



IQTISODIY SAMARADORLIKKA KO'RA PODSHIPNIKLARDA KONTAKT KUCHLANISHLARNI HISOBLASH

Muminov Doston Alisher o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti, 2-bosqich magistranti

dos1858060@gmail.com

Xusanov Muhammadjon Raximjon o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti, 2-bosqich magistranti

xusanovmuhammadjon93@gmail.com

Yo'ldasheva Aliya Maqsad qizi

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, 2-bosqich talabasi

aliyamaqsadqizi@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada podshipniklarda yuzaga keladigan kontakt kuchlanishlarni aniqlash usullari hamda ularning iqtisodiy samaradorlikka ta'siri tahlil qilingan. Sharikli va rolikli podshipniklarda kontakt yuzalarida hosil bo'ladigan kuchlanishlarning paydo bo'lish mexanizmi va taqsimlanish qonuniyatlari ko'rib chiqildi. Elastiklik nazariyasiga asoslanib, kontakt kuchlanishlarni hisoblash uchun zarur bo'lgan asosiy matematik bog'lanishlar keltirildi.

Bundan tashqari, kontakt kuchlanishlarning qiymati podshipnikning xizmat muddati, ishonchliligi va texnik xizmat xarajatlariga qanday ta'sir ko'rsatishi iqtisodiy nuqtai nazardan baholandi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, optimal konstruktiv parametrlarni tanlash orqali kontakt kuchlanishlarni kamaytirish nafaqat texnik ishonchlilikni oshiradi, balki ekspluatatsiya xarajatlarini qisqartirish orqali umumiy iqtisodiy samaradorlikni ham ta'minlaydi. Olingan natijalar sanoat korxonalarida podshipniklarni tanlash va ulardan foydalanishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: *Podshipnik, kontakt kuchlanish, sharikli podshipnik, rolikli podshipnik, elastiklik nazariyasi, yuklanish, dumalash elementlari, kontakt yuzasi.*

Аннотация

В данной статье рассмотрены контактные напряжения, возникающие в подшипниках, и методы их расчёта. Проанализированы особенности возникновения и распределения контактных напряжений в шариковых и роликовых подшипниках. На основе теории упругости приведены основные зависимости, необходимые для определения контактных напряжений. Результаты анализа показывают, что контактные напряжения зависят от конструктивных параметров подшипника, величины нагрузки и количества тел качения. Полученные результаты имеют важное значение при выборе подшипников и обеспечении их надёжной работы.





Ключевые слова: Подшипник, контактные напряжения, шариковый подшипник, роликовый подшипник, теория упругости, нагрузка, тела качения, контактная поверхность.

Abstract

This article considers contact stresses arising in bearings and methods for their calculation. The features of formation and distribution of contact stresses in ball and roller bearings are analyzed. Based on elasticity theory, the main relationships required for determining contact stresses are presented. The results show that contact stresses depend on the design parameters of the bearing, the applied load, and the number of rolling elements. The obtained results are important for proper bearing selection and ensuring reliable operation.

Keywords: Bearing, contact stress, calculation, ball bearing, roller bearing, elasticity theory, load, rolling elements, contact surface.

Podshipniklar mashina va mexanizmlarda keng qo'llaniladigan asosiy elementlardan biri hisoblanadi. Ular aylanuvchi valni tayanchlarda ushlab turadi va yuklanishni qabul qilib, uning barqaror aylanishini ta'minlaydi. Podshipniklarning ishonchli ishlashi ko'p jihatdan ularda hosil bo'ladigan kontakt kuchlanishlarga bog'liq bo'ladi.

Dumalash elementlari va halqalar orasida kontakt kichik yuzalarda yuzaga keladi, shu sababli bu joylarda katta kuchlanishlar hosil bo'ladi. Agar bu kuchlanishlar ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketsa, podshipnik tez ishdan chiqishi mumkin. Shuning uchun kontakt kuchlanishlarni to'g'ri aniqlash va baholash muhim hisoblanadi. Ushbu maqolada podshipniklarda hosil bo'ladigan kontakt kuchlanishlar va ularni hisoblash usullari ko'rib chiqiladi hamda ularning podshipnik ishiga ta'siri tahlil qilinadi..

