

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 2, 2025 vol. 2

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 2, ISSUE 2

JUNE, 2025



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 2 JUNE, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Metallopolymer materials for the construction of tribotechnical parts of cardan shafts of a new type

M. Rakhmatov¹^a, A. Riskulov¹^b, Kh. Nurmetov¹^c

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article is dedicated to addressing the following technical and operational issues through the analysis of scientific solutions. We know that failure of some units of the cardan transmission leads to the destruction of the connected units (for example, the drive axles and gearbox reducers) in the presence of a significant imbalance. The large metal volume, vibration activity, low reliability level, and large axial forces arising in the spline connection of the crankshaft are serious drawbacks in the design of most crankshafts, therefore, the issues of improving the design of crankshafts and increasing their reliability level are relevant and require immediate solutions. In solving these problems, the role of materials science and technological aspects is significant, the consideration of which at the stage of designing a cardan transmission ensures achieving optimal operational life.

Keywords: cardan transmission, antifriction polymer coating, crank joints, movable spline connections, composite materials, polymer matrix material, modifying thermoplastic polymers, wear resistance, microscopic analysis, coatings

Yangi turdagi kardan vallarining tribotexnik detallari konstruksiyalari uchun metallopolimer materiallar

Raxmatov M.¹^a, Riskulov A.¹^b, Nurmetov X.¹^c

¹Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqola ilmiy yechimlarni tahlil qilish orqali quyidagi texnik va foydalanish masalalarini hal qilishga bag'ishlangan. Sezilarli darajada disbalans mavjud bo'lganida kardanli uzatmaning ba'zi tugunlarining ishdan chiqishi birikadigan agregatlarning (masalan, yetakchi ko'priklar va uzatma korobkalarining reduktorlari) buzilishiga sabab bo'ladi. Metall hajmining ko'pligi, vibrofaollik, ishonchlik darajasining pastligi, kardanli valning shlitsali birikmasida yuzaga keladigan katta o'q kuchlari ko'pchilik kardanli uzatma konstruksiyasining jiddiy kamchiligi hisoblanadi, shuning uchun ham kardanli vallar konstruksiyasini takomillashtirish, ularning ishonchlik darajasini oshirish masalalari dolzarb bo'lib, zudlik bilan hal qilinishini talab etadi. Bu masalalarni hal etishda materialshunoslik va texnologik jihatlarining roli katta bo'lib, uzatmani loyihalash bosqichida ularni hisobga olish optimal ekspluatatsion resursga erishilishini ta'minlaydi.

Kalit so'zlar: kardanli uzatma, antifriktsion polimer qoplama, krivoshipli birikmalar, qo'zg'aluvchan shlitsali birikmalar, kompozitsion materiallar, polimer matritsali material, modifikatsiyalovchi termoplastik polimerlar, yeyilishga chidamlilik, mikroskopik tahlil, qoplamalar

1. Kirish

Yurtimiz avtomobilsozligida va qishloq xo'jaligi mashinasozligida ishlatiladigan kardanli uzatmalar loyihalarida metall hajmining ko'pligi, vibrofaolligi, yetarlicha ishonchli emasligi, tayanchlarga ulangan agregatlarga uzatiladigan o'q kuchlarining kattaligi jiddiy kamchilik hisoblanadi.

Trubalar kardanli vallar konstruksiyalarining mas'uliyatli elementlaridan biri hisoblanadi. Odatda ular yuqori aniqlikda jo'valangan yuqori uglerodli po'lat tayyorlanadi, bunda devorlarining yo'l qo'yiladigan qalinligi 0,06 mmdan, titrashi 2 m uzunlikda har bir pogonometrغا 0,15 mm dan oshmasligi kerak. Truba berilgan aylantiruvchi

momentli yuklanishda ishonchli ishlashi, ko'ndalang chidamlilikka ega bo'lishi, maksimal solishtirma massa ega bo'lishi kerak.

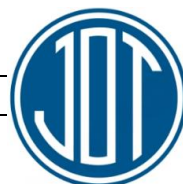
Yuk avtomobillarining kardanli vallari uchun ichki diametri kattalashtirilgan, yupqa devorli, elektr payvandlangan, prokatlangan trubalardan foydalaniladi. Bunday trubalar egilishda yuqori mustahkamlikni ta'minlaydi, massaning kamayishiga yordam beradi. Yengil qotishmalardan va polimer kompozitsion materiallardan foydalanish truba massasini kamaytirishning istiqbolli yo'nalishi hisoblanadi (1-rasm).

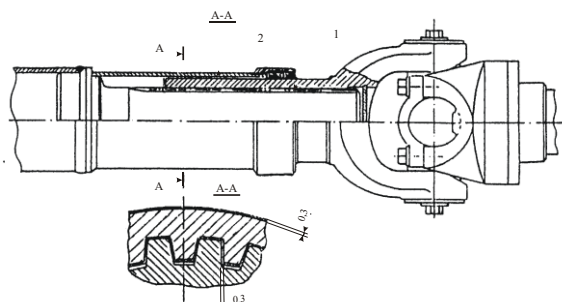
Bizda tannarxi, tayyorlash va yig'ish texnologiyasi bo'yicha zamonaviy talablarga javob beradigan kompozitsion materiallarning ishlanmalari yo'qligi sababli shunga o'xshash konstruksiyalardan amaliyotda foydalanilmaydi.

