

BURALISH REJIMIDA ISHLOVCHI MEXANIK UZATMALARNI MUSTAHKAMLIK VA CHIDAMLILIK SHARTLARI BO'YICHA KOMPLEKS BAHOLASH

Ikromov Sunnatillo Nodir o'g'li

*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Oliy matematika va axborot texnologiyalari kafedrası assistenti*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada mexanik tizimlarda keng qo'llaniladigan aylanuvchi vallarning buralish deformatsiyasi, unga bog'liq maksimal urinma kuchlanish va quvvat uzatish xususiyatlari tahlil qilinadi. Harakat uzatuvchi element sifatida valning ishonchliligi va samaradorligi mashinasozlik, energetika, transport hamda ishlab chiqarish sohalarining uzluksiz faoliyatida muhim o'rin egallaydi.*

Elastiklik nazariyasiga asoslangan holda valning polyar inertsia momenti, polyar qarshilik momenti, burovchi moment, burilish burchagi va urinma kuchlanishlar o'rtasidagi bog'liqliklar matematik ifodalar orqali asoslab berilgan. Muallif tomonidan yechilgan amaliy masala misolida burilish burchagi va aylanish chastotasiga ko'ra uzatiladigan moment va quvvat miqdori aniqlangan, maksimal urinma kuchlanish esa materialning ruxsat etilgan kuchlanishi bilan solishtirilgan.

Maqolada val konstruksiyasining geometriyasi, materiali va ish sharoitlariga mos holda mustahkamlik va chidamlilik shartlari baholangan hamda ushbu parametrlarning noto'g'ri tanlanishi mexanik nosozlik, vibratsiya va tizim ishdan chiqishiga olib kelishi mumkinligi ilmiy asoslangan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, buralish deformatsiyasi nazariyasini amaliyotda qo'llash orqali val tizimlarining ishonchliligi va ekspluatatsiya samaradorligini oshirish mumkin.

Annotation. *This article analyzes the torsional deformation of rotating shafts, which are widely used in mechanical systems, along with the associated maximum shear stress and power transmission characteristics. As a motion-transmitting element, the reliability and efficiency of a shaft play a crucial role in the uninterrupted operation of industries such as mechanical engineering, energy, transportation, and manufacturing.*

Based on elasticity theory, the relationships between polar moment of inertia, polar section modulus, torque, angle of twist, and shear stress are substantiated through mathematical expressions. In a practical problem solved by the author, the torque and power transmitted are determined based on the angle of twist and rotational speed, and the maximum shear stress is compared to the material's permissible stress.

The article evaluates the strength and durability criteria of the shaft depending on its geometry, material, and working conditions, scientifically substantiating that incorrect parameter selection may lead to mechanical failures, vibration, and system breakdowns. The results demonstrate that applying the theory of torsional deformation in practice can significantly improve the reliability and operational efficiency of shaft systems.

Kalit so'zlar. *buralish deformatsiyasi, aylanuvchi val, burovchi moment, maksimal urinma kuchlanish, elastiklik nazariyasi, polyar inertsia momenti, polyar qarshilik momenti, burilish burchagi, mexanik quvvat, val mustahkamligi, elastik deformatsiya, muhandislik*

hisobi, sanoat mexanizmlari, quvvat uzatish, valning samaradorligi, material tanlovi, geometrik parametrlar, Guk qonuni, ekspluatatsiya ishonchligi, texnik xavfsizlik.

Keywords: *torsional deformation, rotating shaft, torque, maximum shear stress, elasticity theory, polar moment of inertia, polar section modulus, angle of twist, mechanical power, shaft strength, elastic deformation, engineering analysis, industrial mechanisms, power transmission, shaft efficiency, material selection, geometric parameters, Hooke's law, operational reliability, technical safety.*

Sanoat ishlab chiqarishi, mashinasozlik, energetika va transport sohalarining uzluksiz ishlashini ta'minlashda harakat uzatuvchi mexanizmlarning ahamiyati beqiyosdir. Ayniqsa, turli mexanik tizimlarda aylanish harakatini uzatish, moment va quvvatni bir uzal yoki mexanizm qismidan boshqasiga yetkazish uchun foydalaniladigan vallar tizimi bu jarayonning ajralmas elementi hisoblanadi. Val - buruvchi momentni o'zi orqali uzatishga mo'ljallangan konstruktiv element bo'lib, u mashinalar va mexanizmlar mexanik yuragidir.

