DOI: 10.65322/j.srd.03172026.36

ARRALI JIN KOLOSNIKLI PANJARASINI AKTUATOR YORDAMIDA BOSHQARISHNING DINAMIK MODELI VA MATEMATIK ASOSLARI

Yunusov N., *mustaqil tadqiqotchi,*
E-mail: neo_gizmo1@mail.ru,
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Mazkur maqolada arrali jin mashinasining kolosnikli panjarasini aktuator yordamida avtomatik boshqarishning dinamik modeli ishlab chiqildi. Ishchi kamerada hosil bo‘ladigan yuklamalar tahlil qilinib, tizimning matematik modeli Lagranjning ikkinchi tur tenglamasi asosida tuzildi. Tenzometrik datchik orqali deformatsiyani aniqlash va aktuatorni boshqarish algoritmi ishlab chiqildi. Natijalar avtomatik boshqaruv yordamida arrali silindr va kolosnik orasidagi 1,5 mm optimal tirqishni barqaror saqlash mumkinligini hamda bu tola sifatini va mashina unumdorligini oshirishini ko‘rsatdi.*

Аннотация. *В статье разработана динамическая модель автоматического управления колосниковой решёткой пильного джина с использованием актуатора. Проанализированы нагрузки, возникающие в рабочей камере, и построена математическая модель на основе уравнений Лагранжа второго рода. Разработан алгоритм определения деформации с использованием тензометрического датчика и управления актуатором. Результаты показали, что система обеспечивает стабильное поддержание оптимального зазора 1,5 мм между пильным цилиндром и колосниковой решёткой, что способствует повышению качества волокна и производительности машины.*

Abstract. *This paper presents a dynamic model for the automatic actuator-based control of the saw gin grate. The loads generated in the working chamber were analyzed, and a mathematical model was developed based on the second-order Lagrange equations. A control algorithm using a strain gauge sensor for deformation measurement and actuator control was proposed. The results showed that the system can maintain the optimal 1.5 mm clearance between the saw cylinder and the grate, thereby improving fiber quality and machine productivity.*

Tayanch so‘zlar: *arrali jin, kolosnik panjara, aktuator, tenzometrik datchik, dinamik model, Lagranj tenglamasi, matematik modellashtirish, vibratsiya, avtomatik boshqaruv.*

Ключевые слова: *пильный джин, колосниковая решётка, актуатор, тензометрический датчик, динамическая модель, уравнение Лагранжа, математическое моделирование, вибрация, автоматическое управление.*

Keywords: *saw gin, grate, actuator, strain gauge sensor, dynamic model, Lagrange equation, mathematical modeling, vibration, automatic control.*

Kirish. Paxtani dastlabki ishlash jarayonida arrali jin mashinasi asosiy texnologik uskunalardan biri hisoblanadi. Mazkur mashinada paxta tolasi chigitdan ajratiladi va aynan shu jarayonda tolaning sifati shakllanadi. Arrali silindr va kolosnikli panjara orasidagi ishchi tirqish texnologik jarayonning eng muhim parametrlaridan biridir.

Ish jarayonida paxta oqimining notekis kelishi, namlikning o‘zgarishi, ifloslik miqdori va ishchi organlarga tushayotgan dinamik yuklamalar sababli arrali silindr bilan kolosnik orasidagi tirqish doimiy ravishda o‘zgarib turadi. Natijada tolaning shikastlanishi ortadi, tolali chiqindilar miqdori ko‘payadi hamda mashinaning ish unumdorligi pasayadi [1].