^a <https://orcid.org/0009-0008-6395-5804>

^b <https://orcid.org/0000-0002-5275-9153>

^c <https://orcid.org/0000-0002-6111-7259>





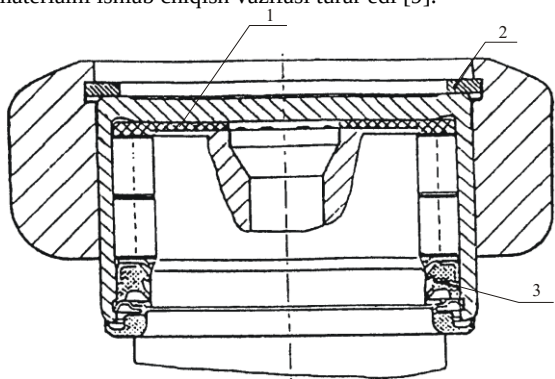
1-rasm. Antifriktsion polimer qoplamali shlitsa (1) va teleskopik zichlagich (2) ga ega harakatlanuvchi shlitsali birikmaning printsiplial konstruksiyasi

Chet ellarda antifriktsion qoplamani tayyorlash uchun Rilprim tagqatlamli PA 11 (Rilsan) poliamiddan foydalaniladi. Qoplamanı surtish texnologiyasi yetarlicha murakkab bo'lib, katta mehnatni va yuqori malakali xodimlarnı talab qiladi. Qimmat turadigan PA 11 poliamidni o'zimizda ishlab chiqariladigan materiallar bilan almashtirishga urinishlar PA 6 poliamidning sifati pastligi sababli muvaffaqiyatli natija bermadi.

Sharnimning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentini kamaytirish uchun krestovinalarning uchlaridagi masofalar kamaytiriladi, shlitsalarning diametrlari esa orttiriladi, bunda ularning o'tkazish qobiliyati ortadi. Bundan tashqari, kardanli sharnirlarda o'qli tirqishlarnı pasaytirish maqsadida kardanli sharnirlarning ninasimon podshipniklari ularning tubida joylashgan antifriktsion polimer shaybalar bilan, vilkalarining sharnirlarida podshipniklarnı mahkamlash uchun esa – bir necha guruh stoporli xalqalar bilan ta'minlanadi (2-rasm).

Bu sharnirlardagi o'qli tirqishni va transmissiyalarda ishlash vaqtida kardanli uzatmalardagi vibrofaolligni ancha pasaytirish, valning balansirovkasini yaxshilash imkonini beradi.

Chet el konstruksiyalarida polimer shaybalarnı tayyorlash uchun material sifatida shisha tola bilan to'ldirilgan PA 6 (GWB, Germaniya), shisha bilan to'ldirilgan kompozitsion material Itamid-25 (FMS, Polsha) dan foydalaniladi. Yaqin kunlarga respublikamizda shisha bilan to'ldirilgan poliamidlar ishlab chiqarilmas edi, shuning uchun ham xizmat tavsiflari bo'yicha eng yaxshi chet el mahsulotlariga bo'sh kelmaydigan kompozitsion materialni ishlab chiqish vazifasi turar edi [9].



2-rasm. Yassi materialdan shtamplangan korpusli ninali podshipnik konstruksiyasi:

1 – antifriktsion polimerli shayba; 2 – stoporli xalqa; 3 – zichlagich

Kardanli uzatmalarning vibrofaolligini pasaytirish, tayyorlash aniqligini orshirish, podshipniklar komplektidagi

ignalarning o'lchamlarini 0,002 mm gacha kamaytirish, kardanli vallarning detallarini qayta ishlashning ilg'or metodlaridan foydalanish ham ularning xizmat qilish muddatini oshirishga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Kardan sharnirlari va harakatlanuvchi shlitsali birikmalarining yuqori resurslarini ta'minlashda ularning germetikligini yaxshilash ham muhim omilligicha qolmoqda. So'nggi paytlarda radial va chetki zichlovchi elastik kromkalardan foydalanish turli yechimlar orasidan birinchi o'ringa chiqmoqda. Podshipniklarnı radial-chetki zichlagich (2-rasm) rezinaga nisbatan eskirishga chidamli va uzoq xizmat qiladigan, sharnirni yaxshiroq germetiklaydigan, zichlagichlarning o'lchamlarini kamaytiradigan polimerlardan tayyorlanadi. Masalan, ma'lumki, poliuretan asosidagi polimer materiallardan tayyorlangan ko'p kromkali zichlagichlar ancha ixcham hisoblanadi (rezinali zichlagichga nisbatan bo'yiga 1,5 marta kichik) [1].

Respublikamizda buyumlarnı rezinotexnik materiallardan ishlab chiqarish rivojlanmoqda. Shuning uchun ham zichlagich buyumlarini ilg'or metodlar yordamida termoelastoplastlar asosidagi kompozitsion materiallardan tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqish zarurati dolzarb turibdi.

Shlitsali birikmalar elementlarining antifriktsion polimer qoplamalari eskirishga chidamliligini oshirish uchun teleskopik zichlagichlardan samarali foydalaniladi.

Kuch agregati yoniga o'rnatiladigan burchak tezliklari bir xil bo'lgan universal kardan sharnirlari (ShRUS)ning xizmat qilish muddati o'q kuchlariga bog'liq bo'ladi, ular esa o'z navbatida, shiplar va sharchalarning soni bilan belgilanadi. Shuning uchun ham sharnirli privodli vallarning yangi avlodida qattiq oltita sharikli va universal uchta shipli ShRUSlardan foydalaniladi. Old yuritmalı avtomobillarnı ishlab chiqarilishini o'zlashtirishda yuritma vallari ba'zi rejimlarda kuchli titrashi aniqlandi. Bu titrashlarnı inersion demperlar yordamida bartaraf etiladi.

ShRUSlarning eng zaif joylaridan biri – himoya g'iloqlari ("chang yutkichlar")dir. Odatda ularni tayyorlashda qo'llaniladigan rezina 7-57-9003, avtomobil ekspluatatsiya qilinadigan ishchi temperaturalarda faqatgina 80 – 140 ming yuklanish sikllariga chidaydi. ShRUSlarning germetikligini ta'minlash uchun yangi avlod old yuritmalarda mustahkamligi, ishqalanishi, charchashga chidamliligi bo'yicha rezina aralashmalaridan sezilarli darajada ustun turadigan termoelastoplastdan tayyorlangan elastik himoya g'iloqlaridan foydalanish boshlandi. Masalan, «Xaytrell 8105» termoplastidan tayyorlanadigan g'iloqlar xizmat muddati bo'yicha rezinalidan 8-10 marta ustun turadi. Bundan tashqari, vakuumlanish effekti bunday g'iloqlarga xos emas, ular yo'ldan mexanik zararlanishga ancha chidamli.

