



Ikki chetidan qayishqoq tayanchga o'rnatilgan kolosnikning tebranish dinamikasi: matematik model va uzatish funksiyasi

Djurayev Anvar

Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti
"Mexanika muhandisligi" kafedrası professori, t.f.d.

Abdusalomov Mavlonbek Bobir o'g'li

Namangan davlat texnika universiteti

Tayanch doktoranti

mavlonbekabdusalomov3110@gmail.com

ANNOTATSIYA

Maqolada paxta xomashyosini yirik iflosliklardan tozalash jarayonida qo'llaniladigan kolosnikli panjaraning ikki chetidan qayishqoq tayanchga mahkamlangan sterjen ko'rinishidagi tebranish tizimi ko'rib chiqilgan. Tizimning dinamik xossalarini yagona analitik shaklda ifodalash maqsadida bir erkinlik darajali chiziqli tebranish modeli tuzilgan va unga mos uzatish funksiyasi keltirib chiqarilgan. Model parametrlari - kolosnik massasi, tayanchlarning bikrlilik va dempfirlash koeffitsiyentlari - avvalgi nazariy va tajribaviy tadqiqotlari natijalariga tayanib asoslangan. Olingan uzatish funksiyasi asosida tizimning xususiy tebranish chastotasi, o'tish jarayoni va chastota xarakteristikasi MATLAB muhitida tahlil qilingan, natijalar arrali barabanning ishchi chastota diapazoni bilan taqqoslangan. Tadqiqot natijalari kolosnikli panjara konstruksiyasini loyihalash bosqichida rezonans holatlarini oldindan bashorat qilish va tayanch parametrlarini asoslash imkonini beradi.

Kalit so'zlar:

kolosnik, qayishqoq tayanch, tebranish tizimi, uzatish funksiyasi, bikrlilik koeffitsiyenti, dempfirlash, xususiy chastota, MATLAB.

Динамика колебаний колосника, установленного на упругие опоры с двух концов: математическая модель и передаточная функция

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена колебательная система в виде стержня, установленного с двух концов на упругие опоры, применяемая в колосниковой решетке секции очистки хлопка-сырца от крупного сора. С целью описания динамических свойств системы в единой аналитической форме разработана одномассовая линейная колебательная модель и выведена соответствующая передаточная функция. Параметры модели — масса колосника, коэффициенты жесткости и демпфирования опор — обоснованы на основе результатов предыдущих теоретических и экспериментальных исследований. На основе полученной передаточной функции в среде MATLAB проанализированы собственная частота колебаний, переходный процесс и частотные характеристики системы, а результаты сопоставлены с рабочим диапазоном частот пильчатого барабана. Результаты исследования позволяют прогнозировать

Ключевые слова:

колосник, упругая опора, колебательная система, передаточная функция, коэффициент жесткости, демпфирование, собственная частота, MATLAB.



резонансные явления и обосновывать параметры опор на этапе проектирования конструкции колосниковой решетки.

Vibration dynamics of a grate bar mounted on elastic supports at both ends: mathematical model and transfer function

ABSTRACT

The paper examines the vibration system of a grate bar of a cotton large-trash cleaner, mounted on elastic supports at both ends. To describe the dynamic behaviour of the system in a unified analytical form, a single-degree-of-freedom linear vibration model is developed, and the corresponding transfer function is derived. The model parameters — the mass of the grate bar and the stiffness and damping coefficients of the supports — are justified on the basis of the authors' earlier theoretical and experimental findings. Using the obtained transfer function, the natural frequency, transient response and frequency response of the system are analysed in MATLAB and compared with the operating speed range of the saw cylinder. The results allow resonance conditions to be predicted at the design stage of the grate-bar assembly and provide a basis for selecting rational support parameters.

Key words:

grate bar, elastic support, vibration system, transfer function, stiffness coefficient, damping, natural frequency, MATLAB.

