

FASONLI KULACHOKNING RUXSAT ETILGAN PARAMETRLAR
SOHASINI ANIQLASH VA NOTO'G'RI KOMBINATSIYALARNI
TASHXISLASH*Rahmonova Shirin Abdulahad qizi**Pedagog- tadqiqotchi, 27-soli musiqa maktabi o'qituvchisi.*shrakhmonova02@mail.ru

Fasonli kulachokning parametrik 3D modelini avtomatik yaratishda foydalanuvchi boshlang'ich aylana radiusi R_0 , eksentrisitet e , rolik radiusi r_r , itaruvchi yo'li h , faza burchaklari va harakat qonunini kiritadi. CAD tizimi ixtiyoriy kombinatsiya uchun geometrik model qurishi mumkin, ammo ularning bir qismi ishlashga yaroqsiz mexanizmga mos keladi: bosim burchagi ruxsat etilgan qiymatdan oshadi yoki amaliy profilda kesilish paydo bo'ladi.¹ Parametrik modellashtirishda bunday shartlar modelning cheklovlari sifatida qaralishi kerak.² Ammo bosim burchagi va kesilish kabi funksional shartlar CAD tizimining standart o'lcham va geometrik munosabatlari bilan ifodalanmaydi. Shu sababli ularni tekshirish modelni yaratuvchi dasturiy modulga yuklatiladi.

Tezisning maqsadi – rolikli itaruvchiga ega fasonli kulachok uchun ruxsat etilgan parametrlar sohasini analitik shartlar orqali aniqlash va noto'g'ri parametrlar kombinatsiyasini tashxislash usulini taklif etish. Profilning tutashish nuqtalaridagi uzluksizlik shartlari muallifning avvalgi ishida olingan.³

$A = s_0 + s$, $B = s' - e$, $s_0 = (R_0^2 - e^2)^{1/2}$ belgilashlarni kiritamiz, bu yerda s , s' , s'' – itaruvchi siljishi va uning kulachok burilish burchagi bo'yicha hosilalari. Nazariy profil hosilalarini $(\sin\varphi, \cos\varphi)$ va $(\cos\varphi, -\sin\varphi)$ ortonormal bazis bo'yicha yoyib, egrilik radiusi uchun quyidagi yopiq formula olindi:

$$\rho = \frac{(A^2 + B^2)^{3/2}}{|D|}, \quad D = A^2 + B(2s' - e) - A s'' \quad (1)$$

¹Norton R.L. Cam Design and Manufacturing Handbook. – 2nd ed. – New York: Industrial Press, 2009.

²Shah J.J., Mäntylä M. Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications. – New York: John Wiley & Sons, 1995.

³[Muallif F.I.Sh.] Fasonli kulachok profilining ko'tarilish, turish va qaytish uchastkalarini parametrik ifodalash va ularni uzluksiz tutashtirish shartlari // [Jurnal nomi]. – 2026. – № []. – B. [].

Formula egrilik radiusini profilni sonli differensiallamasdan, bevosita harakat qonuni orqali hisoblash imkonini beradi. $D > 0$ bo'lganda profil qavariq, $D < 0$ bo'lganda esa botiq bo'ladi. Turish uchastkalarida (1) dan profil radiusi $(A^2 + e^2)^{1/2}$ ga teng aylana yoyi kelib chiqadi, bu formulaning to'g'riligini tasdiqlaydi. Bosim burchagi esa $\text{tg}\alpha = B/A$ ifoda bilan aniqlanadi.

Parametrik model uchun yetti shartdan iborat cheklovlar tizimi shakllantirildi. Birinchi guruh shartlar profil hisoblanmasdan tekshiriladi: faza burchaklari yig'indisi 2π ga teng bo'lishi (g_1), $|e| < R_0$ (g_2), harakat qonunining chegaraviy shartlari $f' = f'' = 0$ (g_3) hamda gupchak teshigi va devor uchun joy mavjudligi $R_0 - r_r \geq r_v + \delta$ (g_4). Ikkinchi guruh shartlar profil nuqtalari bo'yicha (1) formula yordamida tekshiriladi: $\max|\alpha| \leq [\alpha]$ (g_5), qavariq uchastkalarda $\rho - r_r \geq \rho_{a,\min}$ (g_6) va botiq uchastkalarda $\rho + r_r \geq R_f$ (g_7). Bu yerda $\rho_{a,\min}$ – amaliy profilning ruxsat etilgan minimal egrilik radiusi, R_f – freza radiusi. Qavariq uchastkada $\rho \leq r_r$ bo'lsa, amaliy profilda o'tkir uch yoki kesilish hosil bo'ladi.⁴

