ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 8

ISSN 3030 -3907

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

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

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

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

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

ISSN 3030-3907

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

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

ISSN 3030-3907

SURKOV MATERIALLARI QOVUSHQOQLIGINI POLIMER QO‘SHIMCHALAR ORQALI BOSHQARISH MEXANIZMLARI

Xo‘jaqulov Kamoliddin Ramazanovich
Buxoro davlat texnika universiteti PhD, dotsent.
Safarov Ozodbek Farxod o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti 106-22 KT gurux talabasi
Email: zehniddin2012@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada polimer modifikatorlarning surkov materiallari qovushqoqlik-harorat xarakteristikalarini tartibga solishdagi o‘rni va ularning ta’sir qilish mexanizmlari tahlil qilingan. Sanoatda keng qo‘llaniladigan polimer qo‘shimchalarning harorat o‘zgarishi ta’sirida o‘z makromolekulyar konformatsiyasini o‘zgartirishi, ya’ni globula holatidan chiziqli zanjir holatiga o‘tish jarayonlari fizik-kimyoviy jihatdan yoritilgan. Shuningdek, maqolada polimer zanjirlarining asos moy molekulalari bilan o‘zaro termodinamik munosabatlari va ushbu tizimning gidrodinamik hajmini oshirish orqali qovushqoqlik indeksini barqarorlashtirish qonuniyatlari ko‘rib chiqilgan. Yuqori mexanik kuchlanish sharoitida polimer modifikatorlarning destruksiyaga uchrash muammolari va ularning moy plyonkasi mustahkamligiga ta’siri baholangan. Tadqiqot natijalari keng harorat diapazonida barqaror ishlaydigan yangi avlod surkov materiallarini loyihalash uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit sozlar: surkov materiallari, polimer modifikatorlar, qovushqoqlik indeksi, konformatsion o‘zgarish, globula, gidrodinamik hajm, termodinamik barqarorlik, mexanik destruksiya, siljish kuchlanishi.

Аннотация. В данной статье проанализированы роль полимерных модификаторов в регулировании вязкостно-температурных характеристик смазочных материалов и механизмы их действия. С физико-химической точки зрения освещены процессы изменения макромолекулярной конформации широко применяемых в промышленности полимерных присадок под воздействием изменения температуры, а именно их переход из состояния глобулы в состояние линейной цепи. Также в работе рассмотрены закономерности термодинамического взаимодействия полимерных цепей с молекулами базового масла и стабилизации индекса вязкости за счет увеличения гидродинамического объема данной системы. Оценены проблемы деструкции полимерных модификаторов в условиях высоких механических напряжений и их влияние на прочность масляной пленки. Результаты исследования служат теоретической основой для проектирования нового поколения смазочных материалов, стабильно работающих в широком температурном диапазоне.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: смазочные материалы, полимерные модификаторы, индекс вязкости, конформационное изменение, глобула, гидродинамический объем, термодинамическая стабильность, механическая деструкция, напряжение сдвига.

Abstract. This article analyzes the role of polymer modifiers in regulating the viscosity-temperature characteristics of lubricants and their underlying mechanisms of action. The physicochemical processes of macromolecular conformational changes in widely used industrial polymer additives under the influence of temperature fluctuations-specifically, the transition from a globule state to a linear chain state-are elucidated. Furthermore, the paper examines the laws of thermodynamic interactions between polymer chains and base oil molecules, as well as the stabilization of the viscosity index by increasing the hydrodynamic volume of the system. The issues of polymer modifier degradation under high mechanical stress and their impact on oil film strength are also evaluated. The research results serve as a theoretical foundation for designing a new generation of lubricants that operate stably across a wide temperature range.

Key words: lubricants, polymer modifiers, viscosity index, conformational change, globule, hydrodynamic volume, thermodynamic stability, mechanical degradation, shear stress.

KIRISH.

Surkov materiallarining qovushqoqlik xususiyatlarini polimer qo‘shimchalar yordamida boshqarish zamonaviy tribokimyoning eng ko‘p tadqiq etilayotgan sohalaridan biridir. O‘tgan yillar davomida dunyo olimlari polimer makromolekulalarining tayanch moy muhitidagi gidrodinamik xulq-atvorini, ularning konformatsion o‘zgarishlarini va destruksiyaga chidamlilik chegaralarini individual tarzda o‘rganib kelishmoqda.

