

**ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI PhD. 03/2025.27.12.T.18.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

ABDULLAYEV ALIMARDON IKROMJONOVICH

**YUQORI BOSIMLI YONILG‘I NASOSINING QAYTA TIKLANGAN
PLUNJER JUFTLIKHLARI ORQALI EKSPLUATATSION
KO‘RSATKICHLARINI ASOSLASH**

05.08.06 - G‘ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish

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

Andijon - 2026

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

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Abdullayev Alimardon Ikromjonovich

Yuqori bosimli yonilg‘i nasosining qayta tiklangan plunjer juftliklari orqali
ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini asoslash..... 5

Абдуллаев Алимардон Икромович

Оценка эксплуатационных показателей топливного насоса высокого
давления с помощью восстановленных плунжерных пар..... 19

Abdullayev Alimardon Ikromjonovich

Evaluation of the performance indicators of a high-pressure fuel pump
using restored plunger pairs 35

E‘lon qilingan ishlar ro‘yhati

Список опубликованных работ

List of published works..... 40

**ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI PhD. 03/2025.27.12.T.18.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

ABDULLAYEV ALIMARDON IKROMJONOVICH

**YUQORI BOSIMLI YONILG‘I NASOSINING QAYTA TIKLANGAN
PLUNJER JUFTLIK LARI ORQALI EKSPLUATATSION
KO‘RSATKICHLARINI ASOSLASH**

05.08.06 - G‘ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish

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

Andijon - 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasida B2025.1.PhD/T2949 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-sahifasi (www.astiedu.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Ismatov Jumaniyev Fayzullayevich
texnika fanlari doktori (DSc), dotsent

Rasmiy opponentlar:

Xudoyarov Anvar Nazirjonovich
texnika fanlari doktori (DSc), professor

Nasirov Ilxam Zakirovich
texnika fanlari nomzodi, professor

Yetakchi tashkilot:

Farg'ona davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Andijon davlat texnika instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/2025.27.12.T.18.01 raqamli ilmiy kengashning 2026 yil «___» _____soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 170119, Andijon shaxri, Boburshoh ko'chasi, 56-uy. Tel: (99874) 223-43-67; faks: (99874) 223-43-67; e-mail: info@astiedu.uz; e-xat: asti@exat.uz

Dissertatsiya bilan Andijon davlat texnika institutining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (_____-raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 170119, Andijon shahri, Boburshoh ko'chasi, 56-uy. Tel: (99891) 612-30-06; faks: (99874) 223-43-67; e-mail: asti-arm@umail.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil «___» _____ kuni tarqatildi.
(2026 yil «___» _____dagi № _____-raqamli reestr bayonnomasi).



U.M. Turdialiyev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

Sh.X. Yo'ldashev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash kotibi, t.f.f.d.,(PhD) dotsent

K. Yuldashev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi, t.f.d.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda mashina va mexanizmlarning ishlash muddatini oshirish, energiya samaradorligini ta'minlash hamda ekologik xavfsiz texnologiyalarni qo'llash yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida, jumladan AQSh, Kanada, Germaniya, Shvetsiya, Janubiy Koreya, Xitoy va boshqa mamlakatlarda transport vositalarining ishonchligi, yonilg'i tejamkorligi va ekologik ko'rsatkichlarini oshirishga qaratilgan keng ko'lamli ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy etishni taqazo etadi. Shu jihatdan mazkur tadqiqotlarda, ayniqsa, ichki yonuv dvigatellarining yonilg'i ta'minot tizimi elementlarining texnik holatini yaxshilash, ularning xizmat muddatini uzaytirish hamda turli ekspluatatsiya sharoitlarida barqaror ishlashini ta'minlashga doir ilmiy-amaliy yechimlardan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda zamonaviy dizel dvigatellarining samaradorligini oshirish, yonilg'i sarfini kamaytirish va ekologik ko'rsatkichlarini yaxshilash masalalarini yechishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, yonilg'i ta'minot tizimining asosiy elementi hisoblangan yuqori bosimli yonilg'i nasosi muhim o'rin tutadi va nasos tarkibidagi plunjer juftliklari yuqori bosim, harorat va ishqalanish sharoitida ishlashi natijasida tez yeyiladi, bu esa dvigatelning ekspluatatsion ko'rsatkichlari pasayishiga olib keladi. Shu jihatdan mazkur tadqiqotlarda, ayniqsa, ichki yonuv dvigatellarining yonilg'i ta'minot tizimi elementlarining texnik holatini yaxshilash, ularning xizmat muddatini uzaytirish hamda turli ekspluatatsiya sharoitlarida barqaror ishlashini ta'minlashga qaratilgan muhim ilmiy-amaliy masalalarning yechimlari va natijalaridan foydalanishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda avtomobil transporti, jumladan, qishloq xo'jaligi va sanoatda avtomobillardan foydalanish samaradorligini oshirish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026-yillarda Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "Iqtisodiyot ehtiyojlaridan kelib chiqqan holda mineral-xom ashyo bazasini kengaytirish", "Yetakchi sanoat va iqtisodiyot tarmoqlarini yanada liberallashtirish"¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, atmosfera havosidagi chiqindi gazlar miqdori ortib borishini hisobga olgan holda avtomobil dizel dvigatellari yonilg'i tizimining ish samaradorligini oshirish, ularga texnik xizmat ko'rsatish texnologiyalarini takomillashtirish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish, shuningdek, ushbu maqsadlar uchun yangi texnologik jarayonlarni ishlab chiqish va ishga tushirish bilan bog'liq tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi "O'zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"²gi PF-5863-son farmonida va 2023 yil 11 sentabrdagi PQ-158-son "O'zbekiston–2030 strategiyasi to'g'risida"gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

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

² <https://lex.uz/docs/-4574008>.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining II “Energetika, energiya va resurstejamkorlik” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoni o‘rganilganlik darajasi. Dunyo olimlari tomonidan avtomobil detallarining mustahkamligini oshirish bo‘yicha ko‘plab ilmiy-tadqiqotlar olib borilgan. Dunyoning yetakchi olimlari, jumladan V.V. Antipov, Boshirov, S.A. Velichko, M.M. Vichert, V.A. Didur, B.P. Zagorodskix, E.V. Kiper, V.G. Kislov, A.T. Lebedev, V.V. Safonov, A.I. Selivanov, T.A. Siritsin, B.N. Feinleib, V.E. Cherkun va boshqalar yuqori bosimli yonilg‘i nasoslarining detallarini yeyilishi hamda dispers materiallar bilan galvanik va kimyoviy qoplamalarni modernizatsiya qilish usullarini ishlab chiqishgan.

MDH olimlari V.Ye. Loginov, B.N. Fayiley, V.V. Altipov, R.M. Bashirov va boshqa olimlar yuqori bosimli yonilg‘i nasoslarining detallari va birikmalarini yeyilishi hamda yeyilishga bardoshlilikini oshirish sohasida ilmiy – tadqiqot ishlarini olib borganlar.

O‘zbekiston olimlari S.M.Qodirov, U.R. Ikramov, R.M. Bashirov, S.N. Sharafudinov, S.L. Shishurin va boshqalar qayta tiklash texnologiyalarini tadqiq qilish va ishlab chiqish, yuqori bosimli yoqilg‘i nasoslari plunjer juftliklarini yeyilish bardoshlilikini, shuningdek ishonchliligi va chidamliligini oshirishda F.X.Burumkulov, S.N. Sharifudinov, M.M. Toshpulatov, K.X. Maxkamov va boshqalar ilmiy maktablari tomonidan amalga oshirildi. Shu bilan birga qayd etish joizki ushbu tadqiqotlarda qayta tiklangan plunjer juftliklariga ega yuqori bosimli yonilg‘i nasosining ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini aniqlash usullari yetarlicha o‘rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotini bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi dizel dvigatelli avtomobillarning qayta tiklangan plunjer juftliklariga ega yuqori bosimli yonilg‘i nasosini ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini yaxshilashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

dizel dvigatelli avtomobillar yuqori bosimli yonilg‘i nasosi plunjer juftliklarini yeyilishi hamda qayta tiklashning mavjud usullarini tahlil qilish;

yuqori bosimli yonilg‘i nasosining plunjer juftliklarini yeyilish sabablarini nazariy modellarini ishlab chiqish;

yuqori bosimli yonilg‘i nasosini qayta tiklangan plunjer juftliklarini ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini yaxshilash bo‘yicha nazariy va eksperimental tadqiqot natijalarini solishtirma tahlil qilish;

qayta tiklangan plunjer juftliklarini gidravlik zichlik qiymat ko‘rsatkichlarini aniqlash hamda tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob‘ekti sifatida dizel dvigatelli avtomobillar yuqori bosimli yonilg‘i nasosining plunjer juftliklari olingan.

Tadqiqotning predmeti dizel dvigatelli avtomobillarning yuqori bosimli yonilg'ı nasosi plunjer juftliklarini ishchi yuzalari yeyilish mexanizmi hamda bu jarayonlarning yonilg'ı nasosining umumiy ekspluatatsion ko'rsatkichlariga ta'sirini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida eksperiment, kuzatuv, matematik statistika va modellashtirish, tizimli va nazariy tahlil, fizik- mexanik, gidravlik, kimyoviy- ekspluatatsion, kompleks stend hamda zamonaviy tadqiq qilish usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

grafik-analitik yondashuv asosida yuqori bosimli yonilg'ı nasosining plunjer juftliklarida hosil bo'ladigan tirqish miqdorini aniqlash uslubi hamda ularning yeyilish jarayonini tavsiflovchi matematik model takomillashtirilgan;

plunjer juftliklarining ishchi yuzalari orasida hosil bo'ladigan abraziv zarrachalarning harakatlanish qonuniyatlari va ularning yeyilish jarayoniga ta'sir etish mexanizmi zarrachalarning geometrik o'lcham va shakllariga bog'liqligi ilmiy asoslandi;

plunjer juftliklarining yuza g'adir-budirlik qiymatlari asosida korrelyatsion-regression tahlil usuli yordamida, ularning normal taqsimlanish qonuni bo'yicha buzilmasdan ishlash ehtimolligini aniqlash uslubi ishlab chiqilgan;

plunjer juftliklarini gidravlik zichlikka sinash natijalariga asoslanib, eksperimental tadqiqot usullaridan foydalanish orqali ularning ekspluatatsion holatini tavsiflovchi chegaraviy parametrlarni aniqlash uslubi ishlab chiqilgan hamda ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Tadqiqot natijalari asosida yuqori bosimli yonilg'ı nasosining qayta tiklangan plunjer juftliklarini qo'llash texnologiyasi ishlab chiqilib amaliyotga joriy etildi. Ushbu texnologiya "Andijon viloyati avtomobil yo'llari bosh boshqarmasi Asaka tuman yo'llardan foydalanish davlat muassasasi" maxsus avtomobillarining yuqori bosimli yonilg'ı nasoslarida sinovdan o'tkazildi. Natijada qayta tiklangan plunjer juftliklarini qo'llash ekspluatatsion ko'rsatkichlarni yaxshilashi hamda ularning yeyilishga chidamliligi yangi plunjer juftliklariga nisbatan 1,1–1,2 barobar oshishi aniqlangan.

xrom asosidagi nanokompozit elektrolit qoplamalar asosida tiklangan plunjer juftliklarini qattiqligi HV 11000- 13000 MPagacha oshirilgan;

plunjer juftliklarini yuza aniqlik qiymatlari yangisi bilan taqqoslaganda $R_a < 0.04$ mkmgga tengligi taminlangan;

yuqori bosimli yonilg'ı nasosining plunjer juftliklarini yeyilish jarayoni matematik modeli ishlab chiqilgan;

plunjer juftliklarini yeyilishiga abraziv donachalarning ta'sir mexanizimi modeli ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi izlanishlarning zamonaviy uslub va o'lchash vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, dizel dvigatelli avtomobillar yuqori bosimli yonilg'ı nasosining qayta tiklangan plunjer juftliklari ekspluatatsion ko'rsatkichlari hamda ish rejimlarini nazariy jihatdan asoslashda oliy matematika va nazariy mexanikaning asosiy qoida va usullariga amal qilinganligi, tajribalar natijalariga matematik statistika usullari bilan

ishlov berilganligi, nazariy va amaliy tadqiqotlar natijalarining o‘zaro adekvatligi, tanlangan qayta tiklash texnologiyalarini avtotransport korxonasi maxsus texnikalari sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati yuqori bosimli yonilg‘i nasosining plunjer juftliklarini qayta tiklash texnologiyalarini tanlashning texnik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarni kompleks baholash metodi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Olingan natijalarning amaliy ahamiyati dizel dvigatelli avtomobillarning yuqori bosimli yonilg‘i nasosidagi plunjer juftliklarini avtotransport korxonalari ta‘mirlash ustaxonasi sharoitida qayta tiklash orqali mustahkamligini oshirish, ekspluatatsion davriyligini ta‘minlash, yonilg‘i sarfini hamda xarajatlarni kamaytirish imkonini berish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarning joriy qilinishi. Dizel dvigatelli avtomobillarning yuqori bosimli yonilg‘i nasosining qayta tiklangan plunjer juftliklarini ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini asoslash bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