Mavjud jin mashinalarida kolosnik panjarasi qattiq mahkamlangan bo‘lib, ish jarayonida hosil bo‘ladigan yuklamalarga moslasha olmaydi. Shu sababli kolosnikni real vaqt rejimida avtomatik boshqarish dolzarb ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

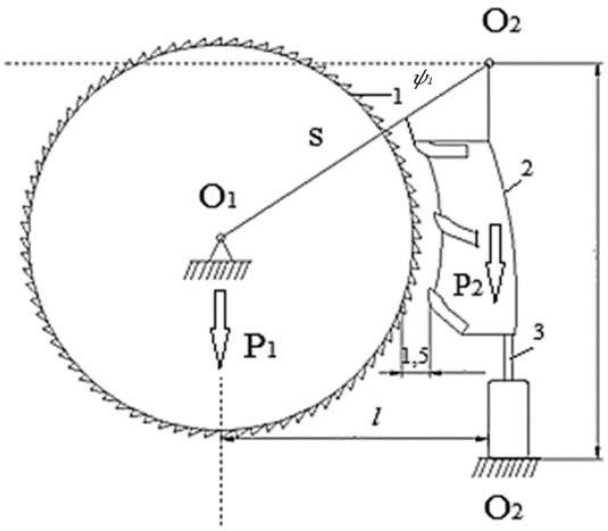
Materiallar va metodlar. Mazkur tadqiqotda kolosnik panjarasini chiziqli aktuator yordamida boshqarishning matematik modeli ishlab chiqildi. Tizimning geometrik bog‘lanishlari, dinamik harakati va boshqaruv algoritmi nazariy jihatdan asoslandi [2].

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.36

Kolosnik panjarani aktuatr yordamida ko‘tarishda harakat tenglamasini keltirib chiqaramiz.

Barqaror ish rejimidan farqli o‘laroq, tezlanish olish va to‘xtash rejimlari nobarqaror rejim deyiladi. Bu rejimga “ishga tushish-to‘xtash” rejimi ham kiradi. Dinamikaning to‘g‘ri masalasi berilgan tashqi kuchlar (kuch, qarshilik momenti, harakatlantiruvchi yoki boshqaruvchi kuchlar) ta’siridagi mashinaning harakat qonunini aniqlashdan iborat.

Arrali baraban-1, kolosnik panjarani-2, aktuatr-3 ni burchakka buradi va ishchi holatda tutib turadi (1-rasm).



1-arrali silindr, 2-kolosnik panjara 3-aktuatr

1-rasm. Kolosnik panjarani ko‘tarish sxemasi

Dastlabki ma’lumotlar:

m_1 - kolosnik panjarani massasi, kg;

$O_1O_2^* = l$ – gorizontal yo‘nalishda tayanchlar orasidagi masofa, m;

$O_2O_2^* = h$ – vertikal yo‘nalishda tayanchlar orasidagi masofa, m;

$O_2D = d$ – aktuatr korpusi uzunligi, m;

$O_3D = S$ – arrali silindr bilan kolosnik orasidagi uzunligi, m;

$\gamma = \angle CO_1O_3$ – aktuatrning maxkamalangan nuqtasi va arrali silindr massa markazini uning aylanish o‘qi bilan tutashtiruvchi chiziqlar orasidagi burchak ($\gamma = const$);

F -aktuatrdagi bosimidan hosil bo‘luvchi ichki kuch, N;

P_1, P_2 -mos ravishda arrali baraban va kolosnik panjara bilan aktuatr korpusining og‘irlik kuchlari, N;

J_{O1} – arrali silindrning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti, $kg*m^2$;

$J_{O1}^{(n)}$ – aktuatrdagining nuqtaga nisbatan inersiya momenti, $kg*m^2$;

Sistema – yopiq sistema va uning erkinlik darajasi birga tengdir. Sistemaning holatini aniqlash uchun umumlashgan koordinata sifatida $\angle\varphi = \angle CO_1O_3$ burchakni olamiz.