Valga ta'sir etuvchi burovchi moment ta'sirida val o'z o'qi atrofida buriladi, bu esa buralish deformatsiyasi deb ataluvchi elastik deformatsiyani keltirib chiqaradi. Bunday deformatsiya natijasida valning ichki qatlamlarida urinma kuchlanishlar hosil bo'ladi. Ushbu kuchlanishlar, ayniqsa, val kesimining chekka nuqtalarida maksimal qiymatga ega bo'lib, valning mustahkamligiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir qiladi. Shuning uchun ham valning buralish holatidagi kuchlanish tahlili, uning maksimal yuklama ostida qanday ishlashi, material tanlovi va geometrik o'lchamlarni aniqlash - mashinasozlik va muhandislik loyihalarining muhim va ajralmas qismidir.

Val buralishida yuzaga keladigan mexanik jarayonlarni tahlil qilishda bir qancha nazariy asoslarga, formulalarga va fizik kattaliklarga murojaat qilinadi. Eng avvalo, valning ko'ndalang kesimining polyar inertsia momenti J_p va polyar qarshilik momenti W_p - kabi parametrlar uning elastiklik va mustahkamlik xossalari belgilaydi. Shuningdek, moduli silqish G , valning materiali va uzunligi, burovchi moment qiymati bilan birgalikda valning buralish burchagi φ va nisbiy buralish θ ni aniqlashga yordam beradi.

Valning ishlash samaradorligini aniqlashda, u orqali uzatilayotgan quvvat P miqdori asosiy ko'rsatkich hisoblanadi. Quvvat, aylanish chastotasi va burovchi moment yordamida aniqlanadi va bu qiymat valning real sharoitlarida ishga yaroqliligini ko'rsatadi. Ushbu holatda, valning kesimida yuzaga keladigan maksimal urinma kuchlanish τ_{max} ruxsat etilgan kuchlanish qiymatidan oshmasligi lozim. Bu esa konstruktsiyaning xavfsizligi va uzoq muddatli ishlash kafolatidir.

Shu sababli, har qanday muhandislik hisobida valning geometrik parametrlarini aniqlash, material tanlash, burilish burchagini nazorat qilish, quvvat uzatish imkoniyatini aniqlash va kuchlanish holatini baholash zarur hisoblanadi. Yuqoridagi barcha mezonlar va tahlillar asosida valning buralish deformatsiyasini chuqur o'rganish, amaliy misollar yordamida analiz qilish va optimal konstruktiv echimlarni taklif etish ushbu maqolaning asosiy maqsadi hisoblanadi.

Valning buralish deformatsiyasi faqatgina unga qo'yilgan burovchi moment ta'sirida hosil bo'ladi. Bu holat toza buralish deb nomlanadi va quyidagi shart bajarilishi zarur: valning

ichki kesimlarida faqatgina burovchi moment mavjud bo'lishi, boshqa ichki kuchlar (kesuvchi kuch, egilish momenti) nolga teng bo'lishi kerak.

Agarda kuchlanish holatida bosimning ko'ndalang kesimlarida ichki kuchlardan faqat burovchi moment mavjud bo'lib, qolganlari nolga teng bo'lsa, u holda buralish deformatsiyasi sodir bo'ladi.

Mazkur formulada kuchlanishning taqsimlanishi radius bo'yicha chiziqli ekanligi ko'rsatiladi - ya'ni, kesim markazidan chekkasiga qarab kuchlanish ortadi. Muvozanatlangan elastik deformatsiyaga asoslanib, val materialining har bir nuqtasi burovchi moment ostida buriladi, lekin bu deformatsiya elastik chegaralar ichida qoladi. Valning kesimida urinma kuchlanishlar paydo bo'lib, ular doim kesim markazidan chetga siljigan sari ortib boradi. Buralishdagi urinma kuchlanishlar elastik nazariya doirasida chiziqli tarqalaydi. Valning ichki qatlamlari aylanma deformatsiyaga uchraydi.

Valning og'irlik markazidan ixtiyoriy ρ masofada yotuvchi nuqtalarda hosil bo'ladigan urunma kuchlanish:

$$\tau_{\rho} = \frac{T_e}{J_{\rho}} \cdot \rho \quad (1)$$

Bu yerda, T_e – burovchi moment; J_{ρ} – Bu ifoda kesim yuzasining har bir elementining markazga nisbatan aylanishga qarshiligini ifodalaydi. Doiraviy kesim uchun:

$$0 \leq \rho \leq \frac{d}{2};$$

Agar $\rho = 0$ bo'lsa (val markazi), kuchlanish nol bo'ladi. $\frac{d}{2}$ da (chekka nuqta) maksimal qiymatga yetadi.

Eng katta urinma kuchlanish va ko'ndalang kesimining eng chekka nuqtalarida paydo bo'ladi.