Parametrlarni dastlabki tanlash uchun bosim burchagi sharti bo'yicha yopiq ko'rinishdagi baho olindi. Harakat qonunining $C_v = \max f'(u)$ koeffitsiyentidan foydalanib va $s \geq 0$ ekanligini hisobga olib, g_5 bajarilishini kafolatlaydigan yetarli shart, optimal eksentrisitet va unga mos radius quyidagicha topildi:

$$s_0 \geq \frac{\max(C_v h / \varphi_k - e; C_v h / \varphi_q + e)}{\text{tg}[\alpha]}, \quad e^* = \frac{C_v h}{2} \left(\frac{1}{\varphi_k} - \frac{1}{\varphi_q} \right) \quad (2)$$

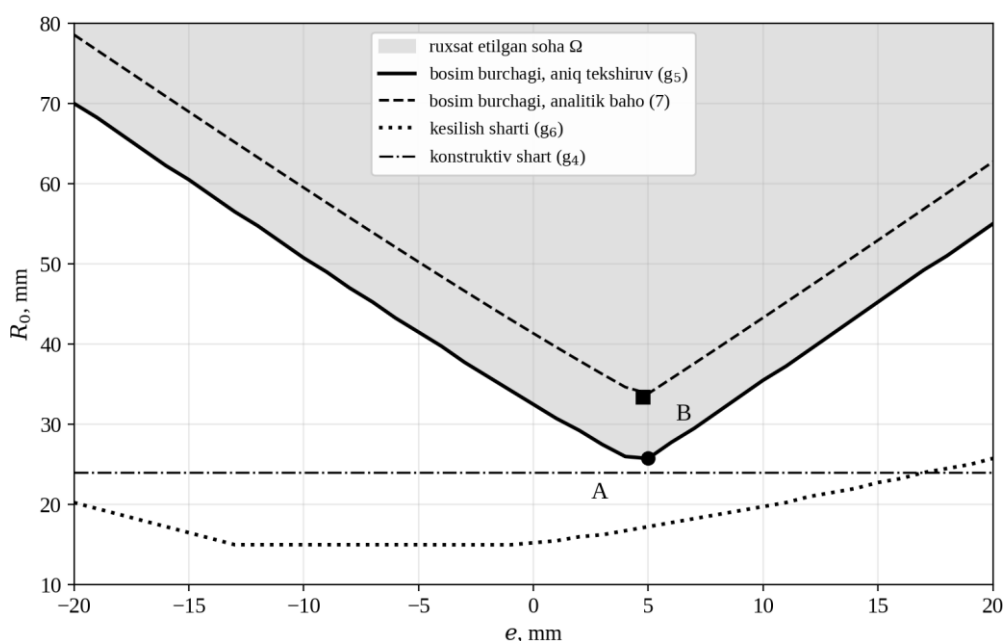
$$R_0^* = \sqrt{s_0^{*2} + e^{*2}}, \quad s_0^* = \frac{C_v h}{2 \text{tg}[\alpha]} \left(\frac{1}{\varphi_k} + \frac{1}{\varphi_q} \right) \quad (3)$$

bu yerda φ_k, φ_q – ko'tarilish va qaytish fazalari; $[\alpha]$ – bosim burchagining ruxsat etilgan qiymati. C_v garmonik qonun uchun 1,571 ga, 3-4-5 polinom uchun 1,875 ga, sikloidal qonun uchun 2,0 ga teng.⁵ (2) dan ko'rinadiki, fazalar teng bo'lganda optimal eksentrisitet nolga teng, fazalar har xil bo'lganda esa itaruvchini qisqaroq faza tomon siljitish foydali.