Respublikamizda bunday materiallar sanoat darajasida ishlab chiqarilmaydi. Shuning uchun ham berilgan ekspluatatsion tavsifli termoelastoplast asosida o'zimizning kompozitsion materialimizni ishlab chiqish zarur.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Konstruksion maqsadlar uchun mo'ljallangan termoplast materiallardan tayyorlangan buyumlarning o'ziga xos ekspluatatsiya sharoitlari polimer matritsalarining bazaviy kamchiliklarnı pasaytirishga, va ko'pincha, termoplastlarning yangi xossalarga ega bo'lishiga, ularning

afzalliklarini oshirishga olib keladigan maqsadli modifikatsiyalash zaruratini tug'diradi. An'anaviy konstruksion termoplastlarning asosiy kamchiliklariga nisbatan yuqori bo'lmagan fizik mexanik tavsiflarni va qoniqarli tribotexnik va issiqlik-fizikaviy tavsiflarini kiritish mumkin.

Polimer materialga agressiv ta'sir ko'rsatilganda zanjirlarning kimyoviy tuzilishi va sintez shart-sharoitlari bilan mavjud bo'ladigan makromolekulalarning faol markazlari, odatda, matritsalarining buzilish o'choqlari hisoblanadi [10-12]. Bunda makromolekulalar faol markazlarining ekspluatatsiya muhitining turli reagentlari (kislorod, polimer destruksiyasining past molekulyar mahsulotlari, namlik va h.k.lar) bilan o'zaro ta'siri materialning ekspluatatsiya tavsiflari pasayishiga olib keladi.

Sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan polimerlarni turli texnologik usullardan, fizik ta'sirlardan foydalanib, faollashtirilgan ingrediyentlarni kiritish, yoki polimer matritsa sifatida polimer-oligomer va polimer-polimer gibrid aralashmalardan foydalanib maqsadli modifikatsiyalash bazaviy polimer bog'lovchilarning bazaviy xizmat tavsiflarini oshirishning eng sodda va samarali yo'li hisoblanadi [6-7]. Bunday yondoshuvni amalga oshirish texnologiya nuqtayi nazaridan ham tejimli bo'lib, nisbatan sodda va katta sarf-harajatlarni talab qilmaydi. Adabiyotlar manbalarida aytilishicha, to'ldirish – bu polimerlarni hajm bo'yicha uzluksiz faza bilan nisbatan bir tekis taqsimlanadigan qattiq, suyuq, gazsimon moddalar bilan birlashtirilishidir [8, 12].

Polimerlarga to'ldiruvchini kiritish materialning strukturaviy, fizik-mexanik tribotexnik, issiqlik fizikasi va boshqa tavsiflariga ta'sir ko'rsatadi [3, 13]. Polimer matritsalarini to'ldiruvchilar bilan modifikatsiyalashning umumiy fizik-texnik tamoyillari polimer-to'ldirgich chegarasidagi fazalararo hodisalarga hamda materialning xajmiy tuzilishi va xossalari bo'yicha farq qiladigan, o'ziga xos strukturaga ega fazalararo qatlamning paydo bo'lishiga asoslanadi. Polimer matritsaning yangi xossalari to'ldirgich zarralari sirtining makromolekulalarning harakatiga ta'siri va chegaraviy sohada polimerning adsorbsiyalangan qatlamlari hosil bo'lishi bilan tushuntiriladigan effektlar sababli yuzaga keladi [4, 5]. Buning natijasida polimerning struktura hosil qilishi bog'lovchi hajmida va fazaviy chegara yaqinida turlicha kechadi. To'ldiruvchili sistemalardagi asosiy o'zgarishlar, matritsa bilan to'ldirgich o'rtasida xemosorbsion o'zaro ta'sir yuz bermasa, asosan, to'ldirgichning sirt xossalari bilan belgilanadi.

Polimer materialning yemirilishini kamaytirish maqsadida matritsalar kimyoviy va fizik usullar bilan, shuningdek yuqorida ko'rsatilgan usullardan birgalikda foydalanib modifikatsiyalanadi. Termoplast va termoelastoplast polimerlarni modifikatsiyalash uchun dispersligi 2-3 mkm dan 10-100 mkm gacha bo'lgan noorganik va organik tabiatga ega komponentlar – shisha tola, metallar va ularning oksidlari, uglerodli materiallar, maydalangan tog' jinslari, yog'och zarralari va boshqalardan foydalaniladi.

Bugungi kunda termoplast polimerlarni modifikatsiyalashning eng yaxshi ishlab chiqilgan usullariga ularni ham sintez bosqichida [9, 14, 15], ham polimer-polimer yoki polimer-oligomer aralashmalarni hosil qiluvchi eritma komponentlarini qo'shish jarayonida [5-7] kichik polimer qo'shimchalar bilan legirlash kiradi. Bunday polimer sistemalar uchun komponentlarning qutblanish,

eruvchanlik, zanjirning moslashuvchanligi va boshqa tavsiflari bilan aniqlanadigan moslashuvchanligi hal qiluvchi ahamiyatga ega [6-7]. Masalan, 5-25 % butadiyen yoki butadiyen-stirolli kauchukni va 15-30 % stirolli akrilonitrilni sopolimerlash natijasida dastlabki polistirollar bilan solishtirganda bir qator ahamiyatli afzalliklarga ega bo'lgan (yuqori qovushoqlik, termik kirishish va h.k.), yirik tonnaji ABS-plastiklar olinadi [7]. Mustahkamlovchi agregatlarning [9, 13] hamda matritsa hajmidagi mustahkamlovchi qo'shimchalarning legirlovchi fazasida [8] o'tish qatlamlarining hosil bo'lishi tufayli legirlangan termoplastlarning fizik-mexanik tavsiflarining oshishi kuzatiladi.

Polimerlarni termomexanik qorishtirish yo'li bilan poliamid-poliiolefin, poliiolefin-divinilstirolli termoelastoplast va boshqa konstruksion vazifani bajaruvchi, optimal fizik-mexanik tavsiflarga ega kompozitsiyalar olinadi [8, 9].