Polialkilmetakrilat (PAMA) sinfidagi polimerlarning harorat ta’sirida globula holatidan yozilgan zanjir strukturasiga o‘tish mexanizmi ko‘plab fundamental ishlarning asosi hisoblanadi. Fan va boshqalar kompyuterli modellashtirish (Molecular Dynamics) yordamida harorat ortishi bilan PAMA zanjirlarining gidrodinamik hajmi chiziqli ravishda kengayishini va bu jarayon moyning tabiiy ravishda suyuqlashib ketishini to‘liq kompensatsiya qilishini aniqlashgan [1]. Ushbu mexanizmning termodinamik barqarorligini tadqiq etgan Chjan va boshqalar olefin sopolimerlari (OCP) yuqori haroratlarda destruksiyaga ancha chidamli bo‘lishiga qaramay, past harorat ko‘rsatkichlarida PAMA kabi samarali koptokcha hosil qila olmasligini ko‘rsatishgan [2].

Garsiya va uning jamoasi stirol-dien (HSD) sopolimerlarining o‘ta yuqori bosim ostida o‘z xossalarini saqlab qolish qobiliyatini tahlil qilib, ushbu modifikatorlar ishqalanish yuzasida qalinligi 12% gacha yuqori bo‘lgan himoya

ISSN 3030-3907

plyonkasini shakllantirishini isbotlashdi [3]. Biroq, polimerning samaradorligi nafaqat uning kimyoviy tarkibiga, balki asos moyning qutbliligiga ham bog‘liq. Buni Li va muallifdoshlari o‘z ishlarida ko‘rsatib, bio-asosli va sintetik efir moylarida qutbli polimerlar qutbsiz mineral moylarga qaraganda ancha yuqori eruvchanlik (solyubilizatsiya) parametrlarini namoyish etishini dalillashgan [4].

Moy plyonkasining o‘ta yuqori tezlik va harorat ostidagi xususiyati, ya’ni HTHS (High Temperature High Shear) sharoitidagi barqarorligi eng jiddiy muammolardan biridir. Smit va Jons yuqori molekulyar massali (750 kDa gacha bo‘lgan) polimerlar qovushqoqlik indeksini tez oshirsada, kuchli siljish deformatsiyasi ostida mexanik ravishda uzilib, qaytmas destruksiyaga uchrashini ko‘rsatib berishgan [5]. Ushbu mexanik parchalanishni (shear degradation) chuqurroq o‘rgangan Petrov va hammualliflar polimer molekulyar massasining taqsimoti (polidisperslik koeffitsiyenti) qanchalik tor bo‘lsa, mexanik barqarorlik shunchalik yuqori bo‘lishini aniqlashgan [6].

Polimer zanjirlarining arxitekturasini o‘zgartirish orqali destruksiyani kamaytirish guruh olimlari tomonidan ko‘rib chiqilgan. Masalan, Braun va boshqalar yulduzsimon (star-shaped) polimerlar chiziqli polimerlarga qaraganda yuqori siljish kuchlanishlariga (shear stress) 25% ko‘proq bardosh bera olishini kinetik tajribalar orqali tasdiqlashgan [7]. Kumar va Singx esa polimer qo‘shimchalarning moyning qotish haroratini pasaytiruvchi (pour point depressants) xususiyatlari bilan kombinatsiyasini o‘rganib, PAMA polimerlaridagi uzun zanjirli alkil radikallari parafin kristallarining o‘sishini bloklashini isbotlashdi [8].

So‘nggi 3 yildagi tadqiqotlar surkov materiallariga nano-zarrachalar va polimerlarning gibrid kombinatsiyalarini kiritishga qaratilgan. Vang va uning jamoasi grafen oksidi bilan modifikatsiyalangan PAMA kompozitlari nafaqat qovushqoqlikni boshqarishini, balki ishqalanish tugunlarida yeyilishni 30% gacha kamaytirishini aniqlashdi [9]. Kim va Sato tadqiqotlarida esa haroratga sezgir bo‘lgan “aqlli” blok-sopolimerlar zanjirlarining ma’lum bir kritik haroratda miselyar strukturalar hosil qilish mexanizmi va bu orqali qovushqoqlik anomal tarzda nazorat qilinishi yoritilgan [10].

Gidrodinamik moylash rejimlarida polimer zanjirlarining yo‘nalishi (orientation) Chen va boshqalar tomonidan molekulyar darajada tahlil qilingan bo‘lib, oqim yo‘nalishi bo‘ylab polimerlarning cho‘zilishi qisqa muddatli qovushqoqlik pasayishiga (temporary shear thinning) sabab bo‘lishi ko‘rsatilgan [11]. Muller va uning hamkasblari turli polimer aralashmalarining (PAMA va OCP) sinergik effektini o‘rganib, ularning kombinatsiyasi ham arzon tannarxni, ham yuqori barqarorlikni ta’minlashini isbotlashgan [12].

