

MARKAZGA INTILMA KUCH. ISHQALANISH KUCHLARI VA UNI VUJUDGA KELTIRUVCHI SABABLAR

Jo'rayev G'ulomjon G'ofur o'g'li

Akademik litseyda fizika fani o'qituvchisi

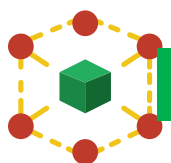
Annotatsiya. Ushbu maqolada aylanma harakat dinamikasining markaziy tushunchalaridan biri - markazga intilma kuch (sentripetal kuch)ning fizik mohiyati, uning kinematik asosi bo'lgan markazga intilma tezlanish (a_c) keltirib chiqarilishi va turli real tizimlarda qanday "manba kuch"lar hisobidan vujudga kelishi ilmiy-metodik jihatdan bayon etiladi. Shuningdek, ishqalanish kuchlarining (tinch, sirpanish, dumalash) tabiati, ularning paydo bo'lish sabablari (mikronotekslik, adgeziya, deformatsiya, "plujing" effekti), klassik Kulon-Amontona qonuniyatlari va ularning qo'llanish chegaralari tahlil qilinadi. Amaliy misollar sifatida burilishda avtomobil harakati, "vertikal devor" attraksioni, sentrifuga, remen-shkiv uzatmalari hamda podshipnik/moylash tizimlarida ishqalanishning roli formulalar asosida tushuntiriladi. Maqola ta'lim jarayonida nazariyani amaliyot bilan bog'lashga xizmat qiladi.

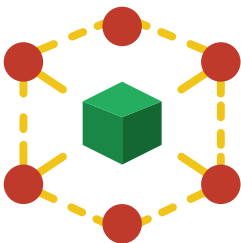
Kalit so'zlar: markazga intilma kuch, aylanma harakat, markazga intilma tezlanish, burchak tezlik, ishqalanish, statik ishqalanish, kinetik ishqalanish, dumalash ishqalanishi, tribologiya, adgeziya, moylash.

KIRISH.

Klassik mexanikada harakatni tushuntirish uchun "kuch-harakat" bog'lanishi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Aylanma harakat esa to'g'ri chiziqli harakatdan farqli ravishda tezlik vektori yo'nalishining uzluksiz o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Shu sababli aylanma harakatni saqlab turish uchun jismga markaz tomon yo'nalgan tezlanish zarur bo'ladi; bu tezlanishni ta'minlovchi natijaviy ta'sir markazga intilma kuch deb ataladi. Ammo ta'lim amaliyotida keng tarqalgan xatolardan biri - markazga intilma kuchni "alohida, mustaqil kuch" sifatida qabul qilishdir. Aslida u natijaviy (vektor yig'indisi) kuchning aylanish markaziga qaratilgan komponenti bo'lib, uning manbai turlicha: tortishish kuchi, ip tarangligi, tayanch reaksiyasi, ishqalanish, elektromagnit ta'sir va h.k.