dizel dvigatelli avtomobillarning yuqori bosimli yonilg‘i nasoslarida qayta tiklangan plunjer juftliklarini qo‘llash “Andijon viloyati avtomobil yo‘llari bosh boshqarmasi Asaka tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasi”da amaliyotga joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligining 2025 yil 27-iyundagi 4/6900-son ma‘lumotnomasi). Natijada dizel dvigatelli avtomobillarning yuqori bosimli yonilg‘i nasosidagi plunjer juftliklarini avtotransport korxonalari ta‘mirlash ustaxonasi sharoitida qayta tiklash orqali mustahkamligini oshirish, ekspluatatsion davriyligini ta‘minlash, yonilg‘i sarfini hamda xarajatlarni kamaytirishiga olib kelgan;

yuqori bosimli yonilg‘i nasosining plunjer juftliklarini qayta tiklash texnologiyalarini tanlashning texnik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarni kompleks baholash metodi, “Andijon viloyati avtomobil yo‘llari bosh boshqarmasi Asaka tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasi” da amaliyotga joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi transport vazirligining 2025 yil 27-iyundagi 4/6900-son ma‘lumotnomasi). Natijada, qayta tiklangan plunjer juftliklariga ega yuqori bosimli yonilg‘i nasosning bosim korsatkichi 3-5 foizga farq qildi, buning natijasida amaliy ekspluatatsiya uchun to‘liq ruhsat etiladigan chegara ko‘rsatkichlari yaxshilangan;

plunjer juftliklarining ekspluatatsion holatini aniqlovchi chegaraviy qiymatlarini aniqlash uslubi “Andijon viloyati avtomobil yo‘llari bosh boshqarmasi Asaka tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasi” da amaliyotga joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi transport vazirligining 2025 yil 27-iyundagi 4/6900-son ma‘lumotnomasi). Natijada, qayta tiklangan plunjer juftliklari yangisi bilan taqqoslaganda yeyilishga chidamliligi 1.1 -1.2 marta oshirishga erishilgan;

qayta tiklangan plunjer juftliklarini qollash, “Andijon viloyati avtomobil yo‘llari bosh boshqarmasi Asaka tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasi” da amaliyotga joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi transport vazirligining 2025 yil 27-iyundagi 4/6900-son ma‘lumotnomasi). Natijada, ishlab chiqarishga joriy etilgan texnologiya iqtisodiy samaradorlikka ega bo‘lib, Andijon viloyati miqyosida ta‘mirtalab 338 maxsus avtomobillar hisobidan 2028 dona plunjer tiklansa yillik dasturda 233 mln, 22 ming so‘mlik samara berishi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya tadqiqot natijalari 6 ta, jumladan, 2 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 15 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, 2 ta Xalqaro konferensiyalarda, 4 ta respublika ilmiy va ilmiy-amaliy konferensiyalarida nashr etilgan hamda O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligining 2 ta dasturiy guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 119 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o‘tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning maqsadi, vazifalari, obyekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi, ilmiy va amaliy ahamiyati izohlab berilgan, tadqiqot natijalarining joriy qilinishi, nashr etilgan ishlar, dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi bo‘yicha ma‘lumotlar berilgan.

Dissertatsiyaning **“Masalaning qo‘yilishi va tadqiqot vazifalari”** deb nomlangan birinchi bobida dizel dvigatelli avtomobillarining samaradorligini belgilovchi omillar, bu uskunaning uzoq vaqt davomida o‘z funkcionalligini saqlab turish qobiliyati va mehnat va moddiy resurslarning minimal sarflanishi o‘rganilgan va tadqiqotning maqsad va vazifalari aniqlangan.

Avtotransport korxonalarining asosiy va eng muhim vazifalari transport vositalarining ishlashi davomida ularning ishonchli ishlashini ta‘minlash, shuningdek ta‘mirlash oralig‘idagi ish vaqti va ishonchlik ko‘rsatkichlarini sifatli hamda minimal xarajatlar bilan optimal darajada tiklashdan iborat.

Amaliyotlar shuni ko‘rsatadiki, dizel dvigatelli maxsus avtomobillar nosozliklarining 50% gacha qismi yonilg‘i tizimida sodir bo‘ladi. Uning noto‘g‘ri ishlashining asosiy sabablaridan biri yonilg‘ining ifloslanishiga to‘g‘ri keladi. Yonilg‘ining ifloslanishi nafaqat yonilg‘i uskunalari, balki dvigatel qismlarini yeyilishini sezilarli darajada oshiradi. Shu sababli, dvigatel sanoatida va dvigatellardan foydalanadigan tarmoqlarda yonilg‘i tizimini va yonilg‘ini tozalash tizimlarini takomillashtirish masalasiga katta e‘tibor beriladi.

Ifloslangan yonilg‘i uzoq vaqt davomida (da 20 °C da 4...5 kun davomida) baklarga to‘ldirishdan oldin cho‘ktirish yoki filtrlash zarur. Keyinchalik tozalash uchun dizel yonilg‘i tizimida yonilg‘i baklarida maxsus joylashtirish zonalari, bakdan yonilg‘i olish quvurlarida dag‘al va mayin tozalash filtrlari mavjud.

Yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari va forsunkalar yonilg‘i tizimining asosiy va eng murakkab va qimmat birliklari bo‘lib, ular dvigatelning quvvat va yonilg‘i-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini, uning ishonchliligini, shovqinni, tutunni va zaharliligini belgilaydi.

Ular juda kichik bo‘shliqlarga ega, yuqori aniqlik bilan ishlab chiqarilgan, o‘lchamlari va geometrik shakllari mikrometrning o‘ndan bir qismida ta‘minlangan aniq juftliklarga ega. Misol uchun, yuqori bosimli yonilg‘i nasosida plunjer juftliklari o‘rtacha 0.5 ... 2 mikron bo‘shliqlar bilan ishlab chiqariladi. Ular yonilg‘i tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalarga ayniqsa sezgir va yuqori tozalashni talab qiladi.

Asosiy birliklarga yonilg‘i quyish nasoslari ham kiradi. Yonilg‘i tizimining qolgan birliklari va komponentlari: filtrlar, aylanma klapanlar va quvurlar yordamchi va asosiy birliklarning ishlashini ta‘minlash, ya‘ni, ularning ishonchliligi va chidamliligini belgilaydi. Tadqiqotda maxsus avtomobillar va yuk avtomobillariga o‘rnatiladigan tarqatish tipidagi yuqori bosimli yonilg‘i nasoslarining ishlamay qolishi sabablari o‘rganildi. Ma‘lumotlar 1 va 2 jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Qatorli turidagi yuqori bosimli yonilg‘i nasosining ekspluatasion nosozliklar sabablari.

Nosozliklar sabablari	Yuqori bosimli yonilg‘i nasosining, ekspluatasion nosozliklari	Ta‘mirlash uchun olingan yuqori bosimli yonilg‘i nasosi	
		Maxsus avtomobillar	Yuk mashinasi
Ekspluatasion nosozliklar	28.3 %	26.7 %	45.1 %
Yonilg‘ida suv mavjudligi	47.1 %	40.5 %	25.9 %
Yonilg‘ida abraziv zarralar mavjudligi	11.8 %	12.2 %	4.9 %
Moylash materiallari sababli	29.3 %	23.6 %	21.8 %
Qoniqarsiz texnik ko‘rik	-	21.5 %	46.5 %
Boshqa sabablar	11.8 %	2.2 %	0,9 %

2-jadval

Nosozliklar ulushi.

Ishdan chiqish sabablari	Miqdori , %	Sabab
Plunjerning tiqilib qolishi	26.7	Yonilg‘ida suv yoki ifloslik
Past bosimli nasos porshenining tiqilib qolishi	13.3	Yonilg‘ida suv
Dozator yuritmasi valigi tiqilib qolishi	12.2	Yonilg‘ida suv yoki ifloslik
Dvigatelning salt ishlash rejimida ishlamay qolishi	6.7	Yonilg‘ida suv
Nasos podshipniklari va boshqa qismlarining erta ishdan chiqishi	16.1	Moy yo‘qligi
Nasosning to‘liq korroziyaga uchrashi	13.2	Moy Ifloslanishi
Boshqa sabablar	11.8	Gaykalarni bo‘shashishi

Keltirilgan ma‘lumotlardan ko‘rinib turibdiki, yuqori bosimli yonilg‘i nasosining ekspluatasion nosozliklari yonilg‘i apparaturasi zimmasiga, uskunalari bilan bog‘liq nosozliklar umumiy sonining 26.7 dan 45.1% gacha to‘g‘ri keladi.

Buning sababi 25.9 dan 40.5 gacha % hollarda yonilg‘ida suv va iflosliklar mavjudligi.

Dissertatsiyaning “**Plunjer juftliklarini ishga yaroqliligini aniqlashning nazariy asoslari**” deb nomlangan ikkinchi bobida plunjer juftidagi bo‘shliqni aniqlashning matematik modeli yaratilgan.

Yassi tirqish orqali oqishning o‘zgarishining chiziqli qonuni quyidagilar uchun amal qiladi:

oqim izotermik, ishchi suyuqlik siqilmaydigan bo‘lishi, Nyutonning qovushqoq ishqalanish qonuniga bo‘ysunishi va uning qovushqoqligi bosimdan mustaqil bo‘lishi kerak. Aslida, ishlaydigan suyuqlikning barqaror oqimi bilan ham,

Nyutonning qovushqoq ishqalanish kuchlari qonuniga bo‘ysungan holda, tekis teshikdan o‘tayotganda bosim yo‘qotishlari issiqlikning chiqishi bilan birga keladi, bu esa haroratning oshishiga va qovushqoq ishqalanish kuchlarining mos ravishda pasayishiga olib keladi. Ishlaydigan suyuqlik siqiladi. Ishchi suyuqlikning qovushqoqligi bosimga bog‘liq.

Issiqlik ta‘sirining ishchi suyuqlikning tekis tirqish orqali oqib chiqishiga ta‘sirida, issiqlik effekti va ishchi suyuqlikning elastik deformatsiyasining bir vaqtning o‘zida ta‘siri ishda ko‘rib chiqiladi. Harorat, bosim va elastik deformatsiyaning ishchi suyuqlikning qovushqoqligi va zichligiga ta‘siri mos ravishda tizimni tashkil etuvchi tenglamalar bilan taxmin qilinadi.

$$\begin{cases} \mu = \mu_0 \exp \left[\frac{p - p_0}{p_\mu} - \frac{t - t_0}{t_\mu} \right] \\ \rho = \rho_0 [1 - \alpha(t - t_0) - \beta(p_0 - p)] \end{cases} \quad (1)$$

Bu yerda,

p_μ -qovushqoq bosim;

t_μ -qovushqoqlik harorati;

α - haroratning suyuqlik zichligiga ta‘sir koeffitsienti;

β - suyuqlik zichligiga bosimning ta‘sir koeffitsienti;

“nol” indeksi miqdorlarni boshlang‘ich shartlarini bildiradi.

Ishchi suyuqlikning tor tirqish orqali yuqori tezlikda laminal harakati bilan, devorlarga o‘tkaziladigan issiqlik miqdori nisbatan kichik va suyuqlikni tirqish orqali o‘tkazish uchun sarflangan energiya deyarli to‘liq sarflanadi deb taxmin qilish mumkin. t_1 vaqtda bajarilgan ish

$$W = Qdt_1 \gamma c(t - t_0) J = (p_0 - p) Qdt_1 * 10^6 \quad (2)$$

Bu yerda,

Q - iste‘mol;

t_1 - vaqt;

γ - hajmli og‘irlik;

c - solishtirma issiqlik quvvati ($c = 0.45 - 0.050 \text{ kkal}/H^0C$);

$t - t_0$ - harorat gradienti;

J - ishning termal ekvivalenti ($J = 4270N * m/kkal$);

$p_0 - p$ - bosimning pasayishi.

Shuning uchun, bosim farqi $p_0 - p$ ta‘sirida teshikdan o‘tib ketganda ishlaydigan suyuqlikdagi harorat farqi bu farqga proporsionaldir:

$$t - t_0 = \frac{10^6}{J\gamma c}(p_0 - p) \equiv k(p_0 - p) \quad (3)$$

Tizimdan (1) harorat farqini hisobga olmaganda, tenglikdan (2) foydalanamiz

$$\begin{cases} \mu = \mu_0 \exp[(a + kb)(p_0 - p)] = \mu_0 \exp \frac{p_0 - p}{p_t} \\ \rho = \rho_0 [1 - (ka + b)(p_0 - p)] \equiv \left(1 - \frac{p_0 - p}{p_p}\right) \rho_0 \end{cases} \quad (4)$$

Bu yerda,

$p_t = (a + kb)^{-1}$ - issiqlik bosimi;

$p_p = (ka + b)^{-1}$ - deformatsiya bosimi.

Ishlar materiallariga asoslanib mineral suyuqliklar uchun (DT turi) $p_t = 26$ MPa va $p_p = 99$ MPa, sintetik ishchi suyuqliklar uchun $p_t = 30p_t$ MPa va $p_p = 640$ MPa olinishi mumkin.