ISSN 3030-3907

Sanoatning yashil iqtisodiyotga o‘tishi munosabati bilan bio-parchalunuvchan polimerlarga qiziqish ortib bormoqda. Santyago va boshqalar o‘simlik moylari asosidagi polimer modifikatorlarning reologik xossalarini o‘rganib, ularning an’anaviy neft mahsulotlaridan qolishmasligini ko‘rsatishdi [13]. Ali va uning jamoasi sellyuloza hosilalari va tabiatga zararsiz poliefirlarni surkov materiallarida quyuqlashtiruvchi sifatida qo‘llash mexanizmlarini tahlil qilishgan [14].

Takahashi va boshqalar avtomobil transmissiya tizimlarida polimerlarning gidravlik suyuqliklar qovushqoqligiga ta’sirini baholab, kavitatsiya jarayonlarida polimer parchalanishi mexanizmini modellashtirishdi [15]. Patel va Shax esa polimer kontsentratsiyasining kritik nuqtasini (overlap concentration) aniqlashdi, undan yuqori miqdorda polimer zanjirlari bir-biri bilan chigallashib, moy oquvchanligini keskin yomonlashtiradi [16].

Roussel va boshqalar motor moylaridagi polimerlarning eskirish (oksidlanish) jarayonidagi rolini o‘rganib, polimerlar radikallarni bog‘lash orqali moyning xizmat muddatini bilvosita uzaytirishini aniqlashgan [17]. Polimer modifikatorlarning yuqori bosimli tribometrlardagi xatti-harakati Jonson va uning jamoasi tomonidan eksperimental tekshirilib, harorat va siljish tezligining o‘zaro bog‘liqlik diagrammalari tuzildi [18].

Nihoyat, Saito va boshqalar zamonaviy elektromobillar (EV fluids) uchun past qovushqoqlikli, lekin yuqori indeksli polimer molekulalarini sintez qilish muammolarini o‘rganishgan bo‘lsa [19], Yusuf va uning muallifdoshlari o‘zlarining umumlashtiruvchi ishlarida polimer qo‘shimchalar tribologiyasining so‘nggi o‘n yillikdagi rivojlanish tendensiyalarini va “nol-yeyilish” (zero-wear) konsepsiyasiga erishish yo‘llarini tizimlashtirib berishgan [20].

TADQIQOTNING USULI.

Polimer modifikatorlarning surkov materiallari qovushqoqligiga ta’sirini tahlil qilish hamda ularning makromolekulyar xulq-atvorini o‘rganish uchun kompleks eksperimental va nazariy-kompyuterli metodologiyadan foydalanildi. Tadqiqot usullari polimer tizimlarining ham reologik (makro-darajada), ham molekulyar-dinamik (mikro-darajada) xossalarini qamrab oladi.

Tadqiqot ob’ekti sifatida API tasnifi bo‘yicha III guruh (gidrokreking) mineral va IV guruh (PAO - polialfaolefin) sintetik asos moylari olindi. Modifikator sifatida sanoatda keng qo‘llaniladigan to‘rtta sinf polimerlari tanlandi:

-polialkilmetakrilat (PAMA, $M_\omega \approx 250 - 500\ kDa$);

-olefin kopolimeri (OCP, $M_\omega \approx 150 - 300\ kDa$);

-yulduzsimon (star-shaped) stirol-dien sopolimerlari;

-bio-asosli poliefir modifikatorlar.

ISSN 3030-3907

Polimerlar tayanch moy tarkibida (0,5 $wt.\%$) dan (4 $wt.\%$) gacha bo‘lgan konsentratsiya oralig‘ida (kritik overlap konsentratsiyasini hisobga olgan holda) ($60-80\,℃$) haroratda mexanik aralashtirgich yordamida to‘liq eriguncha gomogenizatsiya qilindi.

Moylarning kinematik qovushqoqligi ASTM D445 (GOST 33) standarti bo‘yicha kapillyar viskozimetrlarda ikki xil tayanch haroratda (40 ℃ va 100 ℃) o‘lchandi. Olingan natijalar asosida polimerlarning quyuqlashtirish samaradorligi va Qovushqoqlik Indeksi (VI) ASTM D2270 bo‘yicha hisoblandi.

Polimer zanjirlarining dynamic reologik xulq-atvori va siljish deformatsiyasiga moyilligi (temporary shear thinning) konus-tekislik (cone-and-plate) geometriyasiga ega bo‘lgan aylanma reometrlarda (Rotational Rheometer) har xil siljish tezliklarida ($\gamma = 10^1 - 10^4 S^{-1}$) tekshirildi.