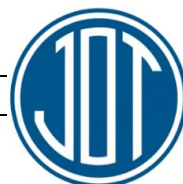
Bizga ma'lum bo'lgan konstruksion vazifani bajaruvchi polimer aralashmalar orasida poliamid va poliatsitellarga asoslangan kompozitsiyalar alohida qiziqish uyg'otadi [13, 14, 15]. Masalan, har biri kichik kontsentratsiyaga ega bo'lgan ikki komponentli sistemalarda fizik-mexanik tavsiflarning anomal oshish effekti aniqlangan [8-10], bunga polimer asosni qayta ishlash jarayonida mustahkamlashga yordam beradigan tolasimon agregatlar – ultra dispers tolalarning aralashmasining yuzaga kelishi sabab bo'ladi [39-48]. Termomexanik qorishtirilgan matritsalarining binar aralashmasida sopolimer baza hosil bo'lishi mumkinligi aniqlangan [10, 11].

Termoplastlarga legirlovchi polimer qo'shimcha sifatida bir-biriga choklanadigan - fenolformaldegid, imid, kremniy-organik, poliefir va boshqa qatronlarning oligomerlaridan foydalanilishi mumkin [4-5]. Bunda termoplastik matritsada "to'r ichida to'r" tipidagi struktura shakllanadi. O'zaro "tikiluvchi" qatronlarning oligomerlari asosiy polimerning faol guruhlar bilan o'zaro ta'sirlashishi mumkin, bu esa uning deformatsiya-mustahkamlik tavsiflarining va termik oksidlanishga chidamliligining oshishiga olib keladi [12]. Qator hollarda ba'zi oligomerlar nozanjir stabilizatorlarning xossalari namoyon qiladi [14].

Konstruksion termoplastlarning mustahkamlik, teplofizik va tribotexnik xossalari yaxshilash maqsadida modifikatsiyalashning yuqorida ko'rsatilgan usullari bilan bir qatorda grafit, talk, koks, shisha tola, asbest, metall kukunlari, ularning oksidlari kabi turli xil to'ldirgichlardan ham foydalaniladi [6-7].

Ma'lumki, to'ldirilgan kompozitsiyalarning eskirishga chidamliligi to'ldirilmaganiga nisbatan bir necha tartibga ortadi, yuk ko'tarish qobiliyati va issiqlikka chidamliligi esa 2-5 marta ortadi. Bunda faqatgina to'ldirgich miqdori u qadar katta bo'lmasagina modifikatsiyaning maksimal effekti erishish mumkin (5-20 mas. %), bu esa mexanik tavsiflarning (qattqlik, mustahkamlik, nisbiy uzayish va eskirishga chidamlilik) oshishiga olib keladi [54].

Yuqori modulli uglerod tolalari bilan to'ldirilgan termoplast polimerlar yuqori fizik-mexanik va tribotexnik tavsiflarga ega bo'ladi. Bunda [5, 14] ishda keltirilgan ma'lumotlarga asosan, tola miqdori 30 mas. % atrofida bo'lganida kompozitsiyaning eskirishga chidamliligi polimer matritsaning turiga deyarli bog'liq bo'lmaydi, balki faqatgina tolaning xossalari, avvalo, sirtki qatlamning xossalari bog'liq bo'ladi. Tolalar bilan to'ldirilgan materiallar yuqori mustahkamlikka, qattqlikka, issiqlik



o'tkazuvchanlikka va past ishqalanish koeffitsiyentiga ega bo'ladi [5-9].

Akademik Yenikolopov N.S va jamoasi tomonidan 80-90 % hajmgacha mineral to'ldirgichlar, ko'pincha maydalangan tog' jinslarining yuqori dispersli zarralariga ega bo'lgan, yuqori to'ldirilgan polimer kompozitsion materiallar (PKM) – norplastlar ishlab chiqilgan. Biroq norplastlarni qayta ishlash uchun purkash bosimining parametrlari yuqori bo'lgan maxsus texnologik qurilma zarur bo'ladi, bu esa ularning mashinsozlikda foydalanish samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi.

Polimer matritsada to'ldirgichlarning mavjud bo'lishi ularni qayta ishlash sharoitlariga va olinadigan buyumlarning sifatiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, to'ldirilgan termoplastlarni barcha mavjud va ma'lum usullar bilan qayta ishlash mumkin. Bunda to'ldirilgan polimerlarda ko'pincha qisqarishning kamayishi yoki stabillashuvi, relaksatsiya jarayonlari xarakterining o'zgarishi va ancha stabil reologik tavsiflar kuzatiladi [12-13].

Biroq termoplastlarga yanada qattiqroq to'ldirgichlarni kiritish ishqalanish tugunida mexanokimyoviy jarayonlar natijasida qo'shilgan kontr jismning eskirishini tezlashtiradi. Tolasimon to'ldirgichlarni qo'llash to'ldirgichning yo'nalishi yoki uning polimer massasida bir tekis taqsimlanmasligi sababli buyumlarning xossalari yomonlashishiga olib kelishi mumkin [12, 13].

Shunday qilib, konstruksion polimer materialshunoslikning ko'pchilik masalalari to'ldirgichlar va modifikatorlarni optimal tanlash yordamida muvaffaqiyatli hal qilinishi mumkin ekan. Berilgan tavsifli kompozitsion materialni olish uchun muayyan usulni tanlash iqtisodiy, ekspluatatsiya, texnologik va boshqa jihatlar to'plamiga bog'liq bo'ladi.

3. Natija va muhokamalar

Tadqiqotning asosiy maqsadlaridan biri kardanli uzatmalarni loyihalash uchun termoplastlar va ularning aralashmalari asosida polimer kompozitsion materiallarni (PKM) ishlab chiqishdan iborat. Dastlabki polimer matritsalarining mustahkamligini, tribotexnik va issiqlik fizikaviy xossalari oshirish asosiy mezon hisoblanadi. PKMni yaratish uchun dastlabki matritsalar sifatida yurtimiz sanoatida an'anaviy ko'p tonnali ishlab chiqariladigan polimerlardan: poliolefinlar, ularning sopolimerlari va poliamidlardan foydalanildi [14, 15].