$J_{\rho} = \int_A r^2 dA$ – bu ifoda val kesim yuzasining har bir elementining markazga nisbatan kesimining ichki aylanma qarshiligini ifodalaydi. Doiraviy kesim uchun:

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32};$$

$$0 \leq \rho \leq \frac{d}{2};$$

Agar $\rho = 0$ bo'lsa (val markazi), kuchlanish nol bo'ladi. $\frac{d}{2}$ da (chekka nuqta) maksimal qiymatga yetadi.

Doiraviy kesimli valning buralishi natijasida eng katta urinma kuchlanish va ko'ndalang kesimining eng chekka nuqtalarida maksimal urinma kuchlanish paydo bo'ladi:

$$\tau_{max} = \frac{T_e}{W_{\rho}} \quad (2)$$

Formula yordamida muhandislar valning maksimal kuchlanishini aniqlaydi. Bu kuchlanish materialning ruxsat etilgan kuchlanishi $\tau_{max} \leq \tau_{adm}$ bilan solishtiriladi:

Bu yerda W_{ρ} – polyar qarshilik momenti - bu valning kesimida yuzaga kelayotgan urinma kuchlanishga qarshi ko'rsatgan geometrik qarshilik koeffitsiyenti hisoblanadi. U valning tashqi radiusida, ya'ni kesimning eng chekka nuqtasidagi maksimal urinma kuchlanishni aniqlash uchun ishlatiladi. Polyar qarshilik momenti katta bo'lsa, val buralishga ko'proq chidamli hisoblanadi, ya'ni valda maksimal urinma kuchlanish kichikroq bo'ladi.

Shuning uchun bu formula valning mustahkamlik shartini tekshirishda bevosita qo'llaniladi.

Agar valning maksimal urinma kuchlanishi τ_{max} uning materialining ruxsat etilgan chegaraviy kuchlanishidan τ_{adm} oshib ketsa, bu konstruksiyaning mexanik mustahkamligiga jiddiy tahdid soladi. Natijada, valda elastiklik chegarasi buzilib, plastiklik deformatsiyalar yuzaga kelishi mumkin, bu esa materialda doimiy o'zgarishlar va strukturaviy shikastlanishlarga olib keladi. Bunday holatda mikroskopik darajadagi yoriqlar va chiziqlar paydo bo'lib, ularning ko'payishi natijasida materialning kiritilgan yukni qabul qilish qobiliyati pasayadi va oxir-oqibat valning sinishi yoki yorilishi ehtimoli oshadi. Shuningdek, bu deformatsiyalar mexanik tizimda noaniqliklar keltirib chiqaradi, valning dinamik xususiyatlari o'zgaradi va ishlash davomida rezonans, tebranish va boshqa salbiy effektlar yuzaga kelishi mumkin. Bularning barchasi texnik tizimlarning ishonchligini pasaytirib, ekspluatatsiya xavfsizligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi va sanoat jarayonlarida jiddiy avariyalarga olib kelishi mumkin. Shu sababli, maksimal urinma kuchlanishni aniqlash va uni ruxsat etilgan qiymatdan oshmasligini ta'minlash zarur.

Buralish burchagi quyidagi Guk qonuni bo'yicha aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{T_e \cdot l}{G \cdot J_p} \quad (3)$$

l – val uzunligi; $G \cdot J_p$ – valning buralishdagi bikirligi; φ – radianda o'lchanadi.

Nisbiy buralish burchagi quyidagiga teng:

$$\theta = \frac{\varphi}{l} = \frac{T_e}{G \cdot J_p} \quad (4)$$

Valni loyihalashdagi hisoblar ikki xil shart bo'yicha amalga oshiriladi:

$$\tau_{max} = \frac{T_e^{max}}{W_p} \leq \tau_{adm} \quad (5)$$

Bikirlik sharti bo'yicha

$$\theta_{max} = \frac{T_e^{max}}{G \cdot J_p} \leq \theta_{max}^0 \quad (6)$$

Buralish deformatsiyasining tahlili va valning mustahkamligini aniqlashda yuqorida keltirilgan formulalar va tushunchalar nazariy asos sifatida xizmat qiladi. Buralish paytida val kesimidagi maksimal urinma kuchlanishni aniqlash va bu kuchlanish materialning ruxsat etilgan chegaralarida qolishini ta'minlash konstruksiya xavfsizligi uchun muhimdir.

Quyidagi masala orqali bu nazariy bilimlarni amaliy hisob-kitobda qanday qo'llash mumkinligini ko'rib chiqamiz:

Ushbu masala mexanik tizimlarda, xususan, aylanuvchi val va o'qlarni loyihalashda muhim ahamiyatga ega bo'lgan buralish deformatsiyasini tahlil qilishga qaratilgan. Valning geometrik o'lchamlari, materialning mexanik xususiyatlari va ish sharoitlari ma'lum bo'lganda, valda yuzaga keladigan maksimal urinma kuchlanish va uzatiladigan quvvatni aniqlash mexanik mustahkamlik va xavfsizlikni ta'minlashda hal qiluvchi hisoblanadi.