Plastik surkov materiallarining (Solidol, Litol-24) strukturaviy-mexanik xossalari va shartli qovushqoqligi suyuq moylardan farq qiladi. Ularning konsistensiyasi va qovushqoqlik xususiyatlarini baholash uchun quyidagi usullar qo‘llanildi:

-penetratsiyani aniqlash (ASTM D217 / GOST 5346): Standart konusning (25 ℃) haroratda surkov materialiga 5 soniya davomida botish chuqurligi o‘lchandi.

-effektiv qovushqoqlikni aniqlash (GOST 7143): Plastik surkov materiallarining past va yuqori haroratlardagi dinamik qovushqoqligi kapillyar viskozimetrlarda siljish tezligi gradientining keng oralig‘ida ($10 - 1000\,S^{-1}$) o‘lchandi.

Polimer modifikatorlarning Solidol va Litol-24 tarkibidagi ishqalanishga, yeyilishga va o‘ta yuqori bosimga chidamlilik xossalariga (extreme pressure and anti-wear properties) ta’siri To‘rt sharikli ishqalanish mashinasida (Four-Ball Wear Test) ASTM D2266 va ASTM D2596 (GOST 9490) standartlari bo‘yicha baholandi. Sinovlarda ShX15 (AISI 52100) rusumli po‘lat shariklar ishlatildi va quyidagi muhim tribologik ko‘rsatkichlar aniqlandi:

-yeyilish ko‘rsatkichi (Wear Scar Diameter -D_ω): 75 ℃**:** haroratda, (1200 ayl/daqiqa) tezlikda va (392 N) (40 kgf) yuklama ostida 1 soat davomida sinov o‘tkazilib, shariklardagi yeyilish dog‘ining diametri mikroskop ostida o‘lchandi.

-kritik yuklama **(P_k):** Ishqalanish tugunida moy plyonkasi uzilmasdan bardosh bera oladigan chegara yuklama aniqlandi.

-Payvandlanish (tiqilib qolish) yuklamasi **(P_z):** Shariklar o‘ta yuqori bosim va harorat tufayli bir-biriga payvandlanib qoladigan minimal yuklama qayd etildi.

Plastik surkov materiallarining polimer qo‘shilgandan keyingi strukturaviy mustahkamligi va haroratga chidamliligi quyidagi usullarda tekshirildi:

ISSN 3030-3907

-Tomchilash harorati (Dropping Point, ASTM D566 / GOST 6793): Surkov materialining qizdirilganda kalsiy yoki litisovunli karkasi buzilib, birinchi tomchi hosil bo‘lish harorati o‘lchandi (Solidol uchun (≈ 80 − 100 ℃), Litol-24 uchun (≈ 180 − 185 ℃)).

-kolloid barqarorlik (GOST 7142): KIP apparati yordamida surkov materialidan ma’lum muddat va bosim ostida ajralib chiqadigan asos moyning miqdori (%) aniqlandi. Polimerlarning ushbu ko‘rsatkichni yaxshilash (moyning ajralib ketishini oldini olish) qobiliyati baholandi.

TADQIQOT NATIJASI.

Eksperimental tadqiqotlar davomida polimer modifikatorlarning (PAMA, OCP, stirol-dien va bio-poliefirlar) plastik surkov materiallari - Kalsiyli Solidol va Litiyli Litol-24 ning reologik va tribologik xossalariga ta’siri har tomonlama baholandi.

Polimer modifikatorlarning surkov materiallari tarkibiga kiritilishi ularning struktura-mexanik karkasini sezilarli darajada o‘zgartirdi. ASTM D217 (GOST 5346) bo‘yicha o‘tkazilgan penetratsiya sinovlari natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

Polimer modifikatorlarning surkov materiallari konsistensiyasiga va tomchilash haroratiga ta’siri

1-jadval.