Usul $h = 20$ mm, $\varphi_k = 90^\circ$, $\varphi_{t1} = 60^\circ$, $\varphi_q = 150^\circ$, $\varphi_{t2} = 60^\circ$, 3-4-5 polinom qonuni, $[\alpha] = 30^\circ$ va $r_r = 12$ mm bo'lgan kulachok misolida sinab ko'rildi. (e, R_0) tekisligida qurilgan ruxsat etilgan soha rasmda ko'rsatilgan.

⁴Левитский Н.И. Кулачковые механизмы. – М.: Машиностроение, 1964.

⁵Norton R.L. Ko'rsatilgan asar.



Rasm. Kulachokning ruxsat etilgan parametrlar sohasi: A – aniq tekshiruv bo‘yicha optimum; B – (2), (3) formulalar bo‘yicha analitik baho

Ko‘rilgan misolda sohaning chegarasini asosan bosim burchagi sharti belgilaydi. Aniq tekshiruv bo‘yicha minimal radius $e \approx 5$ mm da $R_0 \approx 25,8$ mm ni tashkil etdi. (2) formula bo‘yicha optimal eksentrisitet 4,78 mm ga teng bo‘lib, aniq optimum bilan amalda mos keldi. (3) formula bo‘yicha olingan radius 33,4 mm ni tashkil etdi. Bu qiymat aniq qiymatdan taxminan 30 % ga katta, lekin u doimo ruxsat etilgan soha ichida yotadi. Shuning uchun analitik bahoni aniq tekshiruv uchun ishonchli boshlang‘ich yaqinlashish sifatida ishlatish mumkin.

Tashxislash algoritmi uch bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda g_1 – g_4 shartlar tekshiriladi va parametrlardagi qo‘pol xatolar darhol aniqlanadi. Ikkinchi bosqichda (2), (3) formulalar bo‘yicha boshlang‘ich aylana radiusining tavsiya etilgan qiymati hisoblanadi. Uchinchi bosqichda profil nuqtalarida g_5 – g_7 shartlar tekshiriladi. Biror shart buzilsa, 3D model qurilmaydi va foydalanuvchiga buzilgan shart hamda o‘zgartirish kerak bo‘lgan parametr haqida xabar beriladi. Bir nechta kombinatsiyani tekshirish natijalari jadvalda keltirilgan.

Parametrlar kombinatsiyalarini tashxislash natijalari

R_0 , mm	e , mm	r_r , mm	$\max \alpha $, grad	$\rho - r_r$, mm	Natija
50	5	12	18,2	28,4	yaroqli
25	0	12	35,3	9,7	g_5 buzilgan: R_0 ni oshirish kerak
20	5	12	35,3	5,0	g_4, g_5 buzilgan
40	5	30	21,7	2,2	g_4, g_6 buzilgan: r_r ni kamaytirish kerak

Oxirgi variantda bosim burchagi sharti bajarilgan bo'lsa-da, rolik radiusi katta bo'lgani uchun kesilish xavfi aniqlandi. Bu natija faqat bosim burchagini tekshirish yetarli emasligini va cheklovlarni tizim sifatida ko'rish zarurligini ko'rsatadi.

Xulosa qilib aytganda, taklif etilgan yopiq formula (1), cheklovlar tizimi va analitik baholar (2), (3) fasonli kulachokning ruxsat etilgan parametrlar sohasini aniqlash va noto'g'ri kombinatsiyalarni 3D model qurilishidan oldin tashxislash imkonini beradi. Bu kulachokning parametrik 3D modelini avtomatik yaratishda yaroqsiz modellar hosil bo'lishining oldini oladi va konstruktorga parametrlarni tuzatish bo'yicha aniq tavsiya beradi.

Adabiyotlar

1. Левитский Н.И. Кулачковые механизмы. – М.: Машиностроение, 1964.
2. [Muallif F.I.Sh.] Fasonli kulachok profilining ko'tarilish, turish va qaytish uchastkalarini parametrik ifodalash va ularni uzluksiz tutashtirish shartlari // [Jurnal nomi]. – 2026. – № []. – B. [].
3. Norton R.L. Cam Design and Manufacturing Handbook. – 2nd ed. – New York: Industrial Press, 2009.
4. Shah J.J., Mäntylä M. Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications. – New York: John Wiley & Sons, 1995.