KIRISH

Paxta xomashyosini dastlabki qayta ishlash zanjirida yirik iflosliklardan tozalash bosqichi tola sifatini va chigitning mexanik butunligini saqlashda hal qiluvchi o'rin tutadi. Ushbu bosqichda qo'llaniladigan kolosnikli panjaralar arrali barabanning tishlariga ilashgan paxta bo'lagini yo'l-yo'lakay urib, undagi chanoq, barg va boshqa yot zarrachalarni ajratib olishga xizmat qiladi. Amaliyot shuni ko'rsatadiki, kolosnikning qattiq, harakatsiz o'rnatilishi tozalash samarasini cheklaydi, chunki bunda paxta bo'lagi bilan ishchi sirt orasidagi o'zaro ta'sir bir xil, monoton xarakterga ega bo'lib qoladi [1, 2].

Shu sababdan so'nggi yillarda kolosniklarni qayishqoq — rezinali yoki elastomer — vtulkalarga o'rnatish orqali ularga qo'shimcha tebranma harakat berish g'oyasi keng o'rganilmoqda [3–5]. Bunday yechimda kolosnik paxta bo'lagi bilan to'qnashuv paytida statik emas, balki dinamik ravishda siljiydi, natijada urilish kuchi va yo'nalishi vaqt bo'yicha o'zgaruvchan bo'lib, chuqur joylashgan ifloslik zarrachalarining ham ajralib chiqishiga sharoit yaratiladi. Bir qancha ishlarda [4, 6, 7] bunday qayishqoq tayanchli kolosniklarning vertikal va og'ma tebranishlari differensial tenglamalar tizimi asosida sonli usulda o'rganilgan, tebranish qamrovi (Δy), tayanch bikrligi (c) va kolosnik massasi (m) o'rtasidagi bog'lanish grafiklar ko'rinishida keltirilgan.

Shunga qaramay, mavjud tadqiqotlarda tizimning umumlashgan dinamik ta'rifi — ya'ni Laplas almashtirishi asosidagi uzatish funksiyasi — alohida chiqarib berilmagan. Aynan uzatish funksiyasi shakli tizimni bir butun sifatida, tashqi ta'sirdan chiqishga (siljishga) qadar bo'lgan bog'lanishni ixcham analitik ifoda bilan tavsiflaydi va bu, o'z navbatida, konstruksiyani MATLAB/Simulink kabi muhitlarda tezkor tahlil qilish, chastota va o'tish xarakteristikalarini bir necha buyruq bilan olish imkonini beradi. Bunday yondashuv ayniqsa loyihalash bosqichida — tayanch bikrligi yoki kolosnik massasi o'zgarganda tizim javobi qanday o'zgarishini tezda baholash zarur bo'lgan holatlarda — amaliy ahamiyat kasb etadi.

Ushbu ishning maqsadi — ikki chetidan bir xil qayishqoq tayanchga mahkamlangan kolosnik sterjenining tebranish harakatini bir erkinlik darajali chiziqli dinamik model ko'rinishida ifodalash, unga mos uzatish funksiyasini keltirib chiqarish hamda uning parametrlarini oldingi nazariy va tajribaviy natijalarga tayangan holda asoslashdan iborat. Qo'yilgan vazifalar quyidagilardan iborat:



1) tizimning fizik-matematik modelini tuzish; 2) Laplas almashtirishi orqali uzatish funksiyasini olish; 3) model parametrlarini avvalgi tadqiqot natijalari bilan bog'lash; 4) MATLAB muhitida tizimning dinamik xarakteristikalarini hisoblash va ularni texnologik jarayon parametrlari (arrali baraban aylanish chastotasi) bilan taqqoslash.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot ob'ekti sifatida ikkala uchi bir xil qayishqoq tayanchlarga mahkamlangan silindrsimon kolosnik sterjeni olindi. Modelni soddalashtirish uchun quyidagi farazlar qabul qilindi: a) kolosnik massasi m bo'lgan absolyut qattiq jism sifatida qaraladi, ya'ni uning egilish deformatsiyasi hisobga olinmaydi; b) har ikkala tayanch bir xil chiziqli elastik-dissipativ (Kelvin–Foygt) xarakteristikaga, ya'ni c bikrlilik va b dempfirlash koefitsiyentlariga ega; v) kolosnikka texnologik yuklanish sifatida ta'sir etuvchi paxta bo'lagining zarbali kuchi $F(t)$ vaqt bo'yicha o'zgaruvchi tashqi ta'sir sifatida qabul qilinadi; g) tizim faqat bitta — kolosnikning tayanchlarga perpendikulyar yo'nalishdagi — siljishi bo'yicha ko'rib chiqiladi.