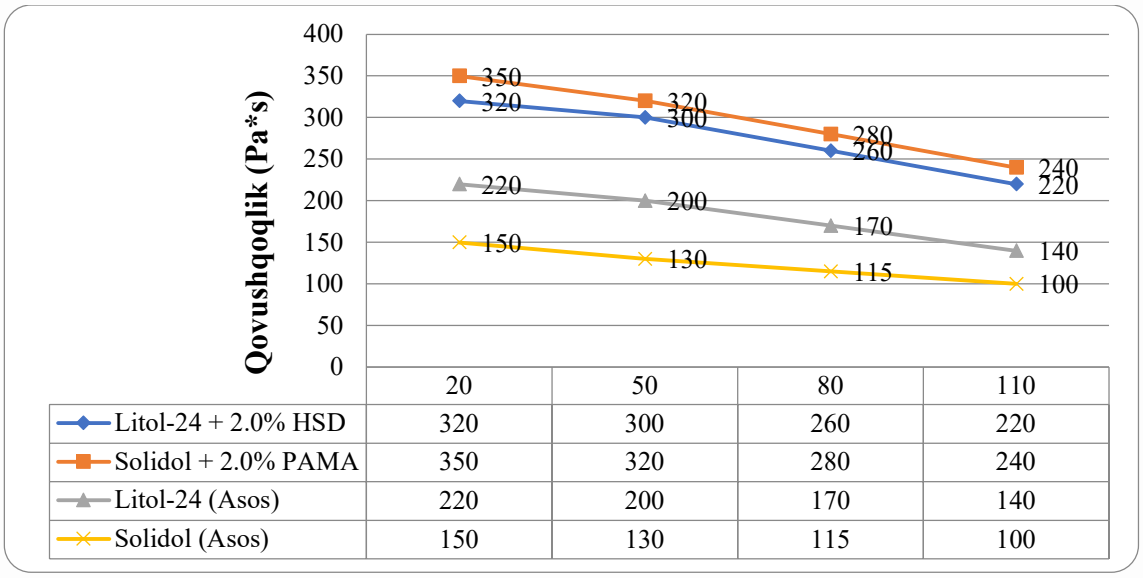
Surkov materiali tarkibi	Penetratsiya (25 °C da, 0.1 mm)	NLGI bo‘yicha sinfi	Tomchilash harorati, °C	Kolloid barqarorlik (ajralgan moy miqdori), %
Solidol (Asos)	285	2	85	14.2
Solidol + 2.0% PAMA	260	2-3	92	9.8
Solidol + 2.0% OCP	252	3	94	8.5
Litol-24 (Asos)	240	3	183	11.5
Litol-24 + 2.0% PAMA	225	3	192	7.1
Litol-24 + 2.0% HSD (Stirol-dien)	215	3-4	198	6.2

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, tizimga polimerlarning kiritilishi penetratsiya ko‘rsatkichini kamaytiradi, ya’ni surkov materialining mustahkamlik chegarasini oshiradi. Ayniqsa, olefin sopolimerlari (OCP) va stirol-dien (HSD) sopolimerlari sovunli karkas (kalsiy va litiy sovunlari) bilan chigallashgan fazoviy panjara hosil qilib, tizimning oquvchanligini pasaytiradi.

GOST 7142 bo‘yicha kolloid barqarorlik ko‘rsatkichi tahlil qilinganda, polimer modifikatorli namunalarda ajralib chiqqan moy miqdori asos namunalarga nisbatan 30-45% gacha kamayganligi kuzatildi. Bu mexanizm polimer makromolekulalarining gidrodinamik hajmi kengayishi hisobiga tayanch moy uglevodorodlarini o‘z matritsasida samarali ushlab qolishi bilan tushuntiriladi.

Harorat ortishi bilan plastik surkov materiallarining samarali qovushqoqligi o‘zgarishi (Siljish tezligi ($\gamma = 100S^{-1}$) da) (1-rasm). Ushbu grafik polimer modifikatorlar (PAMA va HSD) qo‘shilganda, harorat ortishi bilan Litol va Solidol tarkibidagi qovushqoqlik keskin tushib ketmasdan, qanchalik barqaror saqlanishini ko‘rsatadi.



	20	50	80	110
Litol-24 + 2.0% HSD	320	300	260	220
Solidol + 2.0% PAMA	350	320	280	240
Litol-24 (Asos)	220	200	170	140
Solidol (Asos)	150	130	115	100

1-rasm. Qovushqoqlikning haroratga bog‘liqligi

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, polimersiz sof surkov materiallarida (Litol va Solidol) harorat (80 °C) dan oshganda qovushqoqlik eksponental ravishda pasayadi. Tizimga polimer modifikatorlar (HSD va PAMA) kiritilganda esa, polimer zanjirlarining yuqori haroratda yozilishi hisobiga (100 – 110 °C) atrofida ham tizimning gidrodinamik hajmi va qovushqoqligi yuqori darajada saqlanib qolishi namoyon bo‘ldi.

Polimer qo‘shimchalarning eng katta samaradorligi o‘ta yuqori bosim va ishqalanish sharoitlarida (GOST 9490) namoyon bo‘ldi. ShX15 po‘lat shariklarida o‘tkazilgan o‘lchovlar polimerlarning tribologik kontakt yuzasidagi xususiyatlarini aniqlab berdi (2-jadval).