Harorat va bosim uchun tuzatish nisbati koeffitsiyentlari mos ravishda tegishli kattaliklar orqali aniqlanadi.

$$k \frac{b}{a} = \frac{b \cdot 10^6}{J\gamma ca} \approx 0.64 - 0.74 \text{ yoki } k \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha \cdot 10^6}{J\gamma c\beta} \approx 0.47 - 0.93 \quad (5)$$

O'zgartirishlarning bir xil tartibini va ularning har birini hisobga olishning taxminan bir xil ahamiyatligini ko'rsatadi. Shuning uchun, agar issiqlik ta'sirini hisobga olish muhim bo'lsa, ishchi suyuqlikning tor teshikdan o'tib ketganda deformatsiyaning ta'sirini hisobga olish majburiydir.

Ishchi suyuqlikning tekis teshikdan oqib chiqishi quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi.

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \quad (6)$$

Bu yerda,

x - oqim chizig'i bo'ylab yo'naltirilgan koordinata;

z - x va tirqish devorlarining normal koordinatasi.

Yuqori bosimli yonilg'i nasosidagi plunjer juftlarining ish holatining ko'rsatkichi sifatida tadqiqot uchun yuqori bosimli yonilg'i nasosining nominal va ishga tushirish rejimlarida gidravlik zichlikni baholash qabul qilindi.

$v_x = 0$, $z = 0$ va $z = h$ (bu yerda h – tirqish devorlari orasidagi masofa) ekanligini hisobga olib, integrallashdan keyin tezlik ifodasini olamiz.

$$v_x = \frac{1}{2\mu} z(z - h) \frac{\partial p}{\partial x} \quad (7)$$

Tenglikning ikkala tomonini p ga ko'paytirib ($v \text{ const } pv_x = \text{const}$ uzluksizlik tenglamasidan) (3) sistemani hisobga olib, har bir oqim chizig'i uchun differensial tenglamani olamiz.

$$\frac{2\mu_0(\rho v_x)}{\rho_0 z(z-h)} dx = 12 \left(1 - \frac{p_0 - p}{p_\rho}\right) \exp\left(\frac{P_0 - P}{P_t}\right) dp \quad (8)$$

$x = 0$ uchun $p_0 - p$ boshlang'ich sharoitda tenglamaning yechimi bo'ladi.

$$\frac{2\mu_0(\rho v_x)}{\rho_0 z(z-h)} x = \frac{p_t}{p_\rho} \left[p_t + p_0 - (p_t + p_\rho + p - p_0) \exp\left(\frac{p_0 - p}{p_t}\right) \right] \quad (9)$$

va $x = 1$ da (bu yerda l - tekis tirqish uzunligi), $p = 0$ bo'lganda, shaklni oladi.

$$\frac{2\mu_0(\rho v_x)}{\rho_0 z(z-h)} l = \frac{p_t}{p_\rho} \left[p_t + p_\rho - (p_t + p_\rho - p_0) \exp\left(\frac{p_0}{p_t}\right) \right] \quad (10)$$

Olingan tengliklarni muddatlarga bo'lib, chiziqli bo'lmagan bog'liqlikni ko'rsatadigan tenglik shaklida tekis tirqish uzunligi bo'ylab bosim o'zgarishi qonunini topamiz $p = p(l, p_t, p_p)$

$$\frac{x}{l} = \frac{\left(1 - \frac{p_0 - p}{p_t + p_\rho}\right) \exp\left(\frac{p_0 - p}{p_t}\right)}{\left(1 - \frac{p_0}{p_t + p_\rho}\right) \exp\left(\frac{p_0}{p_t}\right)} \quad (11)$$

$$\frac{x}{l} = \frac{\exp\left(\frac{p_0 - p}{p_t}\right) - 1}{\exp\left(\frac{p_0}{p_t}\right) - 1} \quad (12)$$

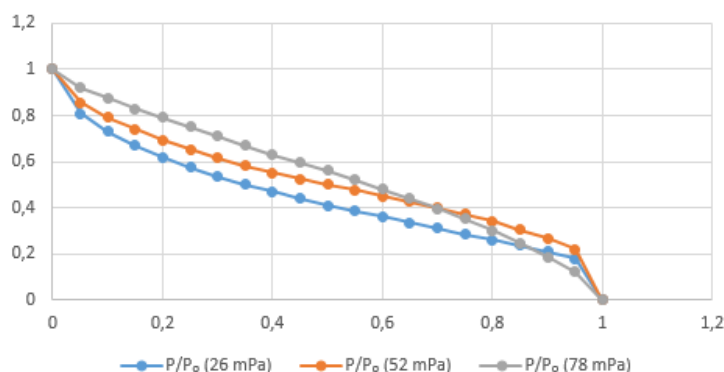
Pyezometrik chiziqqa nisbatan (5) va (6) tenglamalarning yechimlari:

$$\frac{x}{l} = 1 - \frac{p}{p_0} \quad (13)$$

Bosimning o'zgarishi tabiati p/p_0 tekis uyasi uzunligi bo'ylab x/l boshlang'ich bosimning uchta qiymatida $p = 26, 52$ va 78 MPa da t $p_t = 26$ MPa va $p_p = 990$ MPa 1-rasmda ko'rsatilgan, bu tirqishning dastlabki qismida sezilarli bosim pasayishini ko'rsatadi (hisoblash). ishchi suyuqlikning oqishi yo'nalishi bo'yicha). Shuning uchun bo'shliqdagi gidrostatik bosim tomonidan yaratilgan bosim kuchining qiymati an'anaviy chiziqli shakldan farq qiladi:

$$p = \frac{1}{2} b l p_0 \quad (14)$$

bu yerda l - tekis tirqishning kengligi.

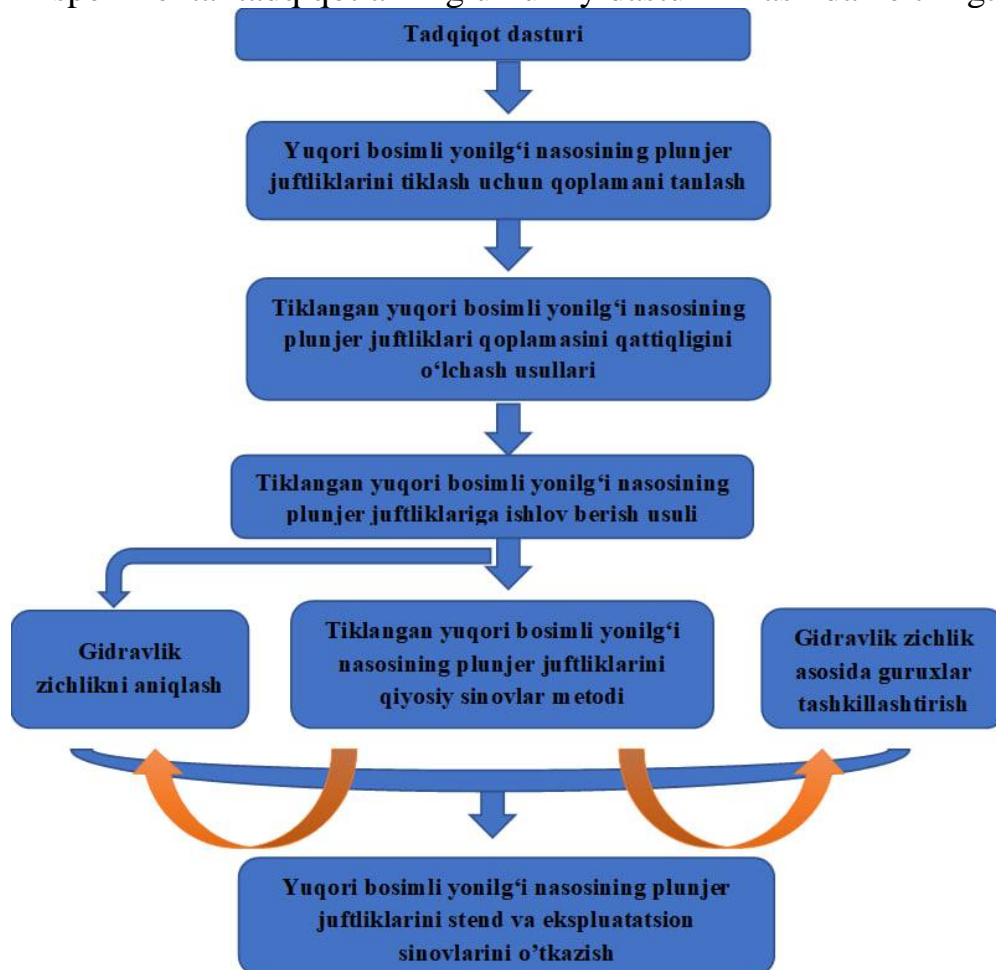


1-rasm. Plunjer juftliklari tirqishidagi suyuqlik bosimning o'zgarish grafigi

Bosim kuchi P ning p_0 da qiymati $t_b \cdot p_{dx} \cdot 0$ ifoda bilan aniqlanadi, u tenglikni hisobga olgan holda yechimni beradi.

Dissertatsiyaning «Tadqiqot dasturi va usullari» deb nomlangan uchinchi bobida tadqiqotni olib borish ketma ketligi va bosqichlari keltirilgan.

Eksperimental tadqiqotlarning umumiy dasturi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Eksperimental tadqiqot dasturining sxemasi.

Tadqiqot bosqichlari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- yuqori bosimli yonilg'i nasosidagi plunjer juftliklarini tiklash uchun qoplamani tanlash;
- tiklangan plunjer juftliklarini qoplama qattiqligini aniqlash;
- tiklangan plunjer juftliklarini yuza g'adir-budurligini aniqlash;

- plunjer juftliklarining gidravlik zichligini ekspluatatsion qiymat ko'rsatkichlarini aniqlash;

- tiklangan plunjer juftliklariga ega yuqori bosimli yonilg'i nasosini stand sinovlarini o'tkazish;

Tadqiqot dasturi quyidagi usullarni ishlab chiqishni nazarda tutgan:

- yuqori bosimli yonilg'i nasosining plunjer juftliklarini qiyosiy sinovlari usullari;

- yuqori bosimli yonilg'i nasosining plunjer juftliklarining gidravlik zichligini baholash usullari;

- dvigatelining yuqori bosimli yonilg'i nasosida plunjer juftliklarini stand va ekspluatatsion sinov usullari.

Tadqiqot dasturi dissertatsiya ishida taqdim etilgan tadqiqot bosqichlarining tarkibiy va mantiqiy bog'liqligini aniqlaydigan bir necha bosqichlarni o'z ichiga olgan.

Tadqiqot dasturining strukturaviy sxemasi 2-rasmda keltirilgan.

O'rganilmagan parametrlarning tadqiqot natijalariga ta'sirini istisno qilish uchun quyidagilar nazarda tutilgan:

- texnologik jarayonga qat'iy rioya qilgan holda, bitta markadagi metallardan namunalar (guruh doirasida) tayyorlash, bitta elektrolit tarkibidan yoki bitta uskunada kimyoviy eritmadan elektrokimyoviy qoplamalar olish;

- xrom asosidagi elektrolit qoplamalarni qo'llashda xonadagi havo haroratini 18...22°C va havoning nisbiy namligini 45-55% gacha saqlash;

- elektrolitlar va kimyoviy eritmalarini sozlash uchta namunadagi qismlar guruhini qoplaganidan keyin va har kuni ish boshlashdan oldin amalga oshirilishi kerak;

- bir vaqt davomida namunalarga galvanik-kimyoviy qoplamalarni qo'llash.

Olingan qoplamalarning fizik-mexanik xossalari mikroqattiqlik va plunjer juftligining gidravlik zichligi o'rganildi.

Dissertatsiyaning "**Tajriba natijalarini tahlili**" deb nomlangan to'rtinchi bobida uch turdagi transport vositasi qayta tiklangan plunjer juftligi o'rnatilgan yonilg'i apparaturasida eksperimental (CR825 sinov standida) va real sharoitda ekspluatatsion sinovlari natijalari keltirilgan.

Stand sinovlari natijalariga ko'ra, statistik qatorlar yaratildi va grafik bog'liqliklar tuzildi.

Qatorli yuqori bosimli yonilg'i nasosining plunjer juftliklarining boshlang'ich siklik yonilg'i ta'minotini sinovdan o'tkazish va ushbu qiymatlarga shuni ko'rsatdiki yangi plunjer juftliklariga nisbatan tiklangan plunjer juftliklarining siklik yonilg'i quyish ko'rsatkichlari 0.9...0.96 ga teng bo'lib bir guruxda ekspluatatsiya qilish mumkinligini ko'rsatadi. Bu ko'rsatkichlar sinovdagi KamAZ avtomobili yonilg'i apparaturasini plunjer juftliklarida – 0.96, Avtogreyder XCMG-165 yonilg'i apparaturasini plunjer juftliklarida-0.95, O'zi yuklagich ekskavator XCMG WZ 30-25 yonilg'i apparaturasini plunjer juftlari – 0.95.