Dumalash podshipniklarida hosil bo'ladigan kontakt kuchlanishlarni aniqlash masalasi doimiy ravishda ilmiy tadqiqotchilarni qiziqtirib kelgan. Kontakt yuzasida hosil bo'ladigan kuchlanishlarni hisoblashda asosan Gerts nazariyasidan foydalanilgan. Tadqiqotlarda dumalash elementi (sharik, rolik) va ichki hamda tashqi halqa orasidagi kontakt ellips shaklida yuzaga kelishi va yuklanish ortishi bilan kontakt bosimi oshishi kuzatilgan. Analitik hisoblash ishlari asosan maxsus dasturlar yordamida amalga oshirilgan, natijalar tekshirilgan va ular o'zaro mos kelishi baholangan [1-3].

Dumalash elementi sharikdan iborat bo'lgan podshipniklarda kontakt kuchlanishning taqsimlanishi analitik va sonli usullar yordamida o'rganilgan. Hisob ishlarida Gertsning kontakt nazariyasiga asoslangan holda olib borilgan, kontakt yuzasidagi maksimal kuchlanish qiymatlari aniqlangan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, podshipnik elementlarining joylashuvi va noto'g'ri o'rnatilishi kontakt kuchlanishlarning o'zgarishiga ta'siri asoslangan [2].

Dumalash podshipniklarida kontakt kuchlanishlarning taqsimlanishi va ularga ta'sir qiluvchi omillar tahliliga ba'ishlangan [3] ishda, yuklanish qiymati, ish tezligi va ishqalanish koeffitsiyenti kontakt kuchlanishlarga bevosita ta'siri o'rganilgan. Bundan



tashqari, kontakt zonasida turli holatlar (sirpanish va yopishish) mavjud bo'lib, ular podshipnikning ishlashiga ta'sir qilishi asoslab berilgan.

Dumalash elementlariga ega bo'lgan podshipniklarning dinamik xususiyatlari, ayniqsa qattqlikning aylanish tezligi va yuklanishga bog'liq holda o'zgarishi ushbu tadqiqotda o'rganilgan [4]. Mualliflar podshipnikning yuklanish-siljish bog'lanishiga asoslangan dinamik modeldan foydalanib, tezlikka bog'liq qattqlik tushunchasini kiritgan. Hisoblash jarayonida dastlab sonli usullar qo'llanilgan, ammo ularning yetarli darajada barqaror emasligi aniqlangan. Shu sababli analitik yondashuv taklif etilib, u implicit funksiyani differensiallash asosida qattqlikni aniqlash imkonini beradi. Olingan natijalar boshqa usullar va tajriba ma'lumotlari bilan solishtirilib, taklif etilgan usulning samaradorligi tasdiqlangan.

Ushbu tadqiqotda [5] separatorlarsiz podshipniklarda ishlash jarayonida yuzaga keladigan to'qnashuv va ishqalanish muammolari o'rganilgan. Mualliflar bu muammoni bartaraf etish uchun umumiy aylana bo'yicha zazorni aniqlash usulini taklif etgan. Hisoblash jarayoni podshipnik ichidagi dumalash elementlari orasidagi maksimal aylanish tezliklari farqiga asoslanadi va zarur minimal zazorni aniqlashga qaratilgan. Tadqiqotda dumalash elementlari diametri, podshipnik diametri, kontakt burchagi va ularning sonining zazorga ta'siri tahlil qilingan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan usul elementlar orasidagi to'qnashuvni kamaytiradi va podshipnikdagi kuchlanishlarni pasaytiradi. Tajriba natijalari esa podshipnikning ishlash ko'rsatkichlari yaxshilanishini tasdiqlaydi.