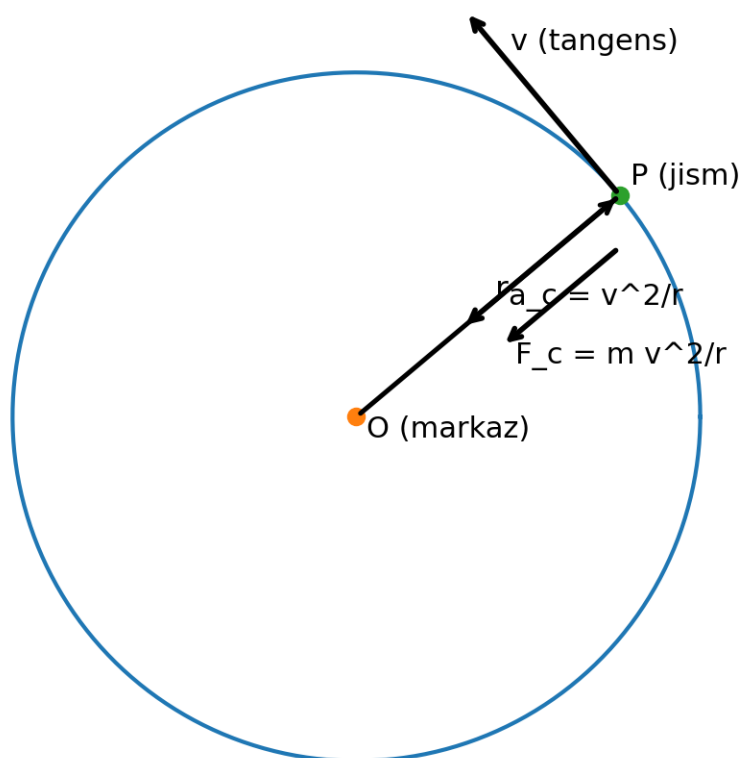
Ishqalanish kuchlari esa kundalik hayotda ham, injenerlikda ham eng muhim nokonservativ ta'sirlardan biri bo'lib, energiya yo'qotishlari, issiqlik ajralishi, detallar yeyilishi va ishonchli ishlash shartlarini belgilaydi. Shu bilan birga, ishqalanishsiz yurish, tormozlash, o'zaro ilinish va harakatni uzatish amalda mumkin emas. Demak, ishqalanish "faqat zarar" emas, balki "boshqarilishi kerak bo'lgan resurs" hamdir. Maqolaning maqsadi - markazga intilma kuch va ishqalanishni umumiy dinamik nuqtai nazardan birlashtirib, formula va amaliy keyslar orqali ilmiy asosda tushuntirishdir.





Asosiy qism.

Markazga intilma kuch - aylanma harakat qilayotgan jismni traektoriya markazi tomon tortib turuvchi kuchdir. Agar jism doira bo'ylab harakatlanayotgan bo'lsa, uning tezligi yo'nalishi doim o'zgarib turadi va shu yo'nalish o'zgarishini ta'minlaydigan kuch aynan markazga intilma kuch hisoblanadi. Bu kuch yo'q bo'lsa, jism aylanma harakatni saqlay olmaydi va to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanib ketadi. Markazga intilma kuch mustaqil yangi kuch emas, balki mavjud kuchlarning (masalan, ishqalanish, tortish, uprug'lik) aylanma harakatni ta'minlaydigan natijaviy yo'nalishdagi qismi hisoblanadi. Uning miqdori jism massasiga, tezligining kvadratiga va aylanish radiusiga bog'liq bo'lib, katta tezlik yoki kichik radiusda kuch ortib boradi.

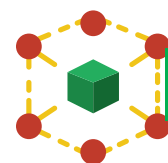


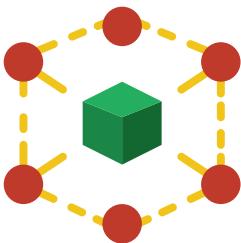
1-rasm. Markazga intilma kuch

Kundalik hayotda markazga intilma kuchning ko'plab misollarini kuzatish mumkin. Masalan, avtomobil burilishda yo'ldan chiqib ketmasligi uchun shina bilan yo'l orasidagi ishqalanish kuchi markazga intilma kuch vazifasini bajaradi. Yoki ipga bog'langan toshni aylantirganda, ipda hosil bo'lgan tortish kuchi toshni markaz tomon ushlab turadi. Attraksionlar, planetalarning Quyosh atrofida aylanishi, sun'iy yo'ldoshlar harakati ham shu qonunga bo'ysunadi.

Ishqalanish kuchlari esa bir-biriga tegib turgan yuzalar orasida nisbiy harakat yoki harakatga intilish natijasida paydo bo'ladi. Ishqalanish harakatga qarshi yo'nalgan bo'lib, uni sekinlashtiradi yoki butunlay to'xtatadi.