Stand sinovlari dan so'ng sinovdan ijobiy natijalar qayd etilgan yuqori bosimli yonilg'i nasoslar eksperimental sinov uchun "Asaka tuman yo'llardan foydalanish davlat muassasasi" transport parkidagi KamAZ avtomobili, Avtogreyder XCMG-165, O'zi yuklagich ekskavator XCMG WZ 30-25 transport vositalariga o'rnatildi. Eksperimental sinov haqqoniyligini ta'minlash uchun sinov jarayonida bir xil yonilg'i va moylash materiallari bilan ta'minlandi. Texnik ko'riklar reglament ko'rsatkichlari

asosida bajarildi. Asosiy farq eksperimentdagi transport vositalarining ekspluatatsiya sharoiti va eksperimental sinov vaqti davomiyligida. 2023 yil mart oyidan 2024 yilning sentyabr oyiga qadar davom etdi. Shu davr mobaynida KamAZ avtomobili 53000 km masofa bosib o‘tdi, XCMG-165 Avtogreyder 749 moto/soat va XCMG WZ 30-25 O‘zi yuklagich ekskavator 1306 moto/soat ishladi. Ekspluatatsiya davomiyligi KamAZ avtomobilida km/s da XCMG-165 Avtogreyder va XCMG WZ 30-25 O‘zi yuklagich ekskavator 2054 moto/soat da bo‘lgani uchun, texnik ko‘rik sharoitini tenglashtirish uchun Kublin formulasi orqali aniqlanadi.

Kublin formulasi moto soatda ishlaydigan texnik ko‘rik davrini aniqlash uchun qo‘llaniladi:

$$\text{Yurilgan masofa (km)} = (244.38 \cdot \text{TBN} \cdot V_m \cdot V_{dv}) / (L_{100} \cdot P_{ok})$$

Bu yerda:

TBN – quyilayotgan motor moyining ishqoriy ko‘rsatkichi.

V_m – almashtiriladigan moy xajmi.

V_{dv} – dvigatel xajmi (mm^3).

L_{100} – yonilg‘i sarfi (o‘rtacha) 100 km ga.

P_{ot} – dvigatel quvvati “ot kuchi”.

Yoki taxminiy xisob uchun quyidagi nisbatni qabul qilish mumkin:

Yengil avtomobil uchun: 1 moto/soat \approx 12-14 km

G‘ildirakli traktor: 1 moto/soat \approx 8-10 km

Zanjirli traktor: 1 moto/soat \approx 5 km

Avtogreyder XCMG-165 1036 moto/soat \approx 13060 km

O‘zi yuklagich ekskavator XCMG WZ 30-25 749 moto/soat \approx 7490 km

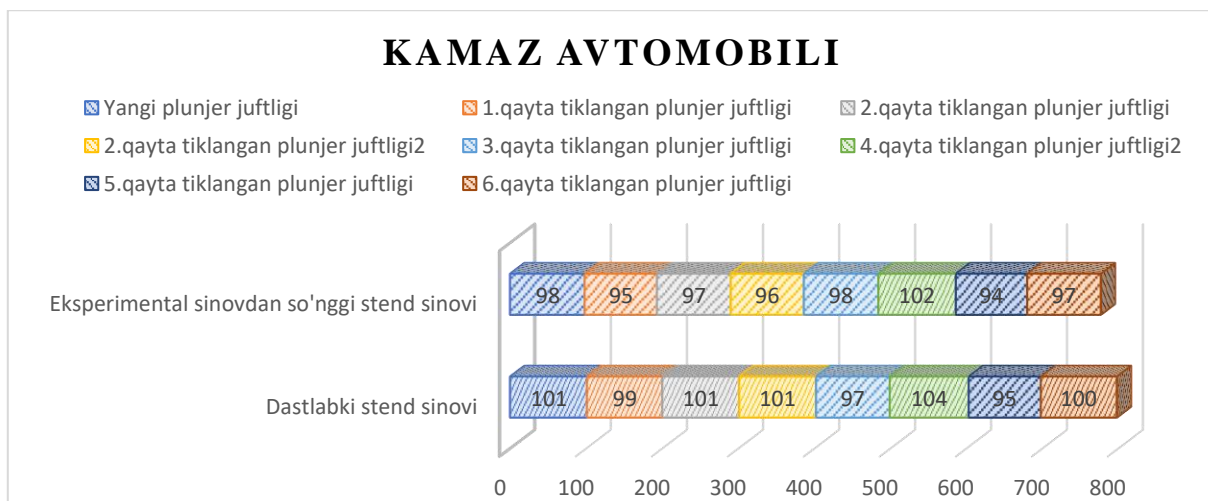
Eksperiment sinovi natijalarini aniqligini ta‘minlash uchun umumiy ko‘rsatkichga, ya‘ni, km/s ni moto/soat ga o‘tkazamiz.

Moto/soatni xisobi uchun formula:

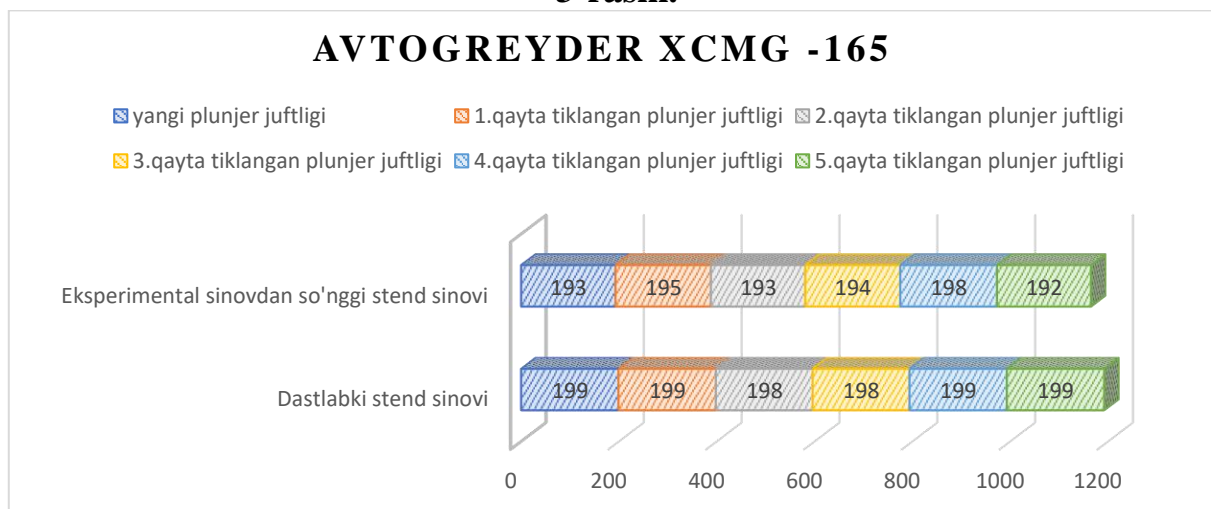
$$\text{Moto/soat} = \text{Masofa (km)} / \text{O‘rtacha tezlik (km/s)}$$

$$\text{Moto/soat} = 53000 \text{ km} / 50 \text{ km/s} = 1060 \text{ moto/soat}$$

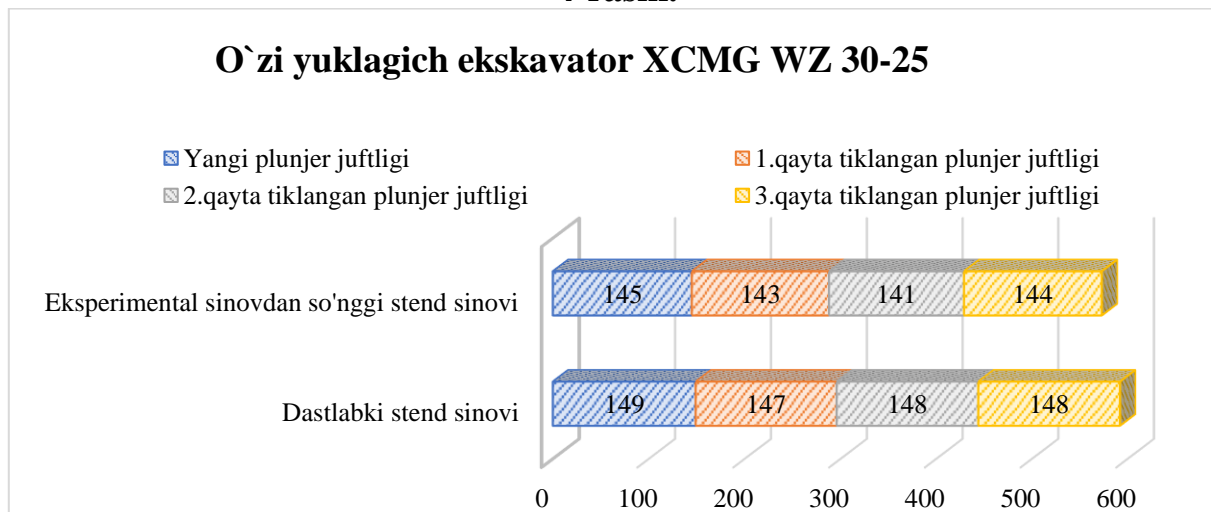
Stend sinovlari dan so‘ng sinovdan ijobiy natijalar qayd etilgan yuqori bosimli yonilg‘i nasosi eksperimental sinov uchun “Asaka tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasi” transport parkidagi KamAZ avtomobili, XCMG-165 Avtogreyder, XCMG WZ 30-25 O‘zi yuklagich ekskavator transport vositalarida o‘tkazildi. Sinov davrida yuqori bosimli yonilg‘i nasoslarida ta‘mirlash ishlari olib borilmadi. Sinovlar shtat rejimida o‘tdi. Sinov davri tugagach yuqori bosimli yonilg‘i nasoslari transport vositalaridan yechib olindi va o‘zgartirishsiz stend sinovlari o‘tkazildi. Stend sinovlari dastlabki sinov o‘tkazilgan CR825 sinov stendida siklik yonilg‘i ta‘minotining 1000 sikl rejimida o‘tkazildi va qiymatlar olindi. Natijalar quyidagi jadvallarda qayd etildi.



3-rasm.



4-rasm.



5-rasm.

Olingan sinovlari natijalari tahlili shuni ko'rsatdiki, dastlabki stend sinov natijalariga nisbatan (3, 4, 5-rasmlar), eksperimental sinovlar (bevosita transport vositasida) o'tkazilgandan so'nggi qayta stend sinovlari quyidagi natijalarni qayd etdi. KamAZ avtomobili plunjer juftlari uchun siklik yonilg'i ta'minotini boshlashning eng yuqori ehtimoli 104 mm³/sikl dastlabki natija, 79 mm³/sikl eksperimental sinovdan so'ng, Avtogreyder XCMG-165 plunjer juftlari uchun esa 199 mm³/sikl dastlabki

natija, $141 \text{ mm}^3/\text{sikl}$ eksperimental sinovdan so‘ng va O‘zi yuklagich ekskavator XCMG WZ 30-25 plunjer juftlari uchun $149 \text{ mm}^3/\text{sikl}$ dastlabki natija, $65 \text{ mm}^3/\text{sikl}$ eksperimental sinovdan so‘ng.

O‘tkazilgan ikki turdagi sinovlarga asoslanib, yangi qatorida qayta tiklangan plunjer juftliklari qo‘llanishi uchun asos ekspluatatsiya jarayonida ikki turdagi plunjer juftliklari texnik holati qiymat ko‘rinishda deyarli bir xil ko‘rsatkichga ega.

XULOSALAR

1. Transport vositalarida nosozliklarning 26.7–45.1 % gacha bo‘lgan qismi yonilg‘i apparaturasiga to‘g‘ri kelishi aniqlanib, bu tizimda ishlash muddati asosan plunjer juftliklari resursi bilan cheklanishini ko‘rsatdi. An’anaviy tiklash usullarining kamchiliklarini bartaraf etuvchi nanokompozit qoplamalarning yuqori istiqbolliligi ilmiy asoslandi.

2. Plunjer juftligidagi tirqishning o‘zgarishi yonilg‘i bosimini shakllantirishda hal qiluvchi omil ekanligi hisobga olinib, tirqishni aniqlash bo‘yicha matematik model ishlab chiqildi. Ushbu model asosida mikrozaralar o‘lchamining yeyilish intensivligiga ta’siri ham nazariy va amaliy ravishda asoslab berildi.

3. Tiklangan plunjer juftliklarining gidravlik zichligi ($9.9 \dots 10.9 \text{ m}^2/\text{s}$) qovushqoqlikda tekshirilgan 20 ta namuna asosida aniqlanib, ularning zichlik ko‘rsatkichlari seriyali (yangi) plunjer juftliklariga juda yaqin ekani tasdiqlandi. xrom asosidagi nanokompozit elektrolit qoplamalar bilan tiklangan detallar standart ishlab chiqarish namunalarining texnik ko‘rsatkichlariga mos keladi.

4. Olingan nanokompozit qoplamalarning mikroqattiqligi o‘lchanib, 11000–13000 MPa (abraziv zarracha qattiqligi) va 5000–11000 MPa (qoplama qattiqligi) diapazonida ekani aniqlandi. Bu ko‘rsatkichlar seriyali (yangi) detallar qattiqligiga mos keladi.

5. Tiklangan plunjer juftligining yuzasi Micron Beta 3D profilometri yordamida baholanib, yangi plunjer juftliklariga nisbatan g‘adir-budirlik ko‘rsatkichi deyarli bir xil ($R_a < 0.04 \text{ mkm}$) ekani isbotlandi. Bu tiklash texnologiyasi yuza sifatni to‘liq tiklab berishini ko‘rsatdi.