So'nggi faraz (g) haqida alohida to'xtalish lozim: haqiqiy konstruksiyada kolosnik bir vaqtning o'zida ham vertikal siljishi, ham burilish (og'ma tebranish) harakatini bajarishi mumkin, bu holat [4] muallifning avvalgi ishlarida ikki erkinlik darajali model orqali o'rganilgan edi. Ushbu maqolada esa maqsadli ravishda soddalashtirilgan, bitta erkinlik darajali model tanlandi, chunki u tizimning asosiy dinamik xossalarini (xususiy chastota, dempfirlash rejimi) yetarlicha aniqlikda tavsiflaydi va uni uzatish funksiyasi ko'rinishida ifodalashga qulaylik yaratadi. To'liq ikki erkinlik darajali model asosidagi uzatish funksiyalari tizimi keyingi tadqiqotlar mavzusi sifatida belgilandi.

Harakat tenglamasi va uzatish funksiyasini keltirib chiqarish

Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq, kolosnikning muvozanat holatidan chetlanishi $y(t)$ uchun harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$F(t) = m\ddot{y}(t) + 2b\dot{y}(t) + 2cy(t) \quad (1)$$

bu yerda m — kolosnik massasi, kg; c va b — mos ravishda bitta tayanchning bikrlilik (N/m) va dempfirlash (N·s/m) koefitsiyentlari; koefitsiyentlar oldidagi ikkilik ko'paytuvchi ikkala tayanchning bir vaqtda, parallel ishlashini ifodalaydi. (1) tenglamaga nolinchi boshlang'ich shartlarda ($y(0)=0$, $\dot{y}(0)=0$) Laplas almashtirishini qo'llab, quyidagini olamiz:

$$(s) = ms^2Y(s) + 2bsY(s) + 2cY(s) \quad (2)$$

Bundan tizimning uzatish funksiyasi, ya'ni kirish (kuch) bilan chiqish (siljish) o'rtasidagi Laplas tasviridagi nisbat quyidagicha topiladi:

$$G_k(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + 2bs + 2c} \quad (3)$$

(3) ifoda ikkinchi tartibli aperiodik yoki tebranma bo'g'in ko'rinishiga ega bo'lib, uning dinamik xossalari klassik shaklga keltirilganda quyidagi ikkita mustaqil parametr orqali to'liq tavsiflanadi:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{2c}{m}}, \quad \zeta = \frac{b}{\sqrt{2cm}} \quad (4)$$

bu yerda ω_n — tizimning burchak xususiy chastotasi, rad/s (unga mos $f_n = \omega_n/2\pi$, Hz); ζ — nisbiy dempfirlash koefitsiyenti. $\zeta < 1$ bo'lgan holatda tizim tebranma (kam so'nuvchi) xarakterga, $\zeta \geq 1$ bo'lganda esa aperiodik (tebranmasdan so'nuvchi) xarakterga ega bo'ladi.

Model parametrlarini asoslash

Model parametrlarini haqiqiy qiymatlar bilan to'ldirish uchun muallifning avvalgi nazariy va tajribaviy tadqiqot natijalaridan foydalanildi. Xususan, qayishqoq tayanchli kolosnikning tebranish qamrovini $\Delta y = (2,0-2,5) \cdot 10^{-3}$ m chegarasida ta'minlash sharti asosida tayanchlar bikrlilik koefitsiyenti $c = (0,9-1,5) \cdot 10^4$ N/m oralig'ida, kolosnik massasi esa $m = (3-3,3)$ kg oralig'ida tavsiya etilgan edi [6, 8]. Texnologik qarshilik kuchi, ya'ni kolosnikka ta'sir etuvchi qo'zg'atuvchi kuchning o'rtacha qiymati $F = (24-28)$ N oralig'ida ekanligi ko'rsatilgan [6]. Dempfirlash koefitsiyenti $b=11,6$ Ns/m tayanch materialining (elastomer vtulka) dissipativ xususiyatlariga bog'liq bo'lib, uning qiymati nisbiy dempfirlash koefitsiyenti $\zeta=0,05$ orqali belgilandi.