Tadqiqot obyektlari sifatida quyidagi markali materiallar tanlandi:

- PEND 277-03 (GOST 16338-85);
- PEVD 15803-020 (GOST 16337-85);
- PP 21020 (TU6-05-1756-78);
- SEVA markalari: 11306-075, 11607-040, 11708-1250 (TU 301-05-56-90);
- PA6 (OST 6-03-09-93);
- PA11 «Rilsan» ELF ATOHEM tomonidan ishlab chiqarilgan (Fransiya);
- DST (TU 38 103624-80).

Matritsalar sifatida, shuningdek, polimer material buyumlarni qayta ishlab olingan regeneratsiyalangan texnologik chiqindilardan ham foydalanildi.

Foydalanilgan termoplastlar va termoelastoplastlarning fizik-mexanik, tribotexnik, issiqlik fizikaviy va boshqa tavsiflari ko'p sonli adabiyotlar ma'lumotnomalarida

keltirilgan. Ba'zi eksperimentlar termoplast-termoplast va termoplast-termoelastoplast tipidagi asosli aralashmalar namunalari bajarildi.

Polimer matritsalarini modifikatsiyalash uchun uglerod shixtasi deb nomlanuvchi va tarkibida olmos bo'lgan ultradispers grafitdan (UDAG) hamda manfiy kislorodli balansda olinadigan va brizant mahsulotlarni detonatsion sintezlash mahsulotidan foydalanildi [10, 11]. Shixtaning ba'zi tavsiflari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Uglerodli to'ldiruvchilarning ba'zi tiplarining qiyosiy tavsiflari

Tavsif	Modifikatorlar ko'rsatkichlari			
	Kolloidli grafit	Ugle-grafit tolalar	Texnik uglerod (TU)	Uglerod shixtasi (UDAG)
Solishtirma og'irligi, g/sm ³	2,7	3,3	2,6	3,2
Dispersligi, mkm	1-10	20-100	0,1-0,5	0,03-0,05
Zarralarining shakli (ASM metodi)	Plastina-simon	Tola-simon	Sfera-simon	Sfera-simon
Solishtirma sirti, m ² /g	-	-	100	30030
Kristallik fraksiya miqdori, %	90	-	-	60-75

Ba'zi eksperimentlarda to'ldiruvchi sifatida ultradispers olmosdan, ultradispers kremniy oksididan va bog'lovchi eritmasida misli birikmalarni termolizlash yo'li bilan olinadigan kolloidli mis zarralaridan (KM), shuningdek K-354 markali texnik ugleroddan foydalanildi.

Eksperimental tadqiqot ishlari polimer materiallardan va PKMdan olingan, standart belkuraklar, brusoklar, plastinalar va boshqalar ko'rinishidagi namunalarda o'tkazildi. Tarkibidagi namlik miqdorini berilgan chegaragacha pasaytirish uchun avvaldan quritilgan modifikatorlar kompozitsion materialning tarkibiga polimer kukuni yoki granularini sharli tegirmonda mexanik aralashtirish yo'li bilan kiritildi. Modifikatorning gomogen taqsimlanishiga statisk zaryadning ta'sirini kamaytirish uchun polimer zarralarga tez uchadigan eritgich – atseton yoki etil spirti bilan ishlov berildi.

Sinov ishlari o'tkazish uchun namunalar sanoat termoplastavtomatida GOST va TU talablariga mos ravishda tavsiya etilgan rejimlarda yuqori bosim ostida quyish, shuninbu yerdak ftorplast tagliklarda (podlojkalarda) termopresslash metodi bilan olingan.

Komponentlarni termomexanik birlashtirish vintsimon (shnekli) plastikator qurilmalarida polimer matritsaga xos rejimlarda amalga oshirildi. Termoplastik polimerlarga asoslangan kompozitsion qoplamalarni suyuqlashtirilgan qatlam, tribostatik changlantirish metodlari bilan surtilib, undan so'ng termoshkafda [15] da ko'rsatilgan yoki texnologik ko'rsatmalarda keltirilgan rejimlarda eritilgan. Qoplamalarni olish uchun ELF ATOCHEM (Fransiya) firmasining sanoatda ishlab chiqarilgan kukunidan yoki polimer granularni kriogen disperslash yo'li bilan olingan disperslardan foydalanildi [11].

PKMning fizik-mexanik, adgezion, tribotexnik va boshqa tavsiflarini boshqarish uchun to'ldirgichlar va modifikatorlarga maxsus qurilmada tojsimon razryad bilan yoki «Foleoks» savdo markali tarkibida ftor bo'lgan oligomerlar suyultirilgan eritmasi bilan ishlov berildi.



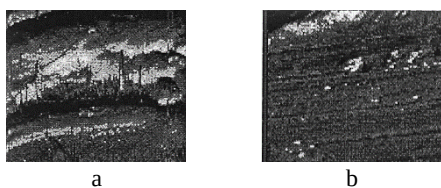
Foydalanilgan oligomerlarning tarkibi va tuzilishi [15] da keltirilgan.

Polimerlar, PKM va modifikatorlarning fizik-kimyoviy tarkibining o'ziga xos xususiyatlarini tadqiq qilish umumiy qabul qilingan metodikalar bo'yicha rentgenostrukturaviy tahlil qilish, optik, elektron rastrli va atom-kuch mikroskopiya (ASM), IQ- va EPR-spektroskopiya kabi an'anaviy metodlar bilan olib borildi.