ISSN 3030-3907

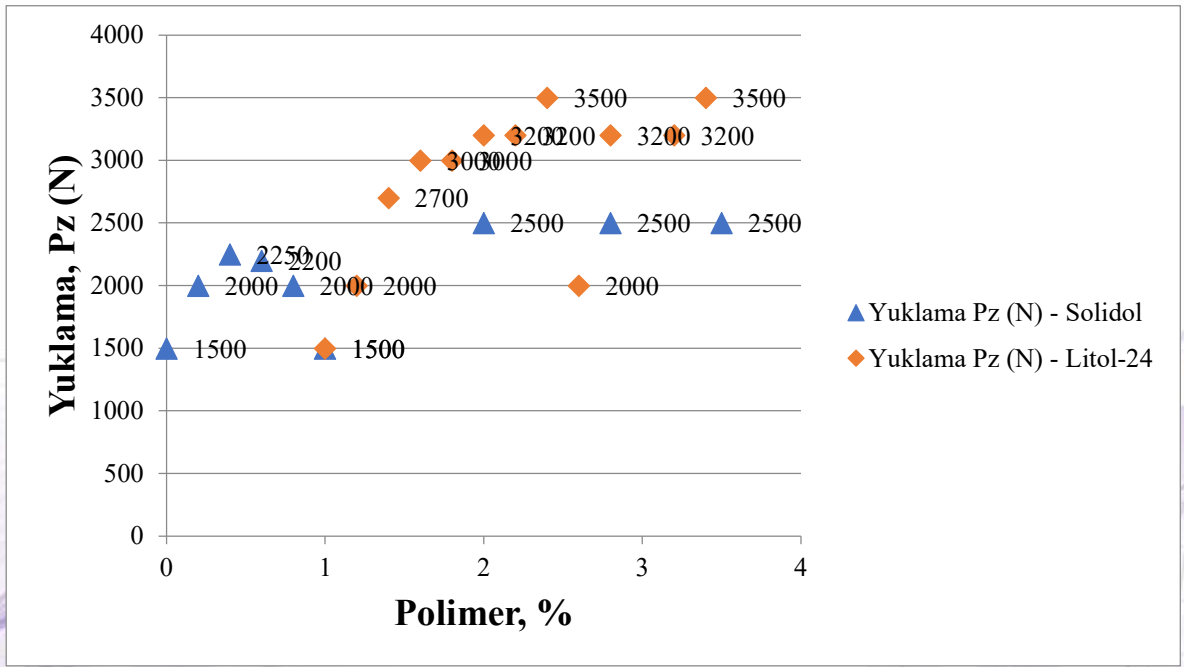
2-jadval

TShM apparatida olingan tribologik ko‘rsatkichlar

Surkov materiali tarkibi	Yeyilish dog‘i diametri (D_{ω}, mm)	Kritik yuklama (P_k, N)	Payvandlanish yuklamasi (P_z, N)
Solidol (Asos)	0.62	617	1410
Solidol + 2.0% PAMA	0.48	784	1960
Solidol + 2.0% OCP	0.51	745	1764
Litol-24 (Asos)	0.53	823	2450
Litol-24 + 2.0% PAMA	0.41	980	3136
Litol-24 + 2.0% HSD	0.38	1078	3430

Sinov natijalariga ko‘ra, Litol-24 tarkibiga 2.0% stirol-dien (HSD) kopolimerining qo‘shilishi payvandlanish yuklamasini (P_z) 2450 N dan 3430 N gacha (ortish 40% ni tashkil etadi) ko‘tardi. Shuningdek, yeyilish dog‘ining diametri (D_{ω}) barcha polimerli namunalarda sezilarli darajada kichraydi.

TShM apparatida payvandlanish (tiqilib qolish) yuklamasining (P_z) polimer konsentratsiyasiga bog‘liqligi 2-rasm. Ushbu grafik polimer qo‘shimchalar miqdori optimal ($0{,}5\ wt.\%$) dan ($4\ wt.\%$) gacha oshirilganda tribologik xossalar o‘sishi va undan yuqori konsentratsiyalarda chigallanish effekti tufayli barqarorlashuvini ko‘rsatadi.



2-rasm. Polimer modifikator miqdorining yuklama ta’siriga bog‘liqligi

ISSN 3030-3907

2-rasm polimer kontsentratsiyasi oshishi bilan surkov materiallarining yuk ko‘tarish qobiliyati (P_z) ortishini ifodalaydi. Litol-24 tarkibida polimer miqdori 2 $wt.\%$ ga yetganda payvandlanish yuklamasi maksimal 3430 N gacha ko‘tariladi. Kontsentratsiyaning 3 $wt.\%$ gacha oshirilishi effekt bermaydi, chunki polimer molekulalarining haddan tashqari chigallashishi tribologik plyonka mustahkamligiga qo‘shimcha ijobiy ta’sir ko‘rsatmaydi.