Shu bilan birga, kolosnikni absolyut bikr jism sifatida qabul qilish farazining haqiqiyligini tekshirish maqsadida sterjenning o'z egilish bikrligi va birinchi xususiy egilish chastotasi (f_1) alohida baholandi. Kolosnikni absolyut bikr jism deb qabul qilish asosli hisoblanadi; aks holda modelga sterjenning egilish moda(lari)ni qo'shimcha kiritish zarurati tug'iladi.

Hisoblash vositalari

Olingan (3) uzatish funksiyasi asosida tizimning o'tish jarayoni (step), amplituda-chastota va faza-chastota xarakteristikalarini (Bode diagrammasi), hamda ko'tarilgan yoki pasaytirilgan tayanch bikrligi va kolosnik massasi kombinatsiyalari uchun xususiy chastotaning o'zgarish grafiklari MATLAB dasturiy muhitining Control System Toolbox paketi (tf, step, bode, pzmap funksiyalari) yordamida hisoblab chiqildi. Hisoblash natijalari keyingi bo'limda keltirilgan.

NATIJARLAR

Yuqorida keltirilgan (3) va (4) ifodalarga tadqiqot metodologiyasi bo'limida asoslangan sonli qiymatlar qo'yilib, kolosnikning tebranish tizimini tavsiflovchi uzatish funksiyasining aniq ko'rinishi olindi:

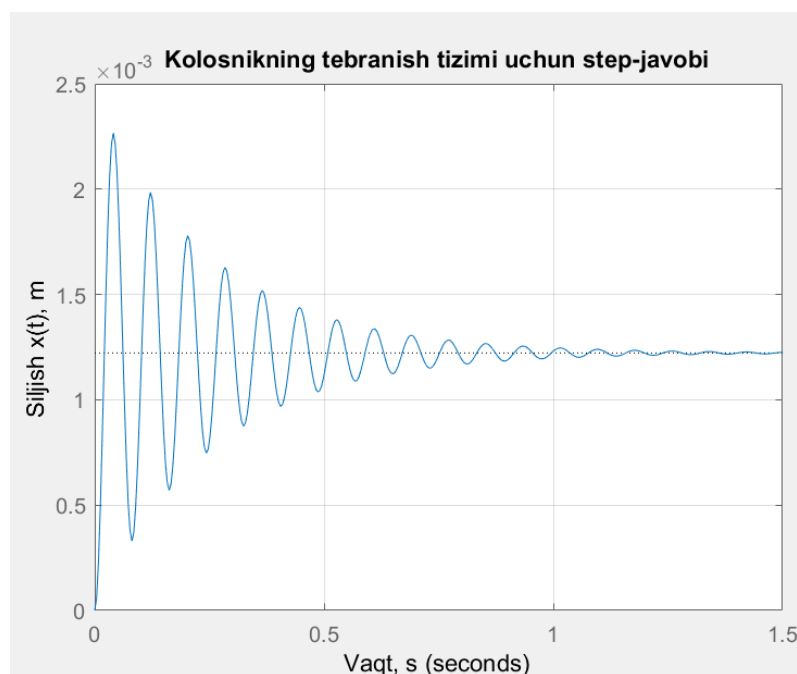
$$G_k(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{1}{3s^2 + 2 \cdot 0,05s + 2 \cdot 0,9 \cdot 10^4} \quad (5)$$

Model parametrlari va ulardan hisoblangan dinamik ko'rsatkichlarning umumlashtirilgan qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