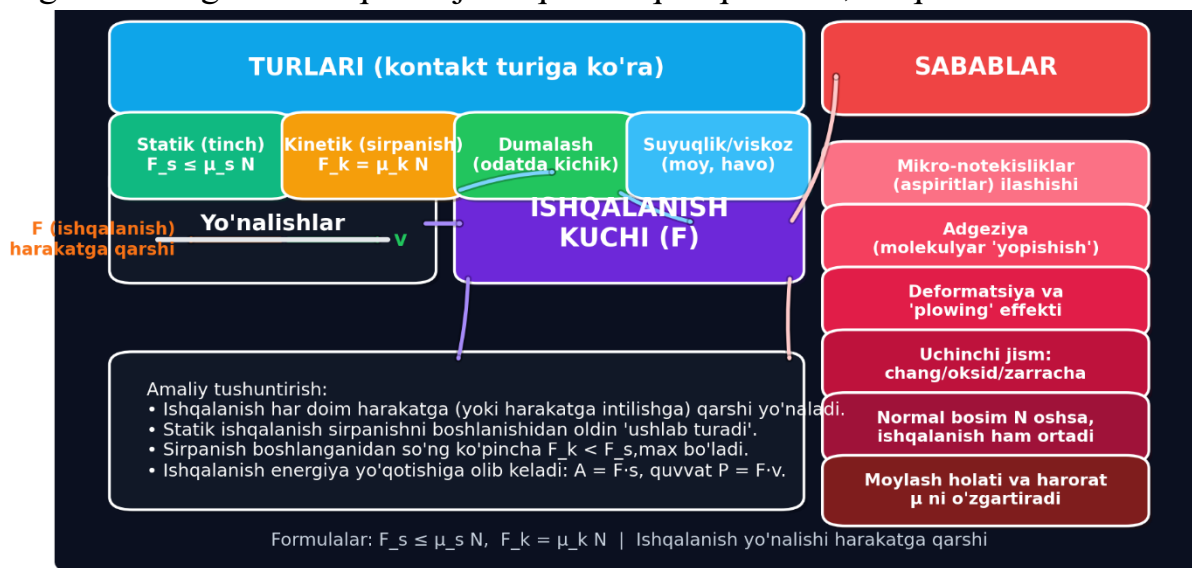
Fizikada ishqalanishning asosan uch turi farqlanadi: tinch (statik) ishqalanish - jism hali qimirlamayotganda uni joyida ushlab turuvchi kuch; sirpanish ishqalanishi - jism bir yuza bo'ylab





sirpanayotganda paydo bo‘ladi; dumalash ishqalanishi - g‘ildirak yoki shar dumalaganda kuzatiladi va odatda eng kichik qiymatga ega.

Ishqalanish kuchlarining vujudga kelish sabablari bir nechta omillar bilan izohlanadi. Birinchidan, hatto juda silliq deb hisoblangan yuzalar ham mikroskopik darajada nohamis (notekis) bo‘ladi va shu nohamisliklar bir-biriga ilinib, harakatga qarshilik ko‘rsatadi. Ikkinchidan, yuzalar orasida molekular tortishish kuchlari mavjud bo‘lib, jismlar bir-biriga yaqin kelganda ularning molekulalari o‘zaro ta’sirga kirishadi. Uchinchidan, normal bosimning kattaligi ishqalanish kuchiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qiladi: jism qancha qattiq bosilsa, ishqalanish shuncha ortib boradi.