Masala. Diametri $d = 10 \cdot 10^{-2} m$ ($d = 10 sm = 100 mm$) bo'lgan yaxlit val $n = 90$ aylanish $min/tezlik$ bilan aylanmoqda. Agar valning $l = 2,5 m$ uzunligi $\varphi = 1,8^\circ \approx$

0,03142 ga burilsa, u qancha kilovat quvvat uzatish mumkin? Eng katta urunma kuchlanish qiymati ham aniqlansin?

Izoh: Polyar inertsiya momenti J_p valning kesimining aylanishga qarshi chidamliligini ko'rsatadi va valning geometrik o'lchamlari bilan hisoblanadi. Polyar qarshilik momenti W_p esa J_p ning val radiusiga bo'lingan qiymati bo'lib urunma kuchlanish qiymati topishda ishlatiladi. Guk qonuni buralish burchagi bilan aylantiruvchi moment o'rtasidagi chiziqli bog'lanishni ifodalaydi, bu esa valning elastik deformatsiyasini aniqlashda asos hisoblanadi. Aylanish momenti va aylanish tezligi yordamida uzatiladigan mexanik quvvat hisoblanadi, bu esa valning ish faoliyatini belgilaydi.

Yechish.

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi \cdot (0,10)^4}{32} = \frac{\pi \cdot 10^{-4}}{32} \approx 9,82 \times 10^{-6} m^4;$$

$$W_p = \frac{J_p}{d/2} = \frac{9,82 \times 10^{-6}}{0,05} = 1,964 \times 10^{-4} m^3$$

Guk qonuniga binoan: $\varphi = \frac{T_e \cdot l}{G \cdot J_p} \Rightarrow T_e = \frac{G \cdot J_p \cdot \varphi}{l}$

Materialning elastiklik moduli: $G = 8 \times 10^{10} Pa$

$$T_e = \frac{0,03142 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 9,82 \cdot 10^{-6}}{2,5} = \frac{24697,5}{2,5} = 98879 N \cdot m$$

$$\tau_{max} = \frac{T_e}{W_p} = \frac{9879}{1,964 \cdot 10^{-4}} = 5,03 \cdot 10^7 Pa = 50,3 Pa$$

Aylanish tezligi: $\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 90}{60} = 9,42 \left(\frac{radian}{sekund} \right);$

Valning uzata olish qobilyati: $P = T_e \cdot \omega = 9879 \cdot 9,42 = 93083 W = 93,1 kW$

Valning konstruktiv dizaynida maksimal urunma kuchlanishni aniq hisoblash orqali uning ish sharoitlariga mosligi ta'minlanadi. Bu esa o'z navbatida materiallarning ortiqcha sarflanishini oldini olib, iqtisodiy jihatdan samarali hamda xavfsiz konstruktsiyalar yaratishga imkon beradi. Masalada berilgan o'lchamlar va parametrlar asosida olinadigan natijalar sanoat ob'ektlarida ishlatiladigan vallarning yuk ko'tarish qobiliyatini baholashda amaliy qo'llaniladi.

Bundan tashqari, valning burilish burchagi va unga mos ravishda uzatiladigan momentni aniqlash mexanik tizimlarda energiya uzatish samaradorligini oshirishga, uskunaning xizmat muddatini uzaytirishga hamda texnik xizmat ko'rsatish intervallarini optimallashtirishga imkon beradi. Ushbu parametrlarning noto'g'ri tanlanishi mexanik qismlarning tez eskirishiga, qattiq vibratsiyalar va avariylar yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin.

Shu sababli, buralish deformatsiyasini aniqlash va valning maksimal urunma kuchlanishini hisoblash nafaqat dizaynning mexanik jihatdan ishonchli bo'lishini, balki ishlab chiqarish, ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatish jarayonlarini ham samarali tashkil etishni ta'minlaydi. Natijada, sanoatning turli sohalarida - avtomobilsozlikdan tortib, energetika va mashinasozlikka qadar - yuqori sifatli va xavfsiz mahsulotlar ishlab chiqarish uchun poydevor yaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

3. M.Mirsaidov, Sh.Xudaynazarov, E.Abdimo'minov, B.Ashirov “Materiallar qarshiligidan misol va masalalar”. I-qism TOSHKENT-” 2019, 268 bet
4. Usmanqulov A., Ismayilov K., va boshq. “Materiallar qarshiligidan misol va masalalar”. II-qism (5340200-“Bino va inshoot qurilishi”) Toshkent «Mashhur-Press», 322 bet