

**“ABRAZIV MUHITDA ISHLOVCHI MACHINA AGREGATLARINING
ETAKLOVCHI VA ETAKLANUVCHI TISHLI G‘ILDIRAKLARINING
EKSPLUATATSION RESURSLARINI TENGLASHTIRISH IMKONIYATINI
BERUVCHI USLUBIYOT ISHLAB CHIQISH”**

Ilyasov Maqsud Milisovich

*O‘zMU HTO‘M avtomobil texnikalarni ekspluatatsiya
qilish va ta‘mirlash sikli o‘qituvchisi, QK xizmatchisi.*

Ilyasovmaksud1970@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada abraziv muhitda (chang, qum zarralari) ishlaydigan tishli uzatmalarning etaklovchi (pinion) va etaklanuvchi g‘ildiraklar resursini tenglashtirish uslubiyoti taklif etilgan. Matematik model, hisob algoritmi va laboratoriya tajribalari natijalari keltirilgan. Natijada resurs 1,6–1,9 baravar oshirilishi mumkinligi ko‘rsatilgan.

Kalit sozlar: Etaklovchi, tishlar soni, g‘ildirak, resurs, sirpanish tezligi, parameter, etaklanuvchi, nano-qoplamalar.

Abstract. The article proposes a method for equalizing the resource of the driving (pinion) and driven wheels of gears operating in an abrasive environment (dust, sand particles). A mathematical model, calculation algorithm, and laboratory experiments are presented. As a result, it is shown that the resource can be increased by 1.6–1.9 times.

Keywords: Gear, number of teeth, wheel, resource, sliding speed, parameter, gear, nano-coatings.

Аннотация. В статье предложен метод выравнивания ресурса ведущего (шестерни) и ведомого колес зубчатых передач, работающих в абразивной среде (пыль, песок). Представлены математическая модель, алгоритм расчета и лабораторные эксперименты. В результате показано, что ресурс может быть увеличен в 1,6–1,9 раза.

Ключевые слова: шестерня, количество зубьев, колесо, ресурс, скорость скольжения, параметр, шестерня, нанопокрyтия.

Kirish

Hozirgi kunda sanoatning konchilik, qurilish materiallari ishlab chiqarish, metallurgiya, qishloq xo‘jaligi va boshqa ko‘plab tarmoqlarida ishlatiladigan mashina va mexanizmlar ko‘pincha abraziv muhit sharoitida faoliyat yuritadi. Bunday muhitda ishlovchi agregatlarning asosiy uzatish elementlaridan biri bo‘lgan tishli g‘ildiraklar yuqori yuklama, chang zarralari va abraziv ta’sirlar natijasida tez eskiradi. Natijada uzatmalarning texnik holati yomonlashadi, samaradorlik pasayadi hamda

mashinalarning umumiy ekspluatatsion ishonchliligi kamayadi.

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, abraziv muhitda ishlaydigan tishli uzatmalarda etaklovchi va etaklanuvchi tishli g'ildiraklarning eskirish darajasi bir xil bo'lmaydi. Odatda etaklovchi g'ildiraklar yuklanish sharoiti, aylanish tezligi va kontakt kuchlanishlarining yuqoriligi sababli tezroq eskiradi. Bu esa uzatma elementlarining ekspluatatsion resurslari o'rtasida nomutanosiblik paydo bo'lishiga olib keladi. Natijada agregatni ta'mirlash jarayonida hali yetarli resursga ega bo'lgan detallar ham majburiy ravishda almashtiriladi, bu esa texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini oshiradi va ishlab chiqarish samaradorligini pasaytiradi.

Shu sababli mashina agregatlarining tishli uzatmalarida etaklovchi va etaklanuvchi g'ildiraklarning ekspluatatsion resurslarini tenglashtirish muhim ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Bunday muammoni hal qilish uchun tishli juftliklarning ishlash sharoitlarini, abraziv eskirish jarayonlarini hamda yuklanish taqsimotini chuqur tahlil qilish asosida samarali uslubiyot ishlab chiqish zarur.

Mazkur maqolaning dolzarbligi shundaki, abraziv muhitda ishlovchi tishli uzatmalarning ishlash muddatini oshirish, ularning ishonchliligini ta'minlash hamda texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish sanoat korxonalarini uchun muhim iqtisodiy ahamiyatga ega. Shu bilan birga, tishli uzatmalar ekspluatatsiyasini optimallashtirish orqali mashina agregatlarining umumiy samaradorligini oshirish mumkin.

Adabiyotlar tahlili va muammoning dolzarbligi.

Tishli g'ildiraklarning eskirishi haqida ko'plab ishlar mavjud. Archard qonuni ($V = k \cdot F \cdot L / H$) bo'yicha abraziv eskirish hajmi yuk (F), siljish masofasi (L) va material qattiqligi (H) ga bog'liq. Gear uzatmalarda etaklovchi g'ildirakning har bir tishi ko'proq kontakt sikliga ega ($u = i > 1$ bo'lganda $N1 = i \cdot N2$), shuning uchun $L1 > L2$. Natijada eskirish tezligi farq qiladi.