6. Stend sinovlari natijalariga ko‘ra, tiklangan plunjer juftliklari va yangi plunjer juftliklarning siklik yonilg‘i ta’minoti bo‘yicha amalda bir xil natija ko‘rsatdi belgilangan texnik talablarga asosan. Bu qayta tiklangan plunjer juftliklarni yangi plunjer juftliklar bilan bir to‘plamda qo‘llash imkonini beradi. Ishlab chiqarishga joriy etilgan texnologiya iqtisodiy samaradorlikka ega bo‘lib, viloyat miqyosida ta’mirtalab 338 maxsus avtomobillar hisobidan 2028 dona plunjer tiklansa yillik dasturda 233 mln, 22 ming so‘mlik samara berishi aniqlangan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
PhD.03/2025.27.12.T18.01. ПРИ АНДИЖАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

АБДУЛЛАЕВ АЛИМАРДОН ИКРОМЖОНОВИЧ

**ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОПЛИВНОГО
НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ
ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР**

05.08.06 – Колесные и гусеничные машины и их эксплуатация

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

Андижан - 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, наука и инновации Республики Узбекистан за № В2025.1.PhD/Т2949

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.astiedu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Исмаатов Жуманиез Файзуллаевич
доктор технический наук (DSc), доцент

Официальные оппоненты:

Худояров Анвар Назиржанович
доктор технический наук(DSc), профессор

Насиров Илхам Закирович
кандидат технический наук, профессор

Ведущая организация:

Ферганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2026 года в «_____» часов на заседании Научного совета PhD.03/2025.27.12.Т.18.01 при Андижанский государственный технический институт по адресу: 170119, г. Андижан, ул. Бобуршоҳ, 56. Тел: (99874) 223-43-67; факс: (99874) 223-43-67; e-mail: info@astiedu.uz; e-xat: asti@exat.uz

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Андижанского государственного технического института (зарегистрировано под номером ____). (Адрес 170119, г. Андижан, ул. Бобуршоҳ, 56. Тел: (99891) 612-30-06; факс: (99874) 223-43-67; e-mail:asti-arm@umail.uz)

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2026 г.
(реестр протокола рассылки № _____ от «_____» _____ 2026 г).



У.М. Турдалиев
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Ш.Х. Юлдашев
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., (PhD) доцент

К. Юлдашев
Председатель Научного семинара при
Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Мировая практика показывает, что увеличение срока службы, обеспечение энергетической эффективности машин и механизмов, а также внедрение экологически безопасных технологий занимают одно из приоритетных мест. В глобальном масштабе, в том числе в США, Канаде, Германии, Швеции, Республике Корея, Китае и других странах, осуществляется широкое внедрение в практику научных исследований, направленных на повышение надежности транспортных средств, их топливной экономичности и экологических показателей. В этом контексте особое значение приобретают научно-прикладные задачи, связанные с улучшением технического состояния, увеличением ресурса, элементов системы топливоподачи двигателей внутреннего сгорания, а также обеспечением устойчивой работы в различных эксплуатационных условиях.

В настоящее время в мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на повышение эффективности современных дизельных двигателей, снижение расхода топлива и улучшение экологических характеристик. В этой связи важную роль играет топливная система, ключевым элементом которой является топливный насос высокого давления. Плунжерные пары, входящие в состав топливного насоса высокого давления, функционируют в условиях высокого давления, температуры и трения, что приводит к их интенсивному износу и, как следствие, к снижению эксплуатационных показателей двигателя. В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию технологий восстановления плунжерных пар, увеличению их ресурса, а также научному обоснованию показателей работы двигателя при использовании восстановленных деталей.

В Республике Узбекистан реализуются комплексные меры по повышению эффективности использования автомобильного транспорта, в том числе в сельском хозяйстве и промышленности, и достигаются определенные результаты. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы определены важные задачи, такие как “Расширение минерально-сырьевой базы с учётом потребностей экономики” и “Дальнейшая либерализация ведущих отраслей промышленности и экономики”¹. В реализации данных задач особую значимость приобретают исследования, направленные на повышение эффективности работы топливных систем дизельных двигателей автомобилей с учетом роста выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, совершенствование технологий их технического обслуживания, а также разработка и внедрение новых технологических процессов.

Данная диссертационная работа в определенной степени направлена на реализацию задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 30 октября 2019 года № УП-5863 “Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года”², а также

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы”

² <https://lex.uz/docs/-4574008>

Постановлением от 11 сентября 2023 года № ПП-158 “О Стратегии “Узбекистан–2030” и другими нормативно-правовыми актами, регулирующими данную сферу деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Исследование выполнено в рамках II приоритетного направления развития науки и технологий республики “Энергетика, энерго- и ресурсоэффективность”.

Уровень изученности проблемы. В разработке исследований по повышению прочности автомобильных деталей принимали участие ведущие мировые ученые, в том числе В.В. Антипов, А.Боширов, С.А. Величко, М.М. Вихерт, В.А. Дидур, Б.П. Загородских, Е.В. Кипер, В.Г. Кислов, А.Т.Лебедев, В.В.Сафонов, А.И.Селиванов, Т.А.Сирицин, Б.Н.Файнлейб, В.Е.Черкун и другие разработали методы модернизации гальванических и химических покрытий дисперсными материалами и шлифования деталей топливных насосов высокого давления (ТНВД).

Учёные СНГ В.Е. Логинов, Б.Н. Филейб, В.В. Алтыпов, Р.М. Баширов и другие проводили научные исследования в области повышения износостойкости и стойкости деталей и узлов топливных насосов высокого давления.

Узбекские учёные С.М. Кадыров, У.Р. Икрамов, Р.М. Баширов, С.Н. Шарафудинов, С.Л. Шишурин и другие проводили исследования и разработки технологий восстановления, повышения износостойкости, а также надёжности и долговечности плунжерных пар топливных насосов высокого давления по научным школам Ф.Х. Бурумкулова, С.Н. Шарифудинова, М.М. Тошпулатова, К.Х. Махкамова и других. В то же время стоит отметить, что в данных исследованиях недостаточно изучены методы определения эксплуатационных параметров ТНВД с восстановленными плунжерными парами.

Связь диссертационного исследования с планом научно исследовательских работ высшего учебного заведения. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

Цель работы:

Целью является повышение производительности топливных насосов высокого давления с восстановленными плунжерными парами транспортных средств с дизельными двигателями.

Задачи исследования:

усовершенствована математическая модель определения заклинивания плунжерных пар топливного насоса высокого давления и процесса их изнашивания;

установлены механизмы движения абразивных частиц, образующихся между рабочими поверхностями плунжерных пар, а также их влияние на процесс изнашивания;

на основе значений шероховатости рабочих поверхностей плунжерных пар определена вероятность их безотказной работы по закону нормального распределения;

по результатам испытаний плунжерных пар на гидравлическую плотность определены и научно обоснованы предельные значения, характеризующие их эксплуатационное состояние.

Объектом исследования являются плунжерные пары топливной аппаратуры транспортных средств.

Предметом исследования является определение механизма износа рабочих поверхностей плунжерных пар топливного насоса высокого давления автомобилей с дизельными двигателями и влияния этих процессов на общие эксплуатационные показатели топливного насоса.

Научная новизна работы заключается в следующем:

усовершенствована методика определения величины зазора, образующегося в плунжерных парах топливного насоса высокого давления, и математическая модель, описывающая процесс их износа, на основе графоаналитического подхода;

научно обоснованы закономерности движения абразивных частиц, образующихся между рабочими поверхностями плунжерных пар, а также механизм их влияния на процесс изнашивания с учётом зависимости от геометрических размеров и формы частиц;

разработана методика определения вероятности безотказной работы плунжерных пар по закону нормального распределения на основе значений шероховатости их поверхностей с использованием метода корреляционно-регрессионного анализа;

на основе результатов испытаний плунжерных пар на гидравлическую плотность с использованием методов экспериментальных исследований разработана и научно обоснована методика определения предельных параметров, характеризующих их эксплуатационное состояние.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

По результатам исследования была разработана и внедрена технология применения восстановленных плунжерных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД). Данная технология прошла испытания на ТНВД специальной техники "Государственного учреждения по эксплуатации дорог Асакинского района Главного управления автомобильных дорог Андижанской области." В результате было установлено, что использование восстановленных плунжерных пар улучшает эксплуатационные показатели, а их износостойкость в 1,1–1,2 раза выше, чем у новых плунжерных пар.;

жёсткость восстановленных пар плунжеров, восстановленных с использованием хромосодержащих нанокompозитных электролитных покрытий, достигала значения HV 11000–13000 Мпа;

при сравнении с новыми деталями обеспечивались значения точности поверхности плунжерных пар $Ra < 0.04$ мкм;

разработана математическая модель процесса износа плунжерных пар высокого давления;

создана модель механизма воздействия абразивных частиц на износ плунжерных пар.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований обусловлена проведением исследований с использованием современных методов и средств измерений, применением основных принципов и методов высшей математики и теоретической механики при теоретическом обосновании эксплуатационных показателей и режимов работы восстановленных плунжерных пар топливных насосов высокого давления автомобилей с дизельными двигателями, обработкой результатов экспериментов методами математической статистики, взаимной адекватностью результатов теоретических и прикладных исследований, положительными результатами апробации выбранных технологий восстановления на специальной технике автотранспортной отрасли и внедрением их в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования обусловлена разработкой теоретических моделей оценки ресурса плунжерных пар и применением научно-исследовательских результатов по ремонту агрегатов транспортных средств в учебном процессе образовательных учреждений.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена практическим использованием на транспортных предприятиях технологических процессов восстановления плунжерных пар топливных агрегатов транспортных средств с использованием нанокompозитных гальванохимических покрытий на основе хрома, железа и ванадия.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных научных результатов по обоснованию эксплуатационных показателей восстановленных плунжерных пар топливного насоса высокого давления дизельной техники:

применение восстановленных плунжерных пар в топливных насосах высокого давления автомобилей с дизельными двигателями внедрено в практику в государственном учреждении «Асаканское районное управление эксплуатации автомобильных дорог Главного управления автомобильных дорог Андижанской области» (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан №4/6900 от 27 июня 2025 года). В результате установлено, что восстановление плунжерных пар топливных насосов высокого давления в условиях ремонтных мастерских автотранспортных предприятий способствует повышению их прочности, обеспечению эксплуатационной надёжности, а также снижению расхода топлива и эксплуатационных затрат.;

метод комплексной оценки технических и эксплуатационных показателей при выборе технологий восстановления плунжерных пар топливных насосов высокого давления внедрён в практику в государственном учреждении «Асаканское районное управление эксплуатации автомобильных дорог Главного управления автомобильных дорог Андижанской области» (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан №4/6900 от 27 июня 2025 года). В результате установлено, что показатель давления топливного насоса высокого давления с восстановленными плунжерными парами отличается на 3–5 %, что обеспечивает улучшение допустимых предельных параметров для практической эксплуатации;

методика определения предельных значений, характеризующих эксплуатационное состояние плунжерных пар, внедрена в практику в государственном учреждении “Асаканское районное управление эксплуатации автомобильных дорог Главного управления автомобильных дорог Андижанской области” (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан №4/6900 от 27 июня 2025 года). В результате достигнуто повышение износостойкости восстановленных плунжерных пар по сравнению с новыми в 1,1–1,2 раза;

применение восстановленных плунжерных пар внедрено в практику в государственном учреждении “Асаканское районное управление эксплуатации автомобильных дорог Главного управления автомобильных дорог Андижанской области” (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан №4/6900 от 27 июня 2025 года). В результате внедрённая технология доказала свою экономическую эффективность: при восстановлении 2028 плунжерных пар для 338 специальных автомобилей, требующих ремонта в масштабе Андижанской области, годовой экономический эффект составляет 233 млн 22 тыс. сумов.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования обсуждались на 6, в том числе на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 7 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан по основным научным результатам диссертаций на соискание ученой степени доктора философии (PhD), 2 статьи опубликованы на международных конференциях, 4 республиканских научных и научно-практических конференциях, получено 2 программных удостоверения Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 119 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении изложены актуальность и необходимость исследования, указано на его соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники республики, описаны цель, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, научно-практическая значимость полученных результатов, представлена информация о внедрении результатов исследования, опубликованных работах, структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной “**Постановка проблемы и задачи исследования**”, исследуются факторы, определяющие эффективность дизельных транспортных средств, способность данной техники сохранять работоспособность в течение длительного времени при минимальном расходе трудовых и материальных ресурсов, а также обозначены цели и задачи исследования.

Основными и важнейшими задачами транспортных предприятий являются полное обеспечение надежной работы транспортных средств в процессе их эксплуатации, а также восстановление их безотказной работы и надежности между ремонтами до оптимального уровня при высоком качестве и низких ценах. Практика показывает, что до 50% неисправностей спецтехники с дизельными двигателями приходится на топливную систему. Одной из основных причин её неисправности является загрязнение топлива, что наблюдается в 70-80% случаев. Загрязнение топлива значительно увеличивает износ не только топливной аппаратуры, но и деталей двигателя. Поэтому в двигателестроении и отраслях, эксплуатирующих двигатели, уделяется большое внимание совершенствованию топливной системы и систем очистки топлива.