Konstruktorlik yechimi va foydalanilgan materiallari bo'yicha optimal kardanli uzatma texnik shartlarda belgilangan butun xizmat muddati davomida qoniqarli ishlashi kerak. U burovchi momentni konstruksiyani buzmasdan uzatilishini ta'minlovchi, buralishga nisbatan mustahkamlikka ega bo'lishi kerak. Universal sharnirlarda podshipniklar ma'lum joylashishga ega bo'lib, bunda aylantiruvchi moment turli xil ekspluatatsion omillar ta'sir qiladigan sharoitda berilgan tezliklarda va burchaklarda uzatiladi. Valning shlitsali birikmalari ko'chishni o'qli kompensatsiyalash vositasi sifatida transport vositasi yoki agregatning harakatlanish sharoitiga uzatmaning berilgan reaksiyasini ta'minlaydi. Kardanli uzatmaning o'lchamlari inersion kuchlar va vibratsiyalar natijasida yuzaga keladigan dinamik yuklanishlarning noqulay ta'sirini pasaytirish uchun optimal mutanosiblikka ega bo'lishi kerak.

Shunday qilib, xizmat muddatining berilgan parametrlariga ega optimal konstruksiyani ishlab chiqishda ekspluatatsion omillarning barcha turli-tumanliklarini tizimli hisobga olish zarurati kardanli uzatmalarning tribotexnik sistema sifatidagi o'ziga xos xususiyati hisoblanadi.

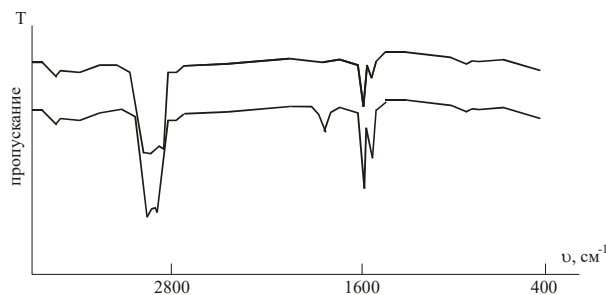
Kardanli uzatmalarni ekspluatatsiya qilishga qo'yiladigan talablarga rioya qilinganda kuzatiladigan eskirishlarning katta qismi bu korrozion-mexanik eskirish bulib, ushbu tribosistemaga xso bulgan ekspluatatsion omillar yig'indisi bilan tavsiflanadi: yuqori kontaktli kuchlanishlarining mavjudligi, konstruksiya alohida qismlari harakatining ishorasi o'zgarishi, titrashlar, kuchli yuklanishlar, abraziv zarralar va korrozion faol tashqi muhitlarning ta'siri. Shlitsali birikmaning ishqalanish sirtlari charchagan jarayonlarga xos ko'rinishga ega bo'lib, ekspluatatsiya qilinayotgan muhitning abraziv va korrozion ta'sirlari (namlik, tuzlarning eritmali, abraziv zarralar) bilan kechadi (3-rasm).



3-rasm. Kardanli val shlitsali birikmasining ishqalanish sirtiga xos relef (x 100):

a) dastlabki; b) 50 ming km yo'l bosgandan keyin

Kardanli vallarning konstruksiyalarida ishlatiladigan surtmaning tarkibi yo'l sharoitida dastlabkisidan sifat jihatidan farq qiladi, uning tarkibida abraziv zarralar (SiO_2), kontaktlovchi materiallarning eskirishidan hosil bo'ladigan zarralar (St 60 PP po'lat, temir oksidlari), oksidlar va organik birikmalar, tarkibida metall bo'lgan organik birikmalarning zarralari mavjud bo'ladi (4-rasm).



4-rasm. I-20 surkov moyining dastlabki (a) va St 60 PP – St 60 PP ishqalanish juftligini 1 m/s ishqalanish tezligi va 10 MPa solishtirma yuklanishda sinashdan keyingi IK-spektrlari (b). Sinash vaqti 10 soat

Ishqalanish sirtlarida abraziv zarralarning ta'siri va mikronotekisliklar plastik deformatsiyasining izlari yaqqol ko'rinadi. Bu esa shlitsali birikmaning friksion ta'sir zonasida triboqo'shilmani korrozion-mexanik eskirishga olib keluvchi fizik-kimyoviy jarayonlar majmuasi kechishi haqida guvohlik beradi.

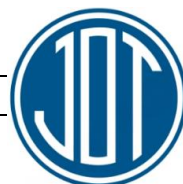
Kardanli uzatma boshqa o'ta muhim triboqo'shilmasi – universal sharnirning eskirishi shlitsali juftlikning eskirish kinetikasiga noqulay ta'sir ko'rsatadi. Shlitsali birikmada dinamik (zarbli) yuklanishlarning va charchash jarayonlarining ortib ketishiga olib keluvchi "podshipnik – krestovina shipi" juftligidagi tirqishning kattalashishi bunday bilvosita bog'liqlikning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Shlitsali birikmaning eskirishi (qo'shilishdagi tirqishning kattalashishi) shunga o'xshash sharnirli tugunlarda eskirish jarayonini jadallashtiruvchi dinamik yuklanishlarning ortishiga olib keladi [1-5].

Shunday qilib, kardanli uzatmaning konstruksiyasini ishlab chiqishda tribosistemalarning turli xil qo'shilmalarida noqulay tribotexnik hodisalarning birgalikdagi ta'sirini hisobga olish zarur.

St 60PP – St 60PP model sistemasi misolida kardanli uzatma shlitsali birikmasining friksion kontakti zonasidagi asosiy tribotexnik hodisalarni qarab chiqamiz. Kontaktlanuvchi jismlar sirtining g'adir-budurlik parametrlari $R_a=0,8\ldots1,2$ mkm ko'rsatkich va qattiqligi $HRC=42\ldots45$ birl. bo'yicha MAZ va KAMAZ tipidagi yuk avtomobillari konstruksiyasida qo'llaniladigan real kardanli uzatmalarning shunga o'xshash ko'rsatkichlariga mos kelgan.