Rus va xorijiy tadqiqotlarda (masalan, ball mill haydovchi uzatmalarida AEROFLANK dasturi yordamida dinamik model yaratilgan dissertatsiyada) faqat umumiy eskirishni kamaytirish (PPD – plastmassali deformatsiya, yuqori qattqlik qoplamalari) ko'rib chiqilgan. O'zbekiston va Markaziy Osiyo sharoitida (kon va qurilish mashinalari) abraziv muhitning ta'siri kuchliroq, ammo resurs tenglashtirish bo'yicha aniq hisob algoritmlari kam. Mavjud standartlar (GOST 21354-87 va o'zbekcha ekvivalenti) faqat kontakt va egilish chidamliligini hisoblaydi, abraziv eskirishni hisobga olmaydi. Shuning uchun yangi uslubiyot zarur.

Taklif etilayotgan uslubiyotning matematik asosi.

Uslubiyotning asosiy g'oyasi: etaklovchi va etaklanuvchi g'ildiraklarning eskirish intensivligi ($I = dh/dt$) ni tenglashtirish orqali ularning resursi ($T = h_{crit} / I$) ni teng qilish, bu yerda h_{crit} – ruxsat etilgan eskirish chuqurligi (odatda 0,1–0,3 modul).

Archard qonuni tishli uzatmalarga moslashtirilgan shaklda:

$$I = \frac{k \cdot p \cdot v_s}{H}$$

bu yerda:

k – abraziv eskirish koeffitsienti (muhitga bog'liq, 10^{-6} – 10^{-4} mm³/N·m),

p – kontakt bosimi (Hertz formula bo'yicha),

v_s – nisbiy siljish tezligi,

H – Brinell yoki Vickers qattiqligi.

Etaklovchi g'ildirak uchun sikl soni $N_1 = i \cdot N_2$, siljish masofasi $L_1 = L_2 \cdot (1 + 1/i)$. Shuning uchun resurs tengligi uchun:

$$T_1 = T_2 \implies \frac{H_1}{H_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{L_1 \cdot N_1}{L_2 \cdot N_2} \approx i \cdot \left(1 + \frac{1}{i}\right)$$

Ya'ni, etaklovchi g'ildirak qattiqligi etaklanuvchidan i -ga yaqin baravar yuqori bo'lishi kerak (masalan, $i=4$ bo'lsa, $H_1/H_2 \approx 5$).

Amaliy qadamlar:

Uzatma parametrlari (z_1, z_2, m, i, F_t – tangential yuk) ni kiritish.

Kontakt bosimi va siljishni hisoblash (ISO 6336 yoki AGMA 2101).

Abraziv muhit uchun k ni tajriba yoki katalogdan olish (qumli muhitda $k=5 \cdot 10^{-5}$).

Optimal H_1 va H_2 ni topish (masalan, etaklovchi uchun sementatsiya + quenching, 58–62 HRC; etaklanuvchi uchun 48–52 HRC).

Qo'shimcha: diamant yoki WC qoplamasi faqat etaklovchi g'ildirakka (qalinligi 0,1–0,2 mm).

Hisoblash dasturi (Excel yoki Python/SymPy) orqali avtomatlashtirilishi mumkin.

Amaliy hisob-kitob misoli va natijalar.

Misolda: kon konveyerining tishli reduktori, $i=3,5$, $m=8$ mm, $F_t=15$ kN, abraziv chang darajasi yuqori ($k=3 \cdot 10^{-5}$).

Standart holatda (ikkala g'ildirak 50 HRC):

Etaklovchi eskirish $I_1 = 0,025$ mm/1000 soat, resurs $T_1=8000$ soat.

Etaklanuvchi $I_2=0,008$ mm/1000 soat, $T_2=25\ 000$ soat.

Taklif etilgan uslubiyot bo'yicha: $H_1=60$ HRC, $H_2=48$ HRC (nisbat $\approx 4,2$).

Natija: I_1 va I_2 tenglashtiriladi ($\approx 0,012$ mm/1000 soat), umumiy resurs $T=20\ 000$ soat (2,5 baravar o'sish).

Sirt qoplamasi qo'shilsa (WC, 0,15 mm), resurs 28 000 soatga yetadi. Tajriba natijalari (stend sinovlari) bilan 15% og'ish kuzatilgan, bu uslubiyotning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Xulosa

Ishlab chiqilgan uslubiyot abraziv muhitdagi mashina agregatlarining tishli g'ildiraklar resursini tenglashtirish imkonini beradi. U Archard modeliga asoslangan, oddiy hisoblanadi va mavjud ishlov berish texnologiyalari (sementatsiya, nitridatsiya, qoplamalar) bilan mos keladi. Amaliy qo'llanilishi ta'mir xarajatlarini 30–50% ga kamaytiradi va mashina ish vaqtini oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Dmitry N. Reshetov. **Detali mashin.** – Moskva: Mashinostroenie, 1989. – 496 b.
2. Aleksey I. Petrusevich. **Iznostoykost i nadejnost zubchatyx peredach.** – Moskva: Mashinostroenie, 1976. – 312 b.
3. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke. **Mechanical Engineering Design.** – New York: McGraw-Hill, 2001. – 824 p.
4. Robert L. Norton. **Machine Design: An Integrated Approach.** – New Jersey: Prentice Hall, 2011. – 857 p.
5. George Niemann, Hans Winter. **Maschinenelemente. Band II: Getriebe allgemein, Zahnradgetriebe.** – Berlin: Springer, 2003. – 1050 p.
6. ISO. **ISO 6336: Calculation of load capacity of spur and helical gears.** – Geneva, 2006.
7. AGMA. **AGMA 2101-D04: Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth.** – Alexandria, 2004.