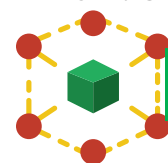


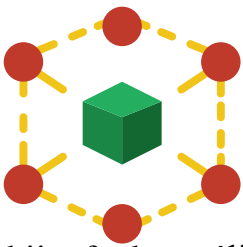
2-rasm. Ishqalanish kuchlari va uni vujudga keltiruvchi sabablar

Markazga intilma kuch bilan ishqalanish kuchlari o‘rtasidagi bog‘liqlik ayniqsa aylanma harakatda yaqqol namoyon bo‘ladi. Masalan, avtomobil aylanma yo‘lda harakatlenganda aynan ishqalanish kuchi markazga intilma kuch rolini bajaradi. Agar ishqalanish yetarli bo‘lmasa (yo‘l muzlagan yoki ho‘l bo‘lsa), avtomobil sirpanib, traektoriyadan chiqib ketadi. Shu sababli fizikada bu ikki tushunchani birgalikda o‘rganish harakat xavfsizligi, transport, texnika va muhandislik masalalarini tushinishda muhim ahamiyatga ega.

Markazga intilma kuch aylanma harakatning ajralmas dinamik sharti bo‘lib, u mustaqil tabiatli kuch emas, balki natijaviy kuchning radial yo‘nalgan komponentidir. Uning kattaligi $F_c = m v^2 / r$ qonuni bilan aniqlanib, tezlik kvadratiga proporsional ravishda ortishi aylanma tizimlarda xavfsizlik va mustahkamlik hisoblarini talab qiladi. Ishqalanish kuchlari esa kontakt mexanikasi, adgeziya va deformatsiya jarayonlari natijasida vujudga keladi; klassik

Kulon-Amontona modellari ko‘p amaliy hisoblarda qo‘llansa-da, real shartlarda moylash, material tanlovi va yuza holati hisobga olinishi shart. Ayniqsa, burilishda avtomobil harakati yoki “vertikal devor” attraksioni misollarida ishqalanish markazga intilma talabni ta’minlovchi asosiy mexanizm sifatida namoyon bo‘ladi. Shu tariqa, markazga intilma kuch va ishqalanishning uyg‘un





tahlili tabiiy fanlar ta'limida nazariya-amaliyot bog'lanishini mustahkamlaydi hamda injenerlik fikrlashini rivojlantiradi.

Markazga intilma kuchni ("sentripetal kuch") to'g'ri tushunish uchun uni alohida "yangi" kuch deb emas, balki aylana yoki egri chiziq bo'ylab harakatni ta'minlaydigan natijaviy (radial yo'nalishdagi) kuch komponenti deb qarash kerak. Ya'ni jismning harakati aylanaga "majburlansa", tezlik vektorini moduli o'zgarmasligi mumkin, ammo yo'nalishi uzluksiz o'zgaradi; shu o'zgarish markaz tomon yo'nalgan tezlanishni keltirib chiqaradi. Kinematikadan:

$$a_n = v^2 / r \text{ (markazga intilma tezlanish),}$$

shuning uchun Nyutonning 2-qonuniga ko'ra radial yo'nalishda:

$$\Sigma F_n = m a_n = m v^2 / r.$$

Bu yerda ΣF_n - markaz tomon yo'nalgan barcha kuchlarning (yoki ularning radial komponentlarining) yig'indisi. Demak, "markazga intilma kuch" atamasi ko'p holda ΣF_n ning fizik ma'nosini qisqa ifodalaydi, xolos. Masalan, torga bog'langan to'p aylansa, radial kuchni asosan tor tarangligi beradi; avtomobil burilishda aylansa - radial kuchni asosan shinalar bilan yo'l orasidagi statik ishqalanish beradi; sun'iy yo'ldoshda - gravitatsiya beradi.

Aylanish dinamikasida muhim bir metodologik nuqta bor: inersial sanoq tizimida (yerga nisbatan) markazga intilma kuch real kuchlar yig'indisidan hosil bo'ladi; aylanuvchi (noinersial) sanoq tizimida esa harakatni "statik" ko'rinishda yozish uchun markazdan qochma psevdokuch $F_{cf} = m \omega^2 r$ ni kiritishga to'g'ri keladi. Bu psevdokuch real ta'sir etuvchi o'zaro ta'sir mexanizmi emas, balki noinersial tizimda tenglamalarni yopish uchun qo'llaniladigan inersiyaviy haddir. Shu farqni aniq ajratish - ilmiy uslubda to'g'ri xulosa qilishning asosi.

Markazga intilma kuchning o'lchov birliklari va masshtabini amaliyotda his qilish uchun burchak tezlik ω orqali ham yozish qulay:

$$v = \omega r \Rightarrow a_n = \omega^2 r \Rightarrow \Sigma F_n = m \omega^2 r.$$

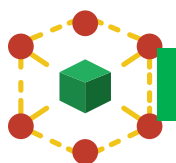
Bu munosabatlardan ko'rinadiki, radius r ikki xil ta'sir qiladi: v berilgan bo'lsa, r kattalashsa a_n kamayadi ($a_n \sim 1/r$); ω berilgan bo'lsa, r kattalashsa a_n ortadi ($a_n \sim r$). Shu sababli mashinalarda yuqori aylanish tezliklarida (ω katta) hatto kichik massa ham katta radial kuch talab qiladi; bu podshipnik, val, muftalardagi tribologik yuklanishni keskin oshiradi.

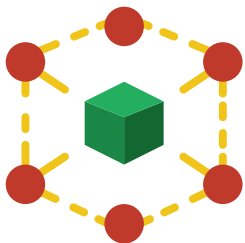
Ishqalanish kuchlariga o'tsak, klassik kurslarda ishqalanish ko'pincha Kulon-Amonton qonunlari bilan yaqinlashtiriladi:

$$\text{statik ishqalanish: } 0 \leq F_s \leq \mu_s N,$$

$$\text{sirpanish (kinetik) ishqalanish: } F_k = \mu_k N,$$

bu yerda N - normal reaksiya, μ_s va μ_k - ishqalanish koeffitsientlari (odatda $\mu_s > \mu_k$). Lekin professor darajasidagi tahlilda μ ni "material doimiysi" deb emas, balki kontakt holatiga bog'liq integral parametr deb olish kerak: sirt g'adir-budurligi, oksid/iflos qatlam, namlik, harorat, tezlik, bosim, kontakt geometriyasi, maylash rejimi - hammasi μ ni o'zgartiradi.





Ishqalanishning paydo bo'lish sabablari mikroskopik darajada 3 ta asosiy guruhga keltiriladi:

- 1) adgeziya (mikrokontaktlarda “yopishib qolish” va kesilish),
- 2) deformatsiya (sirt mikrocho‘qqilari elastik/plastik ezilishi va ichki yo‘qotishlar),
- 3) abraziv ta’sir (qattiq zarrachalar yoki qattiq chiqindilarning tinalishi). Tribologiyada “uchinchi jism” (third body) tushunchasi ham muhim: kontaktdagi yo‘l-shin, g‘ildirak-rels, podshipnik-val orasida mayda zarrachalar, oksidlar, yirtilgan mikrofragmentlar qatlam hosil qilib, ishqalanish va yeyilishni boshqaruvchi asosiy “muhit”ga aylanishi mumkin. Temiryo‘l interfeysida “uchinchi jism”ning yemirilishi va kontakt rejimi almashinishi ishqalanishning noturg‘unlashuvi, shovqin va vibratsiyaga olib kelishi haqidagi tahlillar shu konsepsiyaga mos keladi.

Kulon qonunining nima uchun ko‘p holda ishlashini tushuntirish uchun real kontakt yuzasi A_r haqidagi klassik bahoni keltirish mumkin: qattqlik H bo‘lsa, mikrokontaktlarning umumiy maydoni taxminan $A_r \approx N/H$. Agar adgezion kesilishdagi o‘rtacha shilliqlanish kuchlanishi τ deya olsak, ishqalanish kuchi $F \sim \tau A_r \approx (\tau/H) N$ bo‘ladi, demak $\mu \approx \tau/H$ va N ga proporsionallik paydo bo‘ladi. Albatta, real tizimlarda τ va H lokal harorat, tezlik, oksidlanish va maylashga bog‘liq bo‘lgani uchun μ ham o‘zgaruvchan.

Ishqalanish energiya nuqtayi nazaridan ham ifodalanadi: sirpanishda ishqalanish quvvati

$$P = F_k v,$$

yo‘l (yoki sirpanish masofasi) s da sarflangan ish:

$$A_{fr} = F_k s.$$

Bu ish asosan issiqlikka aylanadi va kontakt haroratini oshiradi; harorat oshishi esa (ayniqsa polimer/kompozitlarda) material xossalarini o‘zgartirib, μ va yeyilish qonuniyatlarini qayta qurishi mumkin. Shuning uchun maylash - faqat “sirpanishni yengillashtirish” emas, balki kontakt harorati va kimyoviy holatni barqarorlashtirish vositasi hamdir. Motor moyining ifloslanishi, oksidlanishi va qovushqoqlik o‘zgarishi ishqalanish-yeyilish zanjiriga bevosita ta’sir qilishi va shu sababdan moy holatini onlayn monitoring qilishga e’tibor ortib borayotgani qayd etilgan.

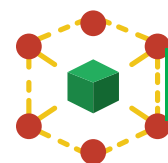
Markazga intilma kuch va ishqalanish o‘rtasidagi bog‘liqlikni eng ravshan ko‘rsatadigan amaliy situatsiya - burilishdagi avtomobil. Tekis (bankalanmagan) yo‘lda burilishda radial kuchni shinaning yo‘lga nisbatan statik ishqalanishi beradi. $N = mg$ bo‘lsa, shart:

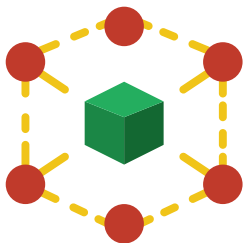
$$F_s \geq m v^2 / r.$$

Eng katta statik ishqalanish $\mu_s mg$, demak:

$$m v^2 / r \leq \mu_s m g \Rightarrow v_{max} = \sqrt{(\mu_s g r)}.$$

Ishqalanishni injenerlik nuqtayi nazardan “boshqarish” masalasi tribologiyaning markaziy mavzusi hisoblanadi. Unda bir-biriga zid ikki maqsad ko‘p uchraydi: (a) ishqalanishni kamaytirish (energiya tejash, qizishni kamaytirish, yeyilishni pasaytirish), (b) ishqalanishni yetarli darajada saqlash yoki oshirish (tormoz, mufta, yo‘lda ilmashish, transmissiyada moment uzatish). Masalan,





baraban tormoz yoki muftada ishqalanish momenti taxminan:
 $M \approx \mu N r_{\text{eff}}$

(bu yerda r_{eff} - ta'sir etuvchi o'rtacha radius). Shu formuladan μ ni sun'iy ravishda oshirish tormoz masofasini kamaytirishi mumkin, lekin issiqlik $P = M \omega$ orqali kontakt qizishini ham oshiradi; qizish esa μ ni pasaytirish (fading) yoki qoplama degradatsiyasiga olib kelish ehtimolini kuchaytiradi. Demak, real tizim "mu katta bo'lsa - hamisha yaxshi" degan sodda qoidaga bo'ysunmaydi; barqaror ish rejimi, issiqlik tarqalishi va material barqarorligi bilan kompleks hal qilinadi.

Maylangan kontaktlarda ishqalanishning tabiati yanada murakkab: gidrodinamik maylashda kontakt yuzalar to'g'ridan-to'g'ri tegishmaydi, yukni moy qavatidagi bosim ko'taradi; ishqalanish asosan qovushqoqlikka bog'liq bo'ladi va taxminan $F \sim \eta v A / h$ kabi munosabatlar bilan baholanadi (η - qovushqoqlik, h - moy qatlami qalinligi). Chegaraviy (boundary) maylashda esa yuzalar mikrokontakt orqali o'zaro ta'sir qiladi, μ kimyoviy adsorbsiya va qo'shimchalar (additives) bilan boshqariladi. Moy ifloslanishi, oksidlanishi va suv/yoqilg'i aralashishi moy plyonkasini zaiflatib, abraziv va adgeziv yeyilish ehtimolini oshiradi - shuning uchun diagnostika va monitoring tribologiyaning amaliy yo'nalishlaridan biriga aylangan.

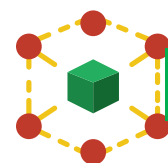
O'zbekiston kontekstida tribologiya va kompozit materiallar masalasi sanoatga yaqin sohalarda (paxta sanoati, transport, mashinasozlik) dolzarb. Masalan, paxtani qayta ishlovchi mashinalarda antielektrostatik kompozit polimer materiallar va tribotexnik maqsadli qoplamalar olish texnologiyasiga bag'ishlangan PhD avtoreferatida kontaktdagi sirpanish ishqalanishi sharoitida qoplamalarning amaliy ahamiyati ta'kidlanadi. Temiryo'l sohasida esa g'ildirak-rels interfeysida ishqalanishni modifikatsiyalash (friction modifiers), "uchinchi jism" qatlami va yeyilish mexanizmlari bo'yicha Toshkent davlat transport universiteti mutaxassislari ishtirokidagi maqolada tahlillar keltirilgan.

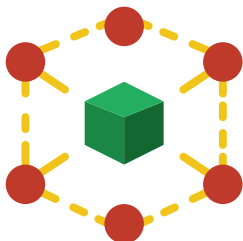
XULOSA

Xulosa sifatida ta'kidlash joizki, markazga intilma kuch - traektoriya geometriyasi talab qiladigan dinamik shart. Ishqalanish esa kontakt fizikasi, materialshunoslik va muhit omillari birlashgan murakkab hodisa. Ular birgalikda ko'plab muhandislik tizimlarining xavfsizligi, samaradorligi va xizmat muddatini belgilaydi. Shuning uchun zamonaviy yondashuv "formula + mu" bilan cheklanmaydi: kontakt rejimi, issiqlik, sirt holati, "uchinchi jism" qatlami, maylash va monitoringni kompleks hisobga olish talab qilinadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Abduraxmanov A.E., Xudoyberdiyev M.A., Xamroyev R.K., Abdumajidov R.B. Onlayn monitoring zagryaznennogo motornogo masla // Innovatsionnye puti resheniya aktualnykh problem razvitiya pishchey i neftegazoximicheskoy promyshlennosti: materialy mejdunar. nauch.-prakt. konf. (Buxoro, 12-14 noyabr 2020 g.). - Buxoro, 2020. - T. 2. - S. 403-405.





2. Eminov Sherzod Olimjonovich. Paxtani qayta ishlovchi mashina va mexanizmlar uchun antielektrostatik kompozitsion polimer materiallar va tribotexnik maqsadli qoplamalar olish texnologiyasi (paxta xom ashyosi misolida): PhD diss. avtoref. - Toshkent, 2019. - 49 b.
3. Karabayeva M. (tuzuvchi). “Nazariy mexanika va mashina mexanizmlar nazariyasi” (I-qism) fani bo’yicha o’quv-uslubiy majmua. - Namangan, 2024. - 205 b.
4. Irodov I.Ye. Zadachi po obщey fizike. - M.: Laboratoriya znaniy, 2019.
5. Sivuxin D.V. Obщiy kurs fiziki. T. 1: Mexanika. - M.: Fizmatlit, 2005.
6. Popov V.L. Contact Mechanics and Friction. - Berlin: Springer, 2017.