Aktuatrdagi holatini aniqlash uchun uning o‘qini vertikal bilan hosil qilgan ψ burchagini olamiz va o‘z navbatida ikki tayanch orasidagi vertikal masofani δ bilan belgilaymiz. Bu o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘lanishni aniqlash uchun quyidagi vektor bog‘lanishdan foydalanamiz:

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.36

$$\overrightarrow{O_1O_3} + \overrightarrow{O_3O_2} + \overrightarrow{O_2O_2^*} = \overrightarrow{O_1O_2^*} \quad (1)$$

Vektor munosabatni koordinata o‘qlariga proyeksiyalab quyidagicha tenglamalar sistemasini hosil qilamiz:

$$\left.\begin{aligned} ox:\ & b\cos(\varphi-\gamma)+(d+S)\cos\psi = l \\ oy:\ & b\sin(\varphi-\gamma)+(d+S)\sin\psi = h \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Belgilash kiritamiz: $\varphi-\gamma=\theta$. U holda (2) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\left.\begin{aligned} (d+S)\cos\psi &= l-b\cos\theta \\ (d+S)\sin\psi &= b\sin\theta-h \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Ya’ni uchta φ,ψ,S o‘zgaruvchilar orasida ikkita bog‘lanish kelib chiqadi.

(3) ifodadan ikkinchi munosabatni birinchisiga bo‘lamiz:

$$tg\psi = \frac{b\sin\theta-h}{l-b\cos\theta} \quad (4)$$

Hamda (3) ifodaning har ikki tomonini kvadratga ko‘tarib bir-biriga qo‘shamiz:

$$(d+S)^2 = (l-b\cos\theta)^2+(b\sin\theta-h)^2 = l^2-2lb\cos\theta+b^2\cos^2\theta+b^2\sin^2\theta-$$

$$-2hb\sin\theta+h^2 == l^2+b^2+h^2-2b(l\cos\theta+h\sin\theta)$$

bundan

$$S = \sqrt{(l^2+b^2+h^2-2b(l\cos\theta+h\sin\theta)}-d \quad (5)$$

Shunday qilib, (4) va (5) ifodalar uchta o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘lanish tenglamalari hisoblanadi.

Sistemaga qo‘yilgan bog‘lanishlar geometrik bog‘lanishlardan iborat bo‘lgani uchun sistema uchun Lagranjni ikkinchi tur tenglamalari o‘rinli:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_1}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_1} = Q_1 \quad (6)$$

bunda $q_1=\varphi$ burchak, Q_1 – φ koordinataga mos umumlashgan kuch, N.

Arrali silindr aylanayotganda kolosnikga ta’sir etuvchi kuch uchta asosiy tashkil etuvchidan iborat:

$$F(t) = F_0 + F_r\cdot\sin(\omega\cdot t)+F_s\cdot\sin(z\cdot\omega\cdot t+\varphi_s)+F_n(t) \quad (7)$$

bu yerda F_0 -paxta oqimidan hosil bo‘lgan statik kuch (taxminan 80–120 N); F_r -rotor balanssizligidan kelib chiqqan kuch amplitudasi, $F_r = m_e\cdot e\cdot\omega^2$; F_c-har bir arra tishining kolosnikka urilishidan hosil bo‘ladigan impuls kuchi; z-silindr atrofidagi arralar soni (odatda z=65…88); ω-silindrning burchak tezligi (rad/s); $F_n(t)$-paxta zichligining notekisligidan kelib chiqqan tasodifiy shovqin tashkil etuvchisi.

Tipik ishchi rejimda silindr aylanish chastotasi n=750 ayl/min, ya’ni ω=78,54 rad/s ni tashkil qiladi. Arralar soni z=80 bo‘lganda, arra-kolosnik o‘zaro ta’siridan kelib chiqqan asosiy qo‘zg‘atuvchi chastota quyidagicha aniqlanadi:

$$f_s = \frac{z\cdot n}{60} = \frac{80\cdot 750}{60} = 1000\,Гр \quad (8)$$

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.36

Tenzometrik datchikning chiqish kuchlanishi kolosnikning deformatsiyasiga proporsionaldir. Chiqish signali quyidagicha ifodalanadi

$$U_o(t) = \frac{U_{ex} \cdot K_g}{4} \cdot \varepsilon(t) = \frac{U_{ex} \cdot K_g}{4} \cdot \frac{F(t)}{A \cdot E} \quad (9)$$

bu yerda $U_{эх}$ -qo‘zg‘atuvchi kuchlanish (odatda 5 yoki 10 V); Kg -datchikning sezgirlik koeffitsienti, metall tenzodatchiklar uchun Kg ≈ 2,0…2,2; ε(т)- nisbiy deformatsiya; A- elastik elementning ko‘ndalang kesim yuzasi (m^2); E- material uchun yung moduli (po‘lat uchun E = $2{,}1 \cdot 10^{11}$ Pa).