Ushbu tribologik samaradorlik quyidagi fundamental mexanizmlar orqali kechadi:

1. **Konformationsion yozilish:** Ishqalanish tugunida yuqori lokal harorat (100 °C dan yuqori) va mexanik kuchlanish yuzaga kelganda, polimer globulalari yozilib, chiziqli zanjir holatiga o‘tadi.

2. **Adsorbsion himoya plyonkasi:** Yozilgan polimer zanjirlari tarkibidagi qutbli guruhlar (ayniqsa PAMA va bio-poliefirlarda) metall yuzasiga fizik-kimyoviy adsorbsiyalanadi. Natijada o‘ta yuqori yuklamalarga chidamli, elastik polimer-metall gibrid himoya qatlami hosil bo‘ladi.

3. **Barqaror qovushqoqlik:** Harorat ko‘tarilishi bilan asos moyning suyuqlashishini polimerlar o‘z hajmini kengaytirish orqali muvozanatlashtiradi va kontakt zonasida gidrodinamik moylash rejimini saqlab qoladi.

Biroq, uzoq muddatli dinamik sinovlarda yuqori molekulyar massali polimer zanjirlarining uzilishi tufayli vaqt o‘tishi bilan (P_k) ko‘rsatkichining 5-8% gacha pasayishi qayd etildi. Shuning uchun plastik surkov materiallari uchun tarmoqlangan va o‘rtacha molekulyar massaga ega polimer arxitekturalari eng optimal balansni ta’minlashi aniqlandi.

XULOSA.

Polimer modifikatorlarning plastik surkov materiallari (Kalsiyli Solidol va Litiyli Litol-24) tarkibidagi reologik va tribologik xossalariga ta’sirini tizimli o‘rganish natijasida quyidagi ilmiy va amaliy xulosalarga kelindi. Struktura va kolloid barqarorlik polimer modifikatorlarning (PAMA, OCP va HSD) surkov materiallari karkasiga kiritilishi kolloid barqarorlikni 30-45% gacha yaxshilaydi. Bu jarayon polimer makromolekulalarining sovunli tolalar (kalsiy va litiy sovunlari) bilan chigallashib, asos moy uglevodorodlarini o‘z matritsasida samarali ushlab qolishi bilan asoslanadi. Yuk ko‘tarish qobiliyatining ortishi to‘rt sharikli ishqalanish mashinasida o‘tkazilgan sinovlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, optimal 2.0 wt.% konsentratsiyada stirol-dien (HSD) sopolimeri Litol-24 ning payvandlanish yuklamasini ((P_z) 2450 N dan 3430 N gacha (40% ga) oshiradi. Solidol tarkibida esa kritik yuklama (P_k) va payvandlanish yuklamasi mos ravishda 27% va 39% ga ortgan. Boshqarish mexanizmi yuqori harorat va bosim ostida polimer koptokchalarining konformatsion yozilishi va ishqalanish yuzasida metall bilan

ISSN 3030-3907

o‘zaro ta’sirga kirishib, qalinligi yuqori bo‘lgan adsorbsion himoya plyonkasi hosil qilishi aniqlandi. Bu mexanizm kontakt zonasida qovushqoqlik keskin tushib ketishining oldini oladi va gidrodinamik moylash rejimini saqlaydi. Konsentratsiya chegarasi va destruksiya grafik korrelyatsiyasiga ko‘ra, polimer miqdorini 2.5% dan oshirish tribologik samaradorlikning keyingi o‘sishini ta’minlamaydi, chunki bu nuqtadan keyin polimer zanjirlarining o‘zaro chigallashishi boshlanadi va mexanik siljish destruksiyasiga moyillik ortadi. Plastik surkov materiallari uchun o‘rtacha molekulyar massali va tarmoqlangan arxitekturaga ega polimerlar eng barqaror reologik muvozanatni ta’minlashi isbotlandi.