Harakatlanuvchi shlitsali birikmadagi o'q kuchayishlarini kamaytirish uchun turli xil termik va fizik-kimyoviy ishlov berishlarni amalga oshiriladi [1]. Fosfatlash – metall sirtlarni temir va marganes tuzlariga hamda fosfor kislotasiga ega faol tarkibda ishlov berish – fizik-kimyoviy ishlov berish turlaridan biri hisoblanadi. Fosfatlovchi tarkib ta'siri natijasida metall namuna sirtida metall fosfatlarining g'ovaklik, qattiqlik, quruq surtmalar va surtma moylarini yutishga va ushlab qolishga layoqatlilik kabi o'ziga xos tavsiflarga ega bo'lgan qatlami shakllanadi. Adabiyotlarda fosfat qatlamlardan kardanli vallarning shlitsali birikmalarida eskirishga qarshi vosita sifatida foydalanish bo'yicha tavsiyalar berilgan [1]. Biroq kardanli vallarning detallari uchun fosfatli qatlamlarni surish texnologiyasi bo'yicha amaliy tavsiyalar yetarli emas. Qora va rangli metallardan tayyorlanadigan buyumlarni fosfatlash uchun fosfor kislotasi yoki uning tuzlariga asoslangan turli tarkiblardan foydalaniladi.

Biz amaliy mashinasozlikda keng qo'llaniladigan "Majef" standart preparatidan foydalandik. Preparatning tarkibi 2-jadvalda keltirilgan.



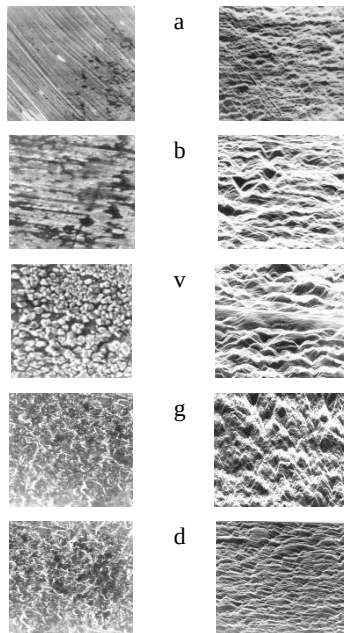
2-jadval

“Majef” prepratingning tarkibi

Komponentlari	Tarkibi, %
Temir umumiy	0,3-3,0
Temir (II)	Berilmagan
Marganets, kamida	14
R ₂ O ₅ ga qayta hisoblangan fosfatlar	46-52
Sulfat-ion	0,07
Xlor-ion	Berilmagan
Kaltsiy oksidi, ko'pi bilan	0,06
Suv, ko'pi bilan	19

Dastlabki eksperimentlar natijalari modifikatsiyalovchi eritmaning optimal tarkibi: 25-35 % massa ulushi «Majef» tuzi va 65-75 % massa ulushi suv bo'lishi kerakligini ko'rsatdi.

Eksperimental namunalarni tayyorlashning texnologik rejimi quyidagidan iborat. Preparat naveskasini suvda eritildi, eritmani 1,2-1,8 ks qaynatildi, tindirildi va 369-371 K gacha sovutildi. Metall namunalarni spirt va atseton bilan yog'sizlantirilib, ishchi erilmaga joylashtirildi. Ishlov berish vaqti 0,03-0,6 ks ni tashkil qildi. Kimyoviy-termik ishlov berilgan eksperimental namunalarni sirtlarining turi 5-rasmda keltirilgan.



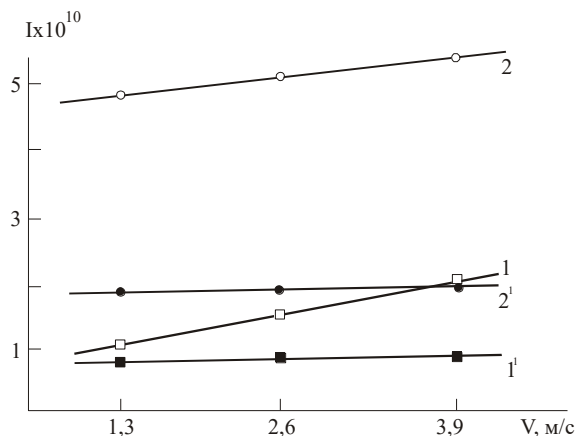
x 300

5-rasm. Po'lat 45 dan tayyorlangan metall rolikning sirti: dastlabki (a) va 0,03 Ks (b), 0,06 (v), 0,18 Ks (g) 0,42 (d) davomida “Majef”ning 30 % li suvdagi eritmasida ishlov berilgani

Metall namunalarni sirtining holatini ASM metodi bilan mikroskopik tahlil qilish metallda kristall shakllanishlarning alohida guruhidan iborat plenka hosil bo'lishi to'g'risida guvohlik beradi. Ishlov berish vaqti ortishi bilan plenkaning davomiyligi ortib boradi, kristallarning o'lchamlari (aylana radiuslari) esa kamayib boradi.

Tadqiqotlarning natijalari (6-rasm) fosfat plenkalari ishqalanish sirtlarida ishqalanish juftliklari va tiqilib qolish yuklanishlari sababli eskirish jadalligini pasaytirishga yordam berishi to'g'risida guvohlik beradi. Biroq ta'kidlash zarurki, vaqt o'tishi bilan fosfat plenka buziladi va ishqalanish zonasidan ketib qoladi. Ishqalanish sirtidan

fosfat plenka ketib qolganidan so'ng alohida mikronotekisliklardagi mikroto'siqlarning qisman “eritmasi” mikrochuqurchalarni to'ldirishi sababli g'adirbudurligi ancha kamayadi.



6-rasm. 60 PP – 60 PP ishqalanish juftligida eskirish jadalligining sirpanish tezligiga bog'liqligi: dastlabki (1,2), fosfatlangan 0,06 Ks (1', 2') 0,5 MPa (1, 1') va 1,0 MPa (2,2') solishtirma yuklanishda. * - tiqilib qolish belgilangan

4. Xulosa

Xulosa sifatida qayd etish lozimki, fosfatlashning texnologik rejimlari qalinligi 10-25 mkm plenkaning shakllantirish imkonini beradi. An'anaviy uskunalaridan foydalanib tayyorlanadigan kardanli uzatmalarining zamonaviy konstruksiyalari shlitsali birikmalarda 0,1 mm (100 mkm) gacha yig'indi tirqishlar bo'lishi mumkin.