Datchik chiqishini o‘lchash orqali tirqishning real qiymati bilvosita aniqlanadi:

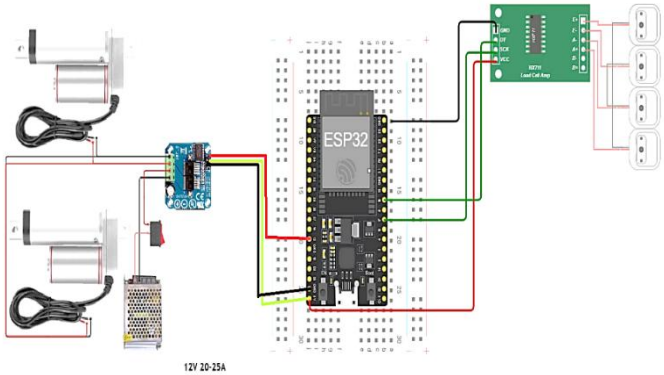
$$h(t) = h_0 - \frac{4 \cdot A \cdot E}{U_{ex} \cdot K_g} \cdot U_0 \quad (10)$$

Aynan shu o‘zaro bog‘liqlik avtomatik nazorat tizimining asosini tashkil etadi: tenzodatchik signali real vaqtda raqamlashtiriladi, va ushbu (10) tenglama yordamida silindr-kolosnik tirqishi har bir o‘qish iterasiyasida hisoblab chiqiladi [3].

Bugungi kunda paxta tozalash korxonalarida foydalanib kelinayotga 5DP-130 rusumli jin mashinalarida tola va chigit sifatiga hamda texnologik jarayonning samaradorligiga salbiy ta’sir etayotgan muammolar mavjud bo‘lib bulardan asosiysi chigitidan ajratib olingan tolani jin mashinasining o‘zida tozalash samaradorligining yetarli darajada emasligidir. Jinlash jarayonidan chiqqan tola keyingi texnologik jarayonga o‘rnatilgan tola tozalash mashinalari yordamida tozalanadi. Lekin bu jarayongacha bo‘lgan davrda nuqson va iflos aralashmalar tola tarkibiga yanada birikib aktiv holatga kelib qoladi. Tolani tozalash jarayoni jin mashinasining o‘zida ya’ni arra tishlaridan tolalarni ajratib olishda arrali silindrning orqa tomoniga kolosnikli panjara o‘rnatish orqali amalga oshiriladi. Arrali silindr va kolosnik orasidagi masofa 1-3 mm oraliqda bo‘lganligi va tolalar oqimining hajmi ham o‘zgarib turganligi sababli tolalar tarkibidan iflos aralashmalarni ajratib olish samaradorligi past. Shuningdek, jin ishchi kamerasiga yuqoridagi PD ta’minlagich yordamida tushuvchi xom ashyo hisobiga arrali silindrda ortiqcha yuklanish yuzaga kelib vibratsiyaga tolani tozalovchi kolosnik bilan oraliq masofasi ham o‘zgarib ketishiga sabab bo‘lmoqda. Buning natijasida tolalarni kolosniklar bilan ta’sirlashuv yuzasini kamayishiga olib kelmoqda.