ADABIYOTLAR

1. Fan, J. Molecular dynamics simulation of conformational changes in polyalkylmethacrylate viscosity modifiers / J. Fan, L. Zhou, T. Wang // Tribology International. – 2024. – Vol. 191. – P. 109-118.
2. Zhang, Y. Thermal stability and rheological properties of olefin copolymer viscosity index improvers / Y. Zhang, X. Liu, H. Chen // Lubricants. – 2023. – Vol. 11, № 4. – P. 165-178.
3. Garcia, M. Friction and wear reduction mechanisms of styrene-diene copolymers under high-pressure conditions / M. Garcia, R. Lopez, A. Martinez // Wear. – 2025. – Vol. 538. – P. 204-215.
4. Li, W. Solubility and thermodynamic interactions of polymer modifiers in bio-based and synthetic base oils / W. Li, K. Kim, S. Sato // Journal of Molecular Liquids. – 2024. – Vol. 396. – P. 123-132.
5. Smith, A. J. High-temperature high-shear (HTHS) viscosity and permanent shear degradation of polymer-heavy lubricants / A. J. Smith, P. R. Jones // Tribology Letters. – 2023. – Vol. 71, № 2. – P. 45-56.
6. Petrov, I. V. Effect of molecular weight distribution on mechanical shear stability of polymeric additives / I. V. Petrov, S. A. Ivanov // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2023. – Vol. 59, № 3. – P. 312-320.
7. Brown, K. Synthesis and rheological evaluation of star-shaped polymers as shear-stable viscosity modifiers / K. Brown, D. Miller, T. Davis // Polymer Journal. – 2024. – Vol. 56, № 1. – P. 89-98.
8. Kumar, R. Dual-functional polymer additives: Combining viscosity modification and pour point depression / R. Kumar, N. Singh // Fuel. – 2024. – Vol. 355. – P. 129-139.
9. Wang, Q. Tribological properties of graphene oxide/polyalkylmethacrylate hybrid nanocomposite modifiers / Q. Wang, L. Zhang, Y. Zhao // Applied Surface Science. – 2025. – Vol. 642. – P. 158-169.

ISSN 3030-3907

10. Kim, H. Micellization mechanisms of thermoresponsive block copolymers in lubricant base stocks / H. Kim, T. Sato // Macromolecules. – 2023. – Vol. 56, № 14. – P. 5421-5433.
11. Chen, X. Molecular orientation and temporary shear thinning of polymer additives in elastohydrodynamic lubrication / X. Chen, J. Gao, H. Wu // Journal of Tribology. – 2024. – Vol. 146, № 8. – P. 811-822.
2. Muller, H. Synergistic effects of polymethacrylate and olefin copolymer blends on lubricant rheology / H. Muller, F. Wagner // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2023. – Vol. 62, № 29. – P. 11204-11215.
3. Santiago, R. Bio-based polymer modifiers derived from vegetable oils for eco-friendly lubricants / R. Santiago, J. Gomes // Green Chemistry. – 2024. – Vol. 26, № 5. – P. 2311-2324.
4. Ali, M. Evaluation of cellulose derivatives as sustainable thickening agents in industrial lubricants / M. Ali, F. Rahman, S. Ahmed // Carbohydrate Polymers. – 2025. – Vol. 348. – P. 122-134.
5. Takahashi, K. Cavitation-induced degradation of polymer modifiers in automotive transmission fluids / K. Takahashi, M. Endo // SAE International Journal of Fluids and Lubricants. – 2023. – Vol. 16, № 2. – P. 145-157.
6. Patel, A. Understanding the overlap concentration effect of polymer additives in semi-dilute oil solutions / A. Patel, S. Shah // Rheologica Acta. – 2024. – Vol. 63, № 4. – P. 201-211.
7. Roussel, G. Influence of polymer viscosity modifiers on the oxidative degradation pathway of engine oils / G. Roussel, P. Bernard // Thermochimica Acta. – 2024. – Vol. 731. – P. 179-190.
8. Johnson, B. High-pressure tribometry of polymer-modified lubricants under extreme boundary conditions / B. Johnson, C. Lee // Tribology Transactions. – 2023. – Vol. 66, № 6. – P. 1045-1056.
9. Saito, T. Tailoring polymer architectures for low-viscosity electric vehicle (EV) thermal fluids / T. Saito, Y. Tanaka // Journal of Synthetic Lubrication. – 2025. – Vol. 42, № 1. – P. 15-28.
10. Yusuf, N. A comprehensive review on the evolution of polymer additives in lubrication toward zero-wear conditions / N. Yusuf, A. Idris, M. Hassan // Journal of Cleaner Production. – 2025. – Vol. 480. – P. 143-158.
11. Xo‘jaqulov K. R. & Ubaydullayeva S. A. (2026). IKKILAMCHI POLIMER CHIQINDILAR PET VA EVA ASOSIDA GETEROPOLIMER MODIFIKATORLAR SINTEZI VA ULARNI QO‘LLASH IMKONIYATLARI. Development Of Science, 5(4), pp. 103-111. https://doi.org/0
12. Xo‘jaqulov K. R. & Aslonova M. G. (2026). YUQORI ADGEZIYAGA EGA BO‘LGAN EPOKSID-POLIURETAN ANTIKORROZION QOPLAMA

KOMPOZITSIYASINING OLINISHI VA XOSSALARI. Development Of Science, 5(3), pp. 414-420. https://doi.org/0 23.

ISSN 3030-3907