Podshipniklarning xizmat muddatini aniqlashga bag'ishlangan ushbu [6] tadqiqotda dastlab uzluksiz aylanish sharoitidagi modellari ko'rib chiqilgan, so'ngra tebranish rejimida ishlaydigan podshipniklar uchun hisoblash usullari ishlab chiqilgan. Mualliflar tomonidan maxsus koeffitsiyent kiritilib, u tebranish burchagi va yuklanish zonasiga bog'liq holda aniqlanadi. Hisoblashlarda podshipnik ichidagi kuchlar va ularning taqsimlanishi tahlil qilinib, dumalash elementlari hamda ularning halqalar bilan o'zaro ta'siri hisobga olingan. Bundan tashqari, yuklanish taqsimlanishini aniqlash uchun sonli usullar qo'llanilgan. Olingan natijalar turli ish sharoitlarida podshipniklarning xizmat muddatini aniqroq baholash imkonini beradi.

Dumalash elementlariga ega bo'lgan sharikli podshipniklarning kvazistatik modelini yechish muammolari ushbu tadqiqotda [7] ko'rib chiqilgan va an'anaviy usullarning kamchiliklari tahlil qilingan. Mualliflar boshlang'ich qiymatni tanlashdagi qiyinchiliklarni bartaraf etish uchun yangi optimallashtirishga asoslangan yondashuvni taklif etgan. Taklif etilgan usul ikki bosqichli model asosida qurilgan bo'lib, unda dastlab boshlang'ich qiymat aniqlanadi, so'ngra sonli optimallashtirish amalga oshiriladi. Hisoblash jarayonida zamonaviy algoritmlar qo'llanilib, natijalar an'anaviy usullar bilan solishtirilgan. Olingan natijalar yangi yondashuv hisoblashni tezlashtirishini va aniqroq natija berishini ko'rsatgan, shuningdek, bu usulni boshqa turdagi podshipniklarga ham qo'llash mumkinligi aniqlangan.



Hisoblash jarayonida A/B nisbatini aniqlash uchun maxsus grafikdan foydalanildi. Ushbu grafik yordamida m parametriga mos ravishda A/B qiymati tanlab olindi va keyingi hisob-kitoblarda qo'llanildi.

Podshipniklarda yuzaga keladigan kontakt kuchlanishlar nafaqat ularning mexanik mustahkamligiga, balki ekspluatatsiya jarayonidagi iqtisodiy ko'rsatkichlarga ham bevosita ta'sir ko'rsatadi. Yuqori kontakt kuchlanishlar podshipnik elementlarida tezroq yeyilish, deformatsiya va charchash hodisalarini keltirib chiqaradi, bu esa ularning xizmat muddatini qisqartiradi.

Podshipniklarning iqtisodiy samaradorligini baholashda ularning hayotiy sikl xarajatlari (Life Cycle Cost - LCC) muhim ko'rsatkich hisoblanadi. Ushbu ko'rsatkich quyidagicha ifodalanadi:

$$LCC = C_s + C_m + C_r + C_d$$

Bu yerda:

C_s - podshipnikni sotib olish xarajati,

C_m - texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari,

C_r - ta'mirlash va almashtirish xarajatlari,

C_d - nosozliklar tufayli yuzaga keladigan yo'qotishlar (to'xtab qolish xarajatlari).

Kontakt kuchlanishlarning ortishi C_r va C_d qiymatlarini sezilarli darajada oshiradi, chunki podshipniklar tez-tez ishdan chiqadi va ishlab chiqarish jarayonida uzilishlar yuzaga keladi. Aksincha, optimal konstruktiv parametrlar asosida kontakt kuchlanishlarni kamaytirish podshipnikning xizmat muddatini uzaytiradi va umumiy xarajatlarni kamaytiradi.