Ishlab chiqarish sharoitida o‘tkazilgan tahlillar va tajribalar natijasida arrali silindr va kolosnik orasidagi ratsional masofa 1,5 mm ga tengligi aniqlandi. Mana shu oraliqda arrali silindr tishidan tolalarni yechib olish jarayonida arra tishlari chiqayotgan tolalar oqimining hajmidan qat’i nazar kolosniklar yuzasi bo‘ylab sudrab o‘tishi natijasida tozalaydi [4]. Arrali silindrga tushuvchi yuklanish va vibratsiya hisobiga arrali silindr va kolosnik panjara orasidagi masofani doimiy ravishda bir xil masofada bo‘lishini nazorat qilish maqsadida avtomatik tizim ishlab chiqildi (2 rasm). Arrali silindr bilan kolosnikli panjara orasidagi masofani doimiy ravishda bir xilligini nazorat qiluvchi avtomatik tizim sxemasi

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.36



2- rasm. Arrali silindr bilan kolosnikli panjara orasidagi masofani doimiy ravishda bir xilligini nazorat qiluvchi avtomatik tizim sxemasi

Zamonaviy paxtani dastlabki ishlash sanoatida samaradorlikni oshirish va tolani yuqori sifatda ajratib olish jarayonini avtomatlashtirish dolzarb masalalardan biridir. Ishlab chiqilgan ESP 32 mikrokontrolleri asosida boshqariladigan, tenzodatchik va liniyaviy aktuatorlar yordamida avtomatik sozlanadigan tizim arrali silindr valiga tushayotgan yuk va vibratsiya oshganda arrali silindr va kolosnik orasidagi masofani saqlashga erishiladi .

Xulosa. Mazkur tadqiqotda arrali jin kolosnikli panjarasini aktuator yordamida avtomatik boshqarishning dinamik modeli ishlab chiqildi hamda tizimning matematik asoslari nazariy jihatdan tahlil qilindi. Mexanik tizimning geometrik bog‘lanishlari va harakat qonuniyatlari asosida Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari yordamida kolosnik panjarasining harakat tenglamasi hosil qilindi. Shuningdek, tenzometrik datchik yordamida arrali silindr korpusida hosil bo‘ladigan elastik deformatsiyalarni aniqlash va ular asosida aktuatorni boshqarish algoritmining matematik modeli ishlab chiqildi.

Nazariy hisoblashlar natijasida tizimning xususiy tebranish chastotasi ishchi chastotalardan xavfsiz masofada joylashgani, natijada rezonans hodisasi yuzaga kelmasligi aniqlandi. Parametrik tahlillar kolosnik panjarasining ishchi tirqishini 1,5±0,15 mm oralig‘ida barqaror saqlash mumkinligini ko‘rsatdi. Bu esa arrali silindr va kolosnik panjarasi orasidagi ortiqcha mexanik ta'sirni kamaytirib, tola shikastlanishining oldini olish, tozalash samaradorligini oshirish hamda jinning barqaror ishlashini ta'minlash imkonini beradi[5].

Ishlab chiqilgan matematik model va dinamik tahlil natijalari kelgusida arrali jin mashinalarining avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini loyihalash, kolosnik panjarasi konstruksiyasini takomillashtirish hamda paxta tolasi sifatini yaxshilashga qaratilgan ilmiy-amaliy tadqiqotlarda foydalanish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirzaumidov A.M. Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi.Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. 368 b.

2. Umarov A.A. Paxta tozalash mashinalari va ularning ish jarayonlari. Toshkent: O‘qituvchi, 2020. 286 b.

3. Rajabboyev S.R. Paxtani dastlabki ishlash mashinalari. Toshkent: Tafakkur, 2021.254 b.

4. Ahmedov A.,Ismoilov B. Arrali jin ishchi organlarining texnologik ko‘rsatkichlarini takomillashtirish//Namangan muhandislik-texnologiya instituti axborotnomasi**.** 2023.№4.B. 42–48.

5. Aliyev O.O., Rajabboyev S.R. Arrali jinda kolosnik panjarasi parametrlarining tola sifatiga ta'siri // Texnika fanlari axborotnomasi**.** 2024.№2.B. 67–74.