Shuning uchun ham fosfat qoplamalar kardanli uzatma shlitsali birikmasini tayyorlash va yig'ish texnologik jarayonidagi xatoliklarni to'liq kompensatsiyasini ta'minlay olmaydi va xizmat muddatini hamda foydalanish samaradorligini oshirish maqsadida qo'shimcha ishlov berilishini talab qiladi. Fosfat qoplamadan kardanli uzatmaning berilgan ekspluatatsion resursini ta'minlovchi kompozit qoplamaning olish uchun tagqatlam sifatida foydalanish mumkin bo'lgan variantlardan biri hisoblanadi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Карданные передачи грузовых автомобилей. Проблемы и решения / Иванов С.Н., Козадаев А.И., Поворов Б.Е., Сокруто И.В. // Автомобильная промышленность. – 1992. – №11. – с. 131 – 138
- [2] Иванов С.И. Трансмиссионные валы нового поколения. // Автомобильная промышленность. – 1998. – №11. – с.23 – 27.
- [3] Плещачевский Ю.М. Перспективные полимерные материалы // Междунар. науч.-техн. конф. «Полимерные композиты 2000»: В.Сб. докл./ Гомель, 2000. – с.3–9.
- [4] Струк В.А. Трибохимическая концепция создания антифрикционных материалов на основе многотоннажно выпускаемых связующих: Автореф.

дис. ... доктора техн. наук: 05.02.01 / Белорусский политехнический институт. - Минск, 1988. - 41 с.

[5] Riskulov, A., Nurmetov, K., Avliyokulov, J. (2023). Material selection for vehicle brake chamber case with using computer methods of analysis. In E3S Web of Conferences (Vol. 401). EDP Sciences. DOI: 10.1051/e3sconf/202340102061.

[6] Otabek Toirov and Nodirjon Tursunov, "Efficiency of using heat-insulating mixtures to reduce defects of critical parts", E3S Web of Conferences 401, 05018 (2023).
https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105018.

[7] Конкурентоспособность и передовой опыт в развитии сферы применения конструкционных пластиков / Европейская экономическая комиссия ООН. Нью-Йорк - Женева, 1999. - 87 с.

[8] Рустамова Ж.О., Мамедов Э.Ш., Рустамова Г.Я. Модифицирование композиций ПЭ+ПП различными каучуками // Пластические массы. - 1989. - №11. - с. 80-82.

[9] Heinicke G., Fleischer G. Tribochemische Wirkungen in der Technik. Zum Einfluss tribochemischer Reactionen auf Reibungs- Schmierungs- und Verschleissprozesse. - Die Technik, Heft 31.1976. - S. 458-461.

[10] Триботехнические характеристики ПТФЭ, модифицированного кластерами синтетического углерода / А.И. Малевиц, Е.В. Овчинников, Ю.С. Бойко, В.А. Струк // Трение и износ. - 1998. - Т.19, №3. - с. 366 - 369.

[11] Довгяло В.А., Юркевич О.Р. Композиционные материалы и покрытия на основе дисперсных полимеров. -Мин.: Наука и техника, 1992 -256 с.

[12] Долматов В.Ю. Опыт и перспективы нетрадиционного использования ультрадисперсных алмазов взрывного синтеза // Сверхтвердые материалы, 1998. - №4. -с. 77-81.

[13] Хаслам Дж., Виллис Г.А. Идентификация и анализ полимеров. - М.: Химия, 1971. - 432 с.

[14] Designing for Rilsan coatings. - Elf Atochem, Paris, 1999. - p. 18.

[15] Овчинников Е.В. Структура и свойства триботехнических покрытий на основе растворов фторсодержащих олигомеров: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.02.01 / Институт механики металлополимерных систем им. Белого В.А. НАН Беларуси. -Гомель, 1997. -23 с.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Raxmatov	Toshkent davlat transport universiteti
Murodjon	"Avtomobil va avtomobil xo'jaligi"
Iskandarovich/	kafedrasida katta o'qituvchisi.
Rakhmatov	E-mail: behbudbek@gmail.com
Murodjon	Tel.: +998974070053
Iskandarovich	https://orcid.org/0009-0008-6395-5804
Riskulov	Toshkent davlat transport universiteti
Alimjon	"Materialshunoslik va mashinasozlik"
Axmadjanovich /	kafedrasida professori,
Riskulov	t.f.d., professor.
Alimjon	E-mail: olimjonr2008@mail.ru
Akhmadjanovich	Tel.: +998983003055
	https://orcid.org/0000-0002-5275-9153
Nurmetov	Toshkent davlat transport universiteti
Xurshidbek	"Materialshunoslik va mashinasozlik"
Ikromovich /	kafedrasida dotsenti,
Nurmetov	PhD.
Khurshidbek	E-mail: kh_tari@mail.ru
Ikromovich	Tel.: +998901877001
	https://orcid.org/0000-0002-6111-7259



B. Sindorov

The importance of the supervisory board in the implementation of effective corporate governance principles in the management of industrial enterprises.....49

E. Jonikulov, R. Ayapbergenov, H. Salohiddinov, K. Fayzullaev

Analysis of wireless communication technologies in the control and monitoring of railway station switches.....53

D. Yuldoshev, K. Matrasulov

Analysis of methods for assessing the state of urban public transport infrastructure based on logistics principles.....59

N. Yaronova, A. Ablayeva

Analysis of failures of components in a complex of backup power sources for signaling and communication devices on a railway section using the Petri net and Monte Carlo method.....64

O. Shavkatov

Study of technical maintenance and repair documentation for medical equipment.....69

A. Bondarenko, K. Lesov, T. Salakhov, M. Kenjaliev

Stability assessment of continuous welded railway with Vossloh fastenings using the finite element method.....73

M. Kabulov

The current state of terminal and logistics technology in Uzbekistan and its development.....78

M. Rakhmatov, A. Riskulov, Kh. Nurmetov

Metallopolymer materials for the construction of tribotechnical parts of cardan shafts of a new type.....81

A. Abdullayev

Analysis of the technical characteristics of the restored part of the plunger pair of the diesel fuel system assembly.....88