Podshipnikning xizmat muddati bilan kontakt kuchlanish o'rtasida teskari bog'liqlik mavjud bo'lib, bu bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$L \propto \frac{1}{\sigma^P}$$

Bu yerda:

L - podshipnikning xizmat muddati,

σ - kontakt kuchlanish,

P - tajribaviy ko'rsatkich (odatda 3-10 oralig'ida).

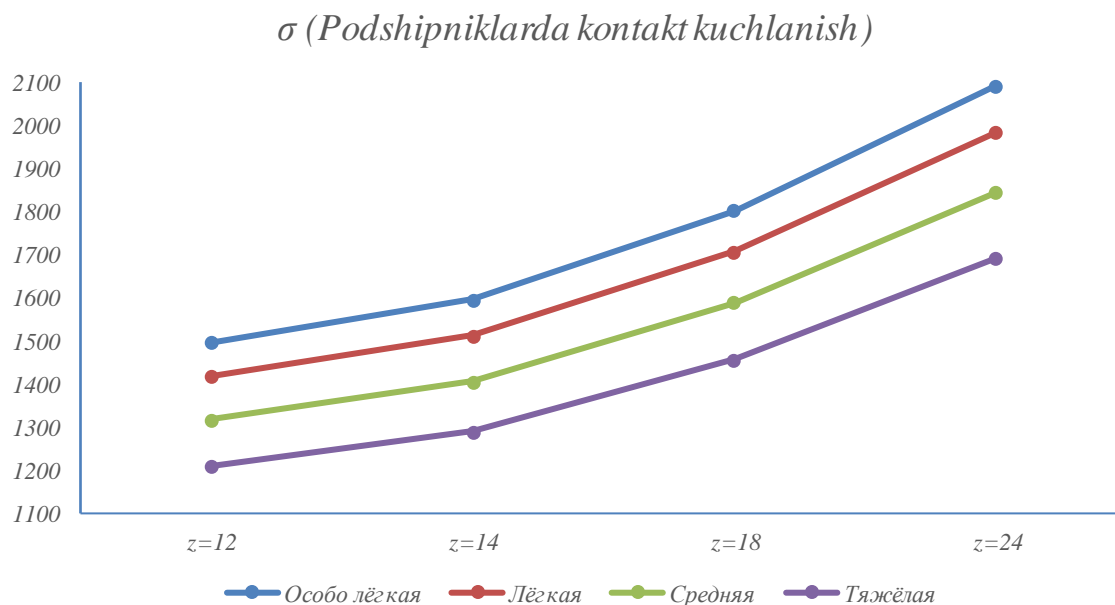
Mazkur bog'lanishdan ko'rinadiki, kontakt kuchlanishning hatto kichik miqdorda kamayishi ham xizmat muddatining sezilarli oshishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida ta'mirlash va almashtirish xarajatlarini kamaytiradi.

Shuningdek, iqtisodiy jihatdan optimal variantni tanlashda boshlang'ich narxi arzon, lekin tez yeyiladigan podshipniklar bilan solishtirganda, yuqori sifatli va kontakt kuchlanishlari past bo'lgan podshipniklar uzoq muddatda ko'proq foyda keltirishi aniqlanadi. Shu sababli, podshipniklarni tanlashda faqat boshlang'ich xarajat emas, balki ularning butun xizmat davridagi iqtisodiy samaradorligini hisobga olish zarur.

Ushbu qismda podshipniklarda yuzaga keladigan kontakt kuchlanishlari σ hisoblab chiqildi. Hisoblashlar keltirilgan formulalar asosida amalga oshirildi. Bunda turli



seriyalar (o'ta yengil, yengil, o'rta va og'ir) uchun dumalash elementlari soni $z = 12, 14, 18$ va 24 qiymatlarida qabul qilindi va har bir holat uchun mos ravishda kontakt kuchlanish qiymatlari aniqlandi hamda grafik ko'rinishda tasvirlandi.