Загрязнённое топливо перед заливкой в баки необходимо отстаивать или фильтровать в течение длительного времени (4...5 суток при 20°C). Для дальнейшей очистки в топливной системе дизеля предусмотрены специальные отстойники в топливных баках, сетчатые фильтры в топливозаборных трубопроводах из бака, а также фильтры грубой и тонкой очистки.

Топливные насосы высокого давления и форсунки являются основными, сложными и дорогостоящими узлами топливной системы, определяющими мощностные и экономичные показатели, надёжность, шумность, дымность и токсичность двигателя. Они имеют очень малые зазоры, изготавливаются с высокой точностью, имеют точные пары размеров и геометрических форм, обеспечиваемые с точностью до десятых долей микрометра. Например, плунжерные пары топливного насоса высокого давления изготавливаются со средним зазором 0.5...2 мкм. Они особенно чувствительны к загрязнениям, содержащимся в топливе, и требуют высокой очистки.

К основным узлам относятся также топливные насосы высокого давления (ТНВД). Остальные узлы и агрегаты топливной системы: фильтры, перепускные клапаны и трубопроводы, обеспечивают работу вспомогательных и основных узлов, то есть определяют их надёжность и долговечность. В ходе исследования были изучены причины неисправностей распределительных ТНВД, устанавливаемых на дизельные двигатели специальной и грузовой техники. Данные представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Причины эксплуатационных отказов ТНВД рядного типа.

Причины неисправностей	ТНВД, Эксплуатационны е неисправности	Выбранный ТНВД для ремонта	
		Специальны й транспорт	Грузовой транспорт
Эксплуатационные неисправности	28.3 %	26.7 %	45.1 %
Вода в топливе	47.1 %	40.5 %	25.9 %
Абразивные частицы в топливе	11.8 %	12.2 %	4.9 %
Из-за смазочных материалов	29.3 %	23.6 %	21.8 %
Неудовлетворительный технический осмотр	-	21.5 %	46.5 %
Другие причины	11.8 %	2.2 %	0,9 %

Причины отказов в работе ТНВД рядного типа. Наименование отказов.

Причины выхода из строя	Количество, %	Причина
Заклинивание плунжера	26.7	Вода или грязь в топливе
Заклинивание поршня насоса низкого давления	13.3	Вода в топливе
Заклинивание вала привода дозатора	12.2	Вода или грязь в топливе
Отказ двигателя на холостом ходу	6.7	Вода в топливе
Преждевременный выход из строя подшипников и других деталей насоса	16.1	Недостаток масла
Полная коррозия насоса	13.2	Загрязнение масла
Другие причины	11.8	Ослабленные гайки

Как видно из представленных данных, эксплуатационные отказы ТНВД приходятся на топливную аппаратуру, составляя от 26.7 до 45.1% от общего числа отказов, связанных с ее аппаратурой.

Это обусловлено наличием воды и примесей в топливе в 25.9–47.1% случаев.

Во второй главе диссертации под названием «Теоретические основы определения работоспособности» создана математическая модель для определения зазора в плунжерной паре.

Линейный закон изменения расхода через плоскую щель справедлив при следующих условиях:

поток должен быть изотермическим, рабочая жидкость должна быть несжимаемой, подчиняться закону вязкого трения Ньютона, а ее вязкость не должна зависеть от давления. Действительно, даже при установившемся течении рабочей жидкости,

подчиняющейся закону Ньютона о силах вязкого трения, потери давления при прохождении через прямолинейное отверстие сопровождаются выделением тепла, что приводит к повышению температуры и соответствующему снижению сил вязкого трения. Рабочая жидкость сжимается. Вязкость рабочей жидкости зависит от давления. Влияние теплового воздействия на течение рабочей жидкости через прямую щель рассмотрено в работе рассматривается одновременное влияние теплового воздействия и упругой деформации рабочей жидкости. Влияние температуры, давления и упругой деформации на вязкость и плотность рабочей жидкости оценивается по уравнениям, составляющим систему, соответственно.

$$\begin{cases} \mu = \mu_0 \exp \left[\frac{p - p_0}{p_\mu} - \frac{t - t_0}{t_\mu} \right] \\ \rho = \rho_0 [1 - \alpha(t - t_0) - \beta(p_0 - p)] \end{cases} \quad (1)$$

Здесь

p_μ -вязкое давление;

t_μ -температура вязкости;

α - коэффициент влияния температуры на плотность жидкости;

β - коэффициент влияния давления на плотность жидкости;

Индекс “ноль” обозначает начальные условия величин.

Можно предположить, что при высокоскоростном ламинарном движении рабочей жидкости через узкую щель количество тепла, передаваемого стенкам, относительно невелико и энергия, затраченная на перемещение жидкости через щель, практически полностью расходуется. Работа, совершаемая за время t_1

$$W = Qdt_1\gamma c(t - t_0)J = (p_0 - p)Qdt_1 * 10^6 \quad (2)$$

Здесь

Q - расход;

t_1 - время;

γ - объемный вес;

c - удельная теплоемкость ($c = 0.45 - 0.050 \text{ kkal}/H^0C$);

$t - t_0$ - градиент температуры;

J - тепловой эквивалент работы ($J = 4270N * m/kkal$);

$p_0 - p$ - перепад давления.

Следовательно, разность температур в рабочем теле при прохождении его через отверстие под действием разности давлений пропорциональна этой разности:

$$t - t_0 = \frac{10^6}{J\gamma c}(p_0 - p) \equiv k(p_0 - p) \quad (3)$$

Используем равенство (2) из системы (1) без учета разности температур

$$\begin{cases} \mu = \mu_0 \exp[(a + kb)(p_0 - p)] = \mu_0 \exp \frac{p_0 - p}{p_t} \\ \rho = \rho_0 [1 - (ka + b)(p_0 - p)] \equiv \left(1 - \frac{p_0 - p}{p_p}\right) \rho_0 \end{cases} \quad (4)$$

Здесь,

$p_t = (a + kb)^{-1}$ - тепловое давление;

$p_p = (ka + b)^{-1}$ - деформационное давление.

На основании материалов работ для минеральных жидкостей (типа ДТ) можно получить $p_t = 26 \text{ МПа}$ и $p_p = 99 \text{ МПа}$, а для синтетических рабочих жидкостей $p_t = 30p_t \text{ МПа}$ и $p_p = 640\text{МПа}$.

Поправочные коэффициенты для теплового давления и давления определяются величиной соответственно

$$k \frac{b}{a} = \frac{b \cdot 10^6}{J\gamma c a} \approx 0.64 - 0.74 \text{ yoki } k \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha \cdot 10^6}{J\gamma c \beta} \approx 0.47 - 0.93 \quad (5)$$

Он показывает тот же порядок изменений и примерно ту же важность рассмотрения каждого из них. Поэтому, если важно учитывать тепловой эффект, то обязательно нужно учитывать эффект деформации при прохождении рабочей жидкости через узкое отверстие. Течение рабочей жидкости через прямое отверстие описывается уравнением Навье-Стокса.

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \quad (6)$$

Здесь

x - координата, направленная вдоль линии тока;

z - x и нормальная координата стенок щели.

В качестве показателя рабочего состояния плунжерных пар ТНВД для исследования принята оценка гидравлической плотности на номинальном и пусковом режимах ТНВД.

Учитывая, что $v_x = 0$, $z = 0$ и $z = h$ (где h - расстояние между стенками щели), после интегрирования получим выражение для скорости

$$v_x = \frac{1}{2\mu} z(z-h) \frac{\partial p}{\partial x} \quad (7)$$

Умножив обе части уравнения на p (из уравнения неразрывности $v \text{ const } \rho v x = \text{const}$), получим дифференциальное уравнение для каждой линии тока с учетом системы (3).

$$\frac{2\mu_0(\rho v_x)}{\rho_0 z(z-h)} \partial x = 12 \left(1 - \frac{p_0 - p}{p_\rho} \right) \exp\left(\frac{P_0 - P}{P_t}\right) \partial p \quad (8)$$

Для $x = 0$ в начальном условии $p_0 - p$ решение уравнения будет иметь вид

$$\frac{2\mu_0(\rho v_x)}{\rho_0 z(z-h)} x = \frac{p_t}{p_\rho} \left[p_t + p_0 - (p_t + p_\rho + p - p_0) \exp\left(\frac{p_0 - p}{p_t}\right) \right] \quad (9)$$

и в $x = l$ (где l — длина прямой щели), если $p = 0$ принимает следующий вид

$$\frac{2\mu_0(\rho v_x)}{\rho_0 z(z-h)} l = \frac{p_t}{p_\rho} \left[p_t + p_\rho - (p_t + p_\rho - p_0) \exp\left(\frac{p_0}{p_t}\right) \right] \quad (10)$$

Разделив полученные равенства на слагаемые, находим закон изменения давления по длине прямой щели в виде равенства $p = p(l, p_t, p_\rho)$, показывающего нелинейную связь:

$$\frac{x}{l} = \frac{\left(1 - \frac{p_0 - p}{p_t + p_\rho} \right) \exp\left(\frac{p_0 - p}{p_t}\right)}{\left(1 - \frac{p_0}{p_t + p_\rho} \right) \exp\left(\frac{p_0}{p_t}\right)} \quad (11)$$

$$\frac{x}{l} = \frac{\exp\left(\frac{p_0 - p}{p_t}\right) - 1}{\exp\left(\frac{p_0}{p_t}\right) - 1} \quad (12)$$

Решения уравнений (5) и (6) относительно пьезометрической линии имеют вид:

$$\frac{x}{l} = 1 - \frac{p}{p_0} \quad (13)$$

Характер изменения давления p/p_0 по длине плоской щели x/l при трех значениях начального давления $p = 26, 52$ и 78 МПа при $p_t = 26$ МПа и $p_\rho = 990$ МПа показан на рисунке 1, где видно существенное падение давления в начальной части щели (расчет по направлению течения рабочей жидкости). Поэтому величина силы давления, создаваемой гидростатическим давлением в щели, отличается от традиционной линейной формы:

$$p = \frac{1}{2} b l p_0 \quad (14)$$

где l — ширина плоской щели.

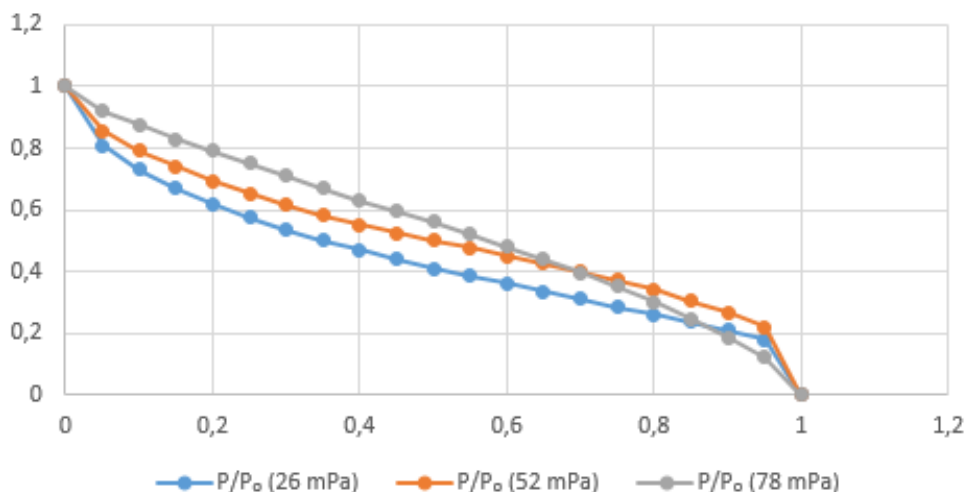


Рисунок 1 - График изменения давления жидкости в зазоре плунжерных пар.

Значение силы давления P при p_0 определяется выражением $t_b \rho dx \cdot 0$, которое дает решение с учетом равенства.

В третьей главе диссертации под названием «*Программа и методы исследований*» представлены последовательность и этапы проведения исследований.

Общая программа экспериментальных исследований представлена на рисунке 2.



Рисунок 2. Схема программы экспериментальных исследований.

Этапы исследований включают:

- определение гидравлической плотности плунжерных пар;
- стендовые испытания восстановленных плунжерных пар в ТНВД двигателя;
- эксплуатационные испытания восстановленных плунжерных пар в ТНВД двигателя.

Программа исследований предусматривала разработку следующих методов:

- методики сравнительных испытаний плунжерных пар ТНВД;
- методики оценки гидравлической плотности плунжерных пар ТНВД;
- методики стендовых и эксплуатационных испытаний плунжерных пар ТНВД двигателя.

Программа исследований включала несколько этапов, которые определили структурно-логическую взаимосвязь этапов исследований, представленных в диссертационной работе.

Структурная схема программы исследований представлена на рисунке 2.

Для исключения влияния неизученных параметров на результаты исследований предусматривалось:

- подготовка образцов (в пределах группы) из одной марки металла, получение электрохимических покрытий из одного состава электролита или из химического раствора в одном оборудовании, со строгим соблюдением технологического процесса;

- при нанесении гальвано-химических покрытий поддержание температуры воздуха в помещении 18...22 °С и относительной влажности воздуха в пределах 45-55%;

- корректировка электролитов и химических растворов должна проводиться после покрытия группы деталей из трех образцов и перед началом работы ежедневно;

- нанесение гальвано-химических покрытий на образцы в течение определенного времени.

Исследовались физико-механические свойства полученных покрытий, в том числе микротвердость и гидравлическая плотность плунжерной пары.

В четвертой главе диссертации под названием «Анализ результатов экспериментов» представлены результаты экспериментальных (на стенде CR825) и эксплуатационных испытаний в реальных условиях топливной аппаратуры с восстановленными плунжерными парами трех типов автомобилей.

По результатам стендовых испытаний созданы статистические ряды и построены графические зависимости.

Проведение испытаний исходной цикловой подачи топлива рядных плунжерных пар ТНВД и сравнение этих значений показали, что показатели цикловой подачи топлива восстановленных плунжерных пар по сравнению с новыми плунжерными парами составили 0,9...0,96, что свидетельствует о возможности их работы в группе. Для топливной аппаратуры испытываемого автомобиля КамАЗ эти показатели составляют 0,96, для топливной аппаратуры автогрейдера XCMG-165 — 0,95, для топливной аппаратуры самогружающегося экскаватора XCMG WZ 30-25 — 0,95.

После стендовых испытаний ТНВД, показавшие положительные результаты, были установлены для опытной проверки на автомобиле КамАЗ, автогрейдере ХСМГ-165 и самозагружающемся экскаваторе ХСМГ WZ 30-25 Управления государственных автомобильных дорог Асакинского района. Для обеспечения объективности опытных испытаний при проведении испытаний использовались одинаковые горюче-смазочные материалы. Технические осмотры проводились по нормативным показателям. Основное отличие заключается в условиях эксплуатации опытных автомобилей и продолжительности опытных испытаний. Они длились с марта 2023 года по сентябрь 2024 года. За этот период автомобиль КамАЗ прошёл 53 000 км, автогрейдер ХСМГ-165 отработал 749 мото/ч, а самозагружающийся экскаватор ХСМГ WZ 30-25 отработал 1306 мото/ч. Продолжительность работы автомобиля КамАЗ определена по формуле Кублина для выравнивания условий технического осмотра, так как автогрейдер ХСМГ-165 и самозагружающийся экскаватор ХСМГ WZ 30-25 отработали 2054 мото/час.

Для определения интервала технического обслуживания в часах, отработанных на мотоцикле, используется формула Кублина:

$$\text{Пройденное расстояние (км)} = (244.38 \cdot \text{TBN} \cdot V_m \cdot V_{dv}) / (L100 \cdot P_{ok})$$

Где:

TBN — щелочной индекс заливаемого моторного масла.

V_m — объем заменяемого масла.

V_{dv} — объем двигателя (мм³).

L100 — расход топлива (средний) на 100 км.

P_{лс} — мощность двигателя «лошадиные силы».

Или для приблизительного расчета можно принять следующее соотношение:

Для легкового автомобиля: 1 мото/ч ≈ 12-14 км

Колесный трактор: 1 мото/ч ≈ 8-10 км

Гусеничный трактор: 1 мото/ч ≈ 5 км

Автогрейдер ХСМГ-165 1036 мото/ч ≈ 13060 км

Самозагружающийся экскаватор ХСМГ WZ 30-25 749 мото/ч ≈ 7490 км

Для обеспечения точности результатов экспериментальных испытаний переведем км/ч в мото/ч.

Формула расчета мото/час:

$$\text{Мото/час} = \text{Расстояние (км)} / \text{Средняя скорость (км/ч)}$$

$$\text{Мото/час} = 53000 \text{ км} / 50 \text{ км/ч} = 1060 \text{ мото/час}$$

После стендовых испытаний ТНВД с положительными результатами испытаний были использованы для экспериментальных испытаний на грузовике КамАЗ, автогрейдере ХСМГ-165 и самозагружающемся экскаваторе ХСМГ WZ 30-25 из транспортного парка «Асакинского районного государственного дорожного эксплуатационного учреждения». В течение испытательного периода ремонт ТНВДов не проводился. Испытания проводились в штатном режиме. После окончания испытательного периода ТНВД были сняты с транспортных средств и стендовые испытания были проведены без модификации. Стендовые испытания проводились на испытательном стенде CR825, где проводились

первичные испытания, в режиме циклической подачи топлива 1000 циклов и были получены значения. Результаты были зафиксированы в следующих таблицах.

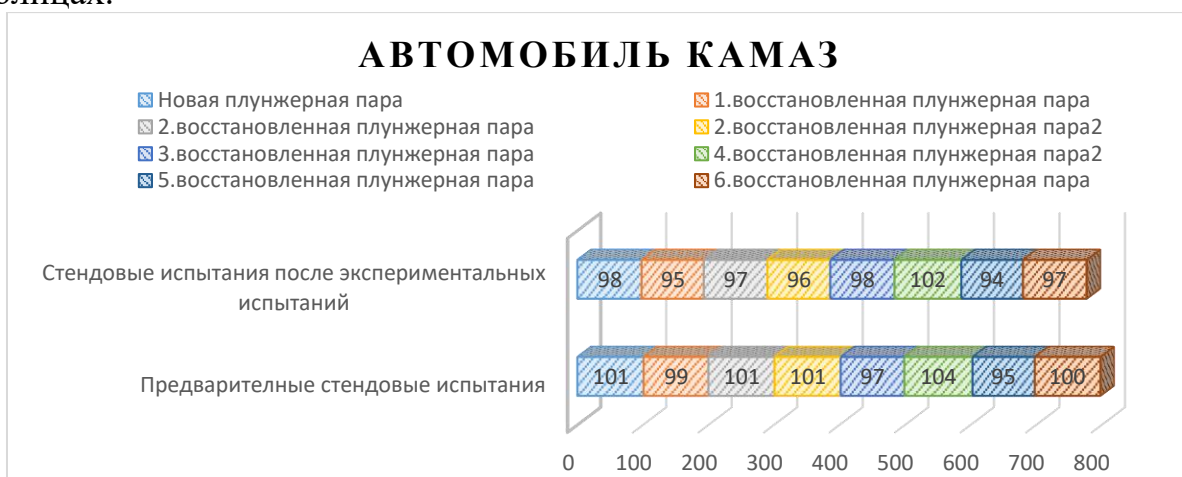


Рисунок 3.

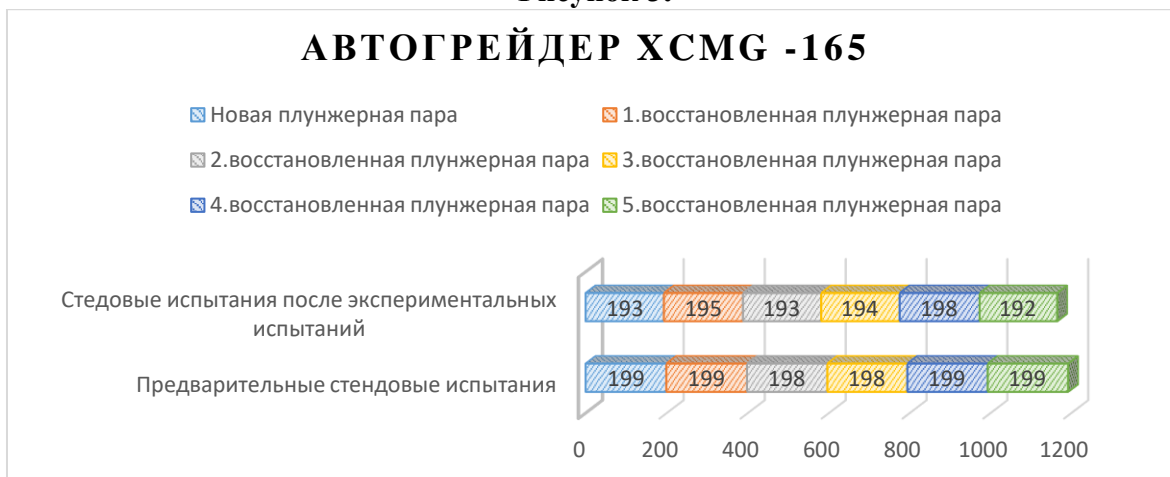


Рисунок 4.

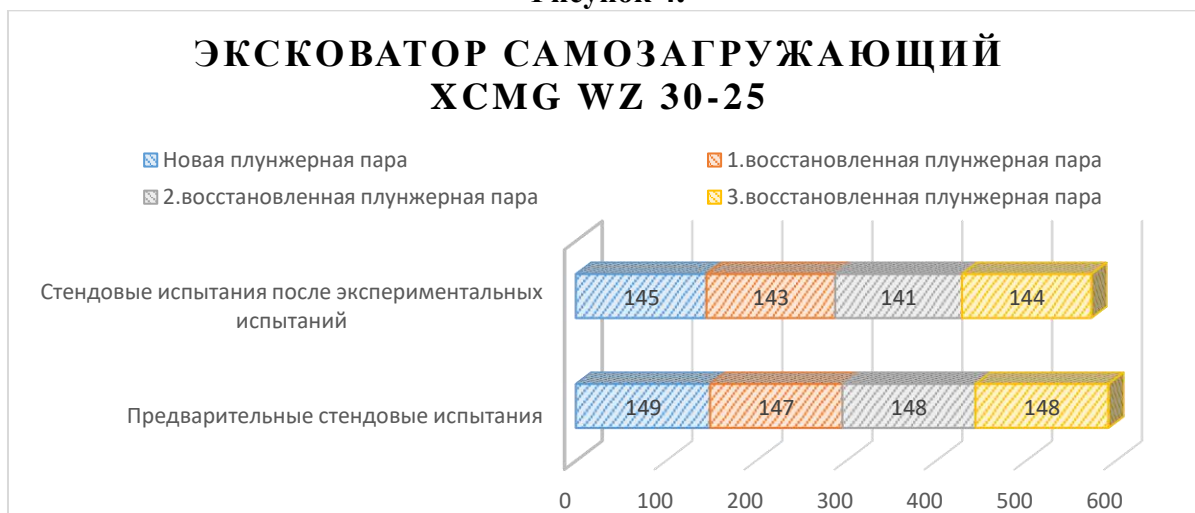


Рисунок 5.

Анализ полученных результатов испытаний показал, что по сравнению с первоначальными результатами стендовых испытаний (рисунки 3, 4, 5) последние повторные стендовые испытания после экспериментальных испытаний (непосредственно на автомобиле) зафиксировали следующие результаты (Приложение В).

На основании проведенных двух видов испытаний основанием для использования восстановленных плунжерных пар в новой серии является то, что техническое состояние двух видов плунжерных пар в процессе эксплуатации имеет практически одинаковое значение.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что от 26.7% до 45.1% неисправностей транспортных средств приходится на топливную аппаратуру, что указывает на ограничение срока службы этой системы в основном ресурсом плунжерных пар. Обоснована высокая перспективность нанокompозитных покрытий, устраняющих недостатки традиционных методов восстановления. Наиболее перспективными являются нанокompозитные гальванохимические покрытия на основе хрома, железа и ванадия.

2. Учитывая, что изменение зазора в паре плунжера является решающим фактором в формировании давления топлива, была разработана математическая модель для определения этого зазора плунжерной пары. На основе этой модели было теоретически и практически обосновано влияние размера микрочастиц на интенсивность износа

3. Гидравлическая плотность пар плунжеров, подвергшихся ремонту, была определена на основе 20 образцов при вязкости (9.9...10.9 м²/с), и было подтверждено, что показатели плотности очень близки к показателям новых пар плунжеров. Детали, отремонтированные с использованием нанокompозитных электролитических покрытий на основе хрома, соответствуют техническим характеристикам стандартных производственных образцов.

4. Микротвердость полученных покрытий изучалась в металлографических шлифах по толщине слоя от границы раздела с основным металлом по методике, описанной в пункте 3.5. Результаты измерений микротвердости нанокompозита и базовых покрытий из хрома, железа и ванадия составили соответственно микротвердость (твердость абразивных частиц (МПа) 11000-13000) (Твердость покрытия (МПа) 5000-11000). Эти показатели соответствуют твердости серийных (новых) деталей.

5. Поверхность восстановленной плунжерной пары была оценена с помощью профилометра Micron Beta 3D, и было установлено, что показатель шероховатости ($R_a < 0.04$ мкм) практически идентичен показателю новых плунжерных пар. Это свидетельствует о том, что технология восстановления полностью восстанавливает качество поверхности

6. Согласно результатам стендовых испытаний, восстановленные плунжерные пары и новые плунжерные пары показали практически одинаковые результаты по цикловой подаче топлива согласно требованиям технических условий (ТУ). Это позволяет использовать восстановленные плунжерные пары в комплекте с новыми. Внедренная технология экономически эффективна, и было установлено, что при восстановлении 2028 плунжеров за счет ремонта 338 специальных автомобилей в масштабе области, годовой эффект составит 233 миллиона 22 тысячи сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/2025.27.12.T.18.01 ON AWARD OF
SCIENTIFIC DEGEES AT ANDIJAN STATE TECHNICAL INSTITUTE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER
ISLAM KARIMOV**

ABDULLAYEV ALIMARDON IKROMJONOVICH

**EVALUATION OF THE PERFORMANCE INDICATORS OF
A HIGH-PRESSURE FUEL PUMP USING RESTORED
PLUNGER PAIRS**

05.08.06 – Wheeled and tracked vehicles and their operation

**DISSERTATION ABSTRACT
of the doctor philosophy (PhD) on technical sciences**

Andijan – 2026

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2025.1.PhD/T2949.

The dissertation has been prepared at Tashkent state technical university named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (rezume)) on the website (www.astiedu.uz) and on the website of "ZiyoNet" information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Ismatov Jumaniyez Fayzullayevich
doctor of technical sciences (DSc),
associate professor

Official opponents:

Xudayarov Anvar Nazirjanovich
doctor of technical sciences (DSc), professor

Nasirov Ilxam Zakirovich
philosophy doctor

Leading organization:

Fergana State Technical University

The defense of the will take place on "____" _____ 2026 at _____ at the scientific council No. PhD.03/2025.27.12.T.18.01 at the Andijan state technical institute (Address: 170119, Andijan, Boburshoax street, 56. tel: (99874) 223-47-18; fax: (99874) 223-43-67; e-mail: info@astiedu.uz; e-xat: asti@exat.uz)

The dissertation is registered in Information-Resource Center of the Andijan state technical institute (is registered under number _____). (Address: 170119, Andijan, Boburshax street, 56. Tel: (99891) 612-30-06; fax: (99874) 223-43-67); e-mail: andmi-arm@umail.uz.)

The abstract of the dissertation was distributed on "____" _____ 2026 y.
(Protocol at the register № _____ on "____" _____ 2026 y).



U.M. Turdialiyev
Chairman of the Scientific Council
for Awarding Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

Sh.Kh. Yuldashev
Secretary of the Scientific Council
for Awarding Scientific Degrees, Doctor of Philosophy (PhD)
in Technical Sciences, Associate Professor

K. Yuldashev
Chairman of the Scientific Seminar
under the Scientific Council for Awarding Scientific Degrees,
Doctor of Technical Sciences

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of doctor of (PhD) philosophy)

The purpose of the research. Improvement of the operational characteristics of high-pressure fuel pumps with restored plunger pairs of diesel-powered vehicles.

Research objectives:

analysis of wear and existing methods for restoring plunger pairs in high-pressure fuel pumps of diesel-powered vehicles;

development of theoretical models for the causes of wear in plunger pairs of high-pressure fuel pumps;

comparative analysis of theoretical and experimental research results aimed at improving the operational performance of restored plunger pairs in high-pressure fuel pumps;

determination of hydraulic sealing efficiency values for restored plunger pairs and development of recommendations.

The object of the study is the plunger pairs of high-pressure fuel pumps in diesel-powered vehicles.

The subject of research is to determine the wear mechanism of the working surfaces of high-pressure fuel pump plunger pairs in diesel-powered vehicles, as well as to assess the impact of these processes on the overall operational performance of the fuel pump.

Research methods. The study employed experimental, observational, mathematical statistics and modeling, systemic and theoretical analysis, physical-mechanical, hydraulic, chemical-operational, comprehensive bench testing, and modern research techniques.

The scientific novelty of the work is as follows:

a method for determining the clearance value formed in the plunger pairs of a high-pressure fuel pump, based on a graphic-analytical approach, has been improved, along with a mathematical model describing their wear process;

the patterns of movement of abrasive particles formed between the working surfaces of plunger pairs, as well as the mechanism of their influence on the wear process, have been scientifically substantiated, taking into account the dependence of the particles' geometric dimensions and shape;

based on the surface roughness values of plunger pairs, a method has been developed using correlation-regression analysis to determine the probability of their failure-free operation according to the normal distribution law;

based on the results of hydraulic density tests of plunger pairs, a method for determining the boundary parameters that characterize their operational condition has been developed and scientifically substantiated through the use of experimental research methods.

The practical outcomes of the research are as follows:

Based on research findings, a technology for using refurbished plunger pairs in high-pressure fuel pumps has been developed and put into practice. This technology was tested on the high-pressure fuel pumps of special vehicles belonging to the Asaka District State Road Maintenance Enterprise, under the Main Department of Highways of the Andijan Region. The results revealed that using refurbished plunger pairs

improves operational performance, and their wear resistance is 1.1 to 1.2 times greater than that of new plunger pairs.

The hardness of the plunger pairs restored on the basis of chromium-based nanocomposite electrolyte coatings has been increased to HV 11000-13000 MP;

The surface accuracy values of the plunger pairs are $R_a < 0.04 \mu\text{m}$ compared to the new ones;

A mathematical model of the wear process of the plunger pairs of a high-pressure fuel pump has been developed;

A model of the mechanism of influence of abrasive grains on the wear of plunger pairs has been developed.

Reliability of the research results. The reliability of the research results is substantiated by conducting research using modern methods and measuring instruments, adherence to the basic rules and methods of higher mathematics and theoretical mechanics in the theoretical justification of the operating parameters and operating modes of the regenerated plunger pairs of high-pressure fuel pumps of vehicles with diesel engines, processing of experimental results by methods of mathematical statistics, mutual adequacy of the results of theoretical and practical research, positive results of tests of the selected regeneration technologies of special equipment of the motor transport enterprise and their implementation in practice.

The scientific and practical significance of the research result is substantiated by conducting research using modern methods and measuring instruments, adherence to the basic rules and methods of higher mathematics and theoretical mechanics in the theoretical justification of the operating parameters and operating modes of the regenerated plunger pairs of high-pressure fuel pumps of vehicles with diesel engines, processing of experimental results by methods of mathematical statistics, mutual adequacy of the results of theoretical and practical research, positive results of tests of the selected regeneration technologies of special equipment of the motor transport enterprise and their implementation in practice.

Implementation of research results. Based on the obtained scientific results on the substantiation of the operational indicators of regenerated plunger pairs of high-pressure fuel pumps of diesel-powered vehicles:

the application of restored plunger pairs in high-pressure fuel pumps of diesel vehicles has been implemented in practice at the State Institution “Asaka District Road Maintenance Department of the Main Directorate of Automobile Roads of Andijan Region” (reference of the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan dated June 27, 2025, No. 4/6900). As a result, the strength of plunger pairs of high-pressure fuel pumps of diesel vehicles has been improved through their restoration under the conditions of repair workshops of motor transport enterprises, their service life has been ensured, and fuel consumption and costs have been reduced;

a method for comprehensive assessment of technical and operational indicators in selecting technologies for restoring plunger pairs of high-pressure fuel pumps has been implemented in the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan (reference dated June 27, 2025, No. 4/6900). As a result, it was established that the pressure indicator of high-pressure fuel pumps equipped with restored plunger pairs differs by 3–5%, which meets the permissible limit values for practical operation;

a methodology for determining the limit values characterizing the operational condition of plunger pairs has been implemented in the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan (reference dated June 27, 2025, No. 4/6900). As a result, the wear resistance of restored plunger pairs has been increased by 1.1–1.2 times compared to new ones;

the application of restored plunger pairs has been implemented in the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan (reference dated June 27, 2025, No. 4/6900). As a result, the implemented technology has demonstrated economic efficiency: it was determined that restoring 2028 plungers from 338 special vehicles requiring repair at the scale of Andijan region provides an annual economic benefit of 233 million 22 thousand soums.

Approbation of the research results. The results of the dissertation research were discussed at 6 conferences, including 2 international and 4 national scientific and practical conferences.

Publication of research results. A total of 15 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, including 7 articles in scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of dissertations for the degree of Doctor of Philosophy (PhD), 2 in international conferences, 4 in republican scientific and scientific-practical conferences, and 2 software certificates have been obtained from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 119 pages.

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

I-bo'lim (I-часть; I-part)

1. Ismatov J.F., Abdullayev A.I. Yonilg'i uzatish apparatining pretsizion detallari ishchi yuzalari orasidagi abraziv donachaning o'zaro ta'sir mexanizmi. // FarPI Ilmiy-texnika jurnali. 2022. TOM 24. №6, 210-213 b. (05.00.00. №20)
2. Raхmanov O.A., Sobirov R.V., Abdullayev A.I. Dizel dvigatellarining ishlash sharoitini yonilg'i apparatlari ishonchliligiga ta'siri. // NamMTI, ilmiy-texnika jurnali. TOM 5 - № 2, 2020y, 164-169 b. (05.00.00. №33)
3. Mamarahimov X.M., Abdullayev A.I. Анализ существующих форсунок дизельных двигателей и основные причин изменения долговечности. // FarPI, Ilmiy-texnika jurnali. TOM 25 - № 6, 2021 y, 239-244 betlar. (05.00.00. №20)
4. Ismatov J.F., Abdullayev A.I. Qishloq xo'jaligi mashinalarida yoqilg'i jihozlarining plunjer juftliklarini nanokompozit galvanik kimyoviy qoplamalash usuli bilan tiklash. // Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi "Fan va taraqqiyot" davlat unitar korxonasi. Kompozitsion materiallar, Ilmiy texnikaviy va amaliy jurnali. №1, 2024. 204-206 b. (05.00.00 №13)
5. Ismatov J.F., Abdullayev A.I. Qishloq xo'jaligi mashinalarida yoqilg'i jihozlarining yeyilgan plunjer juftlarni tiklash va mustahkamlashning texnologik usullari. // Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi "Fan va taraqqiyot" davlat unitar korxonasi. Kompozitsion materiallar, Ilmiy texnikaviy va amaliy jurnali. №2, 2024. 86-89 b. (05.00.00 №13)
6. Abdullayev A.I. Dizel dvigatelining yonilg'i uzatish apparatidagi qayta tiklangan plunjer juftlik detalini texnik ko'rsatkichlar tahlili. // Toshkent davlat transport universiteti. Ilmiy-texnik va innovatsion jurnal. Tom 2. №2, 2025 y. 88-91b. (05.00.00. №1, ОАК Раёсатининг 2019 йил 28 февралдаги 262/9.2-сон қарори)
7. Abdullayev A.I. Синергетическое исследование термомеханических свойств растущей пленки на шероховатой поверхности металла. // "Автомобильная промышленность Российская Федерация. Издательство" Автомобильная промышленность. № 6. 2025 г. (05.00.00 №6)

II-bo'lim (II-часть; II-part)

8. Mamarahimov X.M., Abdullayev A.I. Эксплуатационные условия автотракторных двигателей в регионе жаркого климата. // Современная наука: проблемы, идеи, тенденции, 18 февраля, 2021 года. г. Прага, Чехия. 70-81 с.()
9. Mamarahimov X.M., Abdullayev A.I. Исследование причин изменения параметров долговечности форсунок дизелей. // Теоретические и практические аспекты развития науки и образования в современном мире. 20 мая. 2021 года. г. Сафия, Болгария. 12-19 с.
10. Ismatov J.F., Abdullayev A.I. Dizel dvigatellarida qo'llaniladigan yonilg'i uzatishapparati pretsizion detallarini ishdan chiqish sabablari va qayta tiklash usullari

// Ilm-fan ,madaniyat, texnika va texnologiyalarning zamonaviy yutuqlari hamda ularning iqtisodiyotga tatbiqi. AndMI. 25-27 may.2022 yil. 782-784 b.

11. Abdullayev A.I., Muratov A.X. Dizel dvigatelli avtomobillar presizion detallarini buzilishi va buzilmay ishlash aniqlik ko'rsatkichlari. // "Respublika janubida yuk va yo'lovchi tashishning muammo va yechimlari" mavzusida Respublika miqyosida ilmiy va ilmiy-texnik anjuman. Termiz 2024 yil.

12. Abdullayev A.I., Ismatov J.F. Yonilg'i nasosi plunjer juftlik detalini qattiqligini aniqlash ko'rsatkichlar tahlili. // "O'zbekistonda avtomobil transportini rivojlantirish istiqbollari: *loyihalash, ishlatish va logistika*" mavzusida xalqaro ilmiy-texnik anjuman. AndMI. 15-16 noyabr. 2024 y. 293-295 b.

13. Abdullayev A.I. Plunjer juftlik detali yuza g'adir-budurligini aniqlash kursatkichlar tahlili. // Mashinasozlikda fan, ta'lim va ishlab chiqarishning integratsiyasi: tendensiyalar, muammolar va yechimlar" mavzusidagi xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiytexnik konferensiya TDTU. 7-8-noyabr 2024 y. 411-413 b.

14. Abdullayev Alimardon Ikromjonovich, Ismatov Jumaniyez Fayzullayevich. Galvanik-kimyoviy qoplamalarni mustahkamlash mexanizmining nazariy modeli., 24.05.2024: № DGU 39247.

15. Abdullayev Alimardon Ikromjonovich, Shodmonov Sayidbek Abduvayitovich, Yonilg'i apparatining plunjer juftliklarini yeyilishga ta'sirini aniqlashning elektron modeli., 25.02.2025: № DGU 48341.

Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlari
Andijon davlat texnika instituti dotsenti f.f.f.d. filolog
G.Babayeva tahriridan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi: _____ 2026-yil.
Bichimi: 84/60 1/16. «Times New Roman» garniturasini.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 2,75. Adadi: 60 dona. Buyurtma №7.
«Omadbek print number one» MChJ bosmaxonasida chop etildi.
170000, Andijon. Boburshoh 56