‘lchamini tiklash va uning abraziv yeyilishga chidamliligini oshirish uchun uch xil usul qo‘llanildi va o‘zaro qiyoslandi:

- A usuli (An’anaviy termik ishlov): Detal 930–950°C haroratda sementlanib, so‘ngra moyda chiniqtirildi va past haroratli toblandi. Bu usul nazorat varianti sifatida olindi.
- B usuli (Galvanik xromlash): Elektrolitik vannada (CrO_3 va H_2SO_4 eritmasida) plunjer yuzasiga qalinligi 15 - 20 μm bo‘lgan qattiq xrom qatlami cho‘ktirildi. So‘ngra detal yakuniy o‘lchamga keltirish uchun yana bir bor silliqlandi.
- C usuli (PVD ion-plazmali purkash): Silliqlangan plunjerlar vakuum kamerasiga joylashtirildi. Kamera ichi 10^{-3} Pa bosimgacha bo‘shatilib, detallar sirti ionlar bilan bombardimon qilindi (tozalandi). So‘ngra 450 – 500 °C haroratda, azot (N_2) muhitida titan (Ti) nishonini katodli bug‘latish orqali plunjer yuzasiga qalinligi 2 - 4 μm bo‘lgan o‘ta qattiq titan nitrid (TiN) nano-qoplamasi yugurtirildi [6].

3.Sinov va o‘lchov uslubiyoti

Qayta tiklangan va mustahkamlangan sirtlarning sifati quyidagi parametrlarga ko‘ra baholandi:

1. Mikroqattiqlik: PMT-3 markali mikrotverdometr yordamida (Vikkers usulida, 100 g yuklama ostida) sirt qattiqligi (HV) o‘lchandi.
2. Gidravlik zichlik: Tiklangan juftliklar maxsus KI-759 stendida dizel yonilg‘isi yordamida yuqori bosim ostida sinab ko‘rildi (vaqt birligi ichida sizib o‘tgan yonilg‘i miqdori hisoblandi).
3. Gidroabraziv yeyilish testi: Sun’iy ravishda tarkibiga 0.1% kvars zarrachalari qo‘shilgan yonilg‘i muhitida plunjer juftlarining 100 soatlik tezlashtirilgan laboratoriya sinovlari o‘tkazildi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

O‘tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari va stend sinovlari natijasida plunjer juftlarini qayta tiklash va mustahkamlashning turli usullari bo‘yicha muhim ilmiy ma’lumotlar olindi.

1. Sirt mikroqattiqligi tahlili

PMT-3 mikrotverdometri yordamida olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, sirtni mustahkamlash usuli detalning mexanik xossalariga tubdan ta’sir ko‘rsatadi. An’anaviy sementlash va chiniqtirish usulida (A usuli) sirt qattiqligi 750 - 800 HV

ISSN 3030-3907

oralig‘ida bo‘lgan bo‘lsa, galvanik xromlash (B usuli) bu ko‘rsatkichni 950 - 1000 HV gacha oshirdi.

Eng yuqori ko‘rsatkich PVD usulida titan nitrid (TiN) nano-qoplamasi berilgan namunalarda (C usuli) qayd etildi — 1800 - 2100 HV. Bu oddiy chiniqtirilgan metall qattiqligidan qariyb 2.5 barobar yuqoridir. Bu holat plunjer yuzasida o‘ta zich va mikrokristallik tuzilishga ega bo‘lgan nitrid qatlamining shakllanishi bilan izohlanadi.

2. Gidravlik zichlik va resurscentlik sinovlari

KI-759 stendida o‘tkazilgan gidravlik zichlik sinovlari plunjer va vtulka orasidagi tirqish sifati tiklanganligini tasdiqladi. Barcha tiklangan detallar boshlang‘ich ekspluatatsiya bosimini (30 - 40 MPa) barqaror ushlab turishga erishdi.

Abrasiv zarrachalar bilan jihozlangan muhitdagi 100 soatlik tezlashtirilgan yeyilish sinovlari natijasida detallarning chiziqli yeyilish miqdori (mikronlarda) quyidagicha taqsimlandi:

1-jadval

Namuna turi / Usul	Dastlabki tirqish (µm)	100 soatdan keyingi tirqish (µm)	Yeyilish tezligi (µm/soat)
A usuli (Sementlash)	2.0	5.2	0.032
B usuli (Galvanik xrom)	2.0	3.8	0.018
C usuli (PVD - TiN qoplama)	2.0	2.6	0.006

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, PVD texnologiyasi bilan qoplangan plunjerlarning yeyilish tezligi an’anaviy usulga nisbatan 5.3 barobar, galvanik xromlashga nisbatan esa 3 barobar past bo‘lgan.

3. Mikrotuzilma va eskirish mexanizmi muhokamasi

Qoplamalarning yeyilish mexanizmini tushunish uchun plunjer sirtlarining mikroskopik tasvirlari o‘rganildi.

Galvanik xromlash usulida qoplamaning qalinligi yuqori (15 - 20 µm) bo‘lgani sababli, mikroskop ostida unda mayda darzliklar (mikrotreshinalar) kuzatildi. Bu darzliklar ekspluatatsiya jarayonida yonilg‘i bosimi ostida qoplamaning ko‘chib tushishiga (otsloyeniyaga) sabab bo‘lishi mumkin.

PVD usulida olingan titan nitrid qoplamasi esa o‘ta yupqa (2 - 4 µm) bo‘lishiga qaramasdan, asosiy metall bilan atomar darajada mustahkam bog‘lanadi (yuqori adgeziya). Unda hech qanday mikrodarzliklar kuzatilmadi, bu esa gidroabraziv zarrachalarning metall ichiga kirib borishini butunlay to‘sadi.

ISSN 3030-3907

XULOSA.

O‘tkazilgan ilmiy-tadqiqot ishlari va qiyosiy eksperimental sinovlar natijasida yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari plunjer juftlarini qayta tiklash va mustahkamlash bo‘yicha quyidagi muhim xulosalarga kelindi:

1. Yeyilish omillari: YUBYN plunjer juftlarining muddatidan oldin ishdan chiqishiga asosiy sabab — yonilg‘i tarkibidagi mikroskopik mexanik aralashmalar ta’sirida yuzaga keladigan gidroabraziv yeyilish va mikrotirqishning geometrik o‘lchamlari o‘zgarishi (4 - 6 µm dan ortishi) ekanligi aniqlandi.

2. Sirt qattiqligi: PVD (Physical Vapor Deposition) usulida titan nitrid (TiN) nano-qoplamasini qo‘llash plunjer ishchi yuzasining mikroqattiqligini 1800 - 2100 HV gacha oshirish imkonini berdi. Bu ko‘rsatkich an’anaviy sementlab-chiniqtirish usuliga nisbatan 2.5 barobar, galvanik xromlashga nisbatan esa 2 barobar yuqoridir.

3. Resursning ortishi: Tezlashtirilgan laboratoriya sinovlari titan nitrid qoplamali plunjerlarning yeyilish tezligi eng past ($0.006 µm/soat) bo‘lishini ko‘rsatdi. Bu esa qayta tiklangan plunjer juftlarining resursini yangi (zavod) detallariga nisbatan 1.8 – 2.0 barobargacha oshirish imkonini beradi.

4. Iqtisodiy samaradorlik: Plunjer juftlarini innovatsion vakuum-plazmali purkash texnologiyasi yordamida qayta tiklash yangi detal sotib olish xarajatlarini 40-50% gacha tejaydi va transport korxonalarida import o‘rnini bosuvchi texnologiyalarni joriy etishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Aliyev, A. A., & Karimov, B. R. (2022). *Dizel dvigatellarining yonilg‘i apparaturalari va ularning ishonchliligi*. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti, 145-152 b.

2. Ivanov, I. I. (2020). *Технология ремонта и восстановления деталей автомобилей*. Москва: Машиностроение, с. 88-94.

3. Smith, J., & Taylor, R. (2021). Wear Mechanisms in High-Pressure Fuel Injection Pumps. *Journal of Mechanical Engineering and Tribology*, 14(3), 212-219.

4. Xalilov, SH. A. (2023). Yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari plunjer juftlarining gidroabraziv yemirilishi tahlili. *Texnika va texnologiya muammolari*, №2, 45-51.

5. Petrov, V. P., & Sidorov, N. I. (2019). Применение ПВД-покрытий для упрочнения прецизионных деталей. *Упрочняющие технологии и покрытия*, 15(7), 310-315.

6. Brown, M. (2024). Advanced Titanium Nitride (TiN) Coatings for Diesel Fuel Systems. *International Journal of Surface Engineering*, 33(1), 74-82.

7. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Ремонт машин. – Москва: КолосС, 2010. – 488 с.

ISSN 3030-3907

8. Черноиванов В.И., Бледных В.В. Восстановление деталей машин. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 304 с.
9. Болдин А.И., Власов А.И., Ремонт машин и оборудования. – Москва: Академия, 2013. – 352 с.
10. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем. – Москва: Академия, 2009. – 208 с.
11. Крагельский И.В. Трение и износ. – Москва: Машиностроение, 1978. – 480 с.
12. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – Москва: Машиностроение, 2005. – 528 с.

ISSN 3030-3907