1-rasm. Podshipniklarda kontakt kuchlanish σ ning turli seriyalar uchun z qiymatiga bog'liqligi

Olingan natijalardan ko'rinadiki, z qiymati ortishi bilan barcha seriyalar uchun kontakt kuchlanish σ ham ortib boradi. Bu holat shuni anglatadiki, dumalash elementlari soni ko'paygan sari yuklanish ayrim elementlarda ko'proq jamlanadi. Eng katta kontakt kuchlanish qiymatlari o'ta yengil seriyada kuzatiladi, eng kichik qiymatlar esa og'ir seriyada aniqlangan. Bu esa podshipnikning konstruktiv o'lchamlari va seriyasi kontakt kuchlanishga bevosita ta'sir qilishini ko'rsatadi. Ya'ni, o'lchamlari kichik bo'lgan podshipniklarda kuchlanish yuqori, kattaroq podshipniklarda esa yuklanish kengroq yuzaga taqsimlanadi va kuchlanish kamayadi.

Shunday qilib, podshipnikni tanlashda uning seriyasi, o'lchamlari va ishlash sharoitlari, ayniqsa yuklanish darajasi muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. O'ta yengil seriya $z=12$ da $\sigma=1496$ teng bo'lsa, o'rta va og'ir seriyalarda mos ravishda kontakt kuchlanish qiymatlari 1418, 1318 va 1209 larni tashkil etmoqda. Bu kabi o'zgarishlar qolgan barcha holatlarda saqlanib qolgan. 1-rasmda keltirilgan grafik bog'liqliklarda buni ko'rish mumkin. Jadvaliy qiymatlar hamda grafik bog'liqlik yordamida yana bir bog'liqlikni ko'rishni aniqlaymiz ya'ni dumalash elementlarining soni " z " o'zgargan qiymatida seriyalar oralig'i " σ " qiymatlarini farqlanishi. O'ta yengil seriyadan yengil seriyaga o'tganda kontakt kuchlanish 1496 N/mm^2 dan 1418 N/mm^2 ga o'zgargan, ya'ni $\Delta\sigma_1 = 78 \text{ N/mm}^2$, yengil seriyadan o'rta seriyaga o'tganda $\Delta\sigma_2 = 100 \text{ N/mm}^2$, o'rta



seriyadan og'ir seriyaga o'tganda $\Delta\sigma_3=109 \text{ N/mm}^2$ ga o'zgarishini ko'rish mumkin. Boshqa barcha "z" larda ham bu o'zgarish qonuniyati saqlanib qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Johnson K.L. / Contact Mechanics // Издательство: Cambridge University Press, 1985.
2. Harris T.A., Kotzalas M.N. / Rolling Bearing Analysis // Издательство: CRC Press, 2006.
3. Fischer-Cripps A.C. / Introduction to Contact Mechanics // Издательство: Springer, 2007.
4. Xia Sheng, Beizhi Li, Zhouping Wu, Huyan Li / Calculation of ball bearing speed-varying stiffness // Журнал: Mechanism and Machine Theory, 2014.
5. Xiaofeng Zhao, Shuidian Xu, Tao Xu, Qianqian Xu, Kai Huang / Calculation Method and Experimental Study on Circumferential Total Clearance of Cageless Bearings // Журнал: Lubricants, 2024.
6. J. Tribol, Luc Houpert, Oliver Menck / Bearing Life Calculations in Rotating and Oscillating Applications Open Access // Журнал: American Society of Mechanical Engineers: Digital Collection, 2022.
7. Jing Hu, XiaoLi Qiao, QiongYing Lv, XinMing Zhang, XiaoPing Zhou / Research on a Numerical Calculation for Ball Bearings Based on a Finite Initial Value Search Method // Журнал: Mathematical Problems in Engineering, 2024.
8. Djurayev A. va boshq. Mashina va mexanizmlar nazariyasi // Tashkent-2004, 582 b.
9. Yunusov, S. Z., Kenjayev, S. N., & Makhmudova, S. A. (2023). Shafts of technological machines with combined supports. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 01059). EDP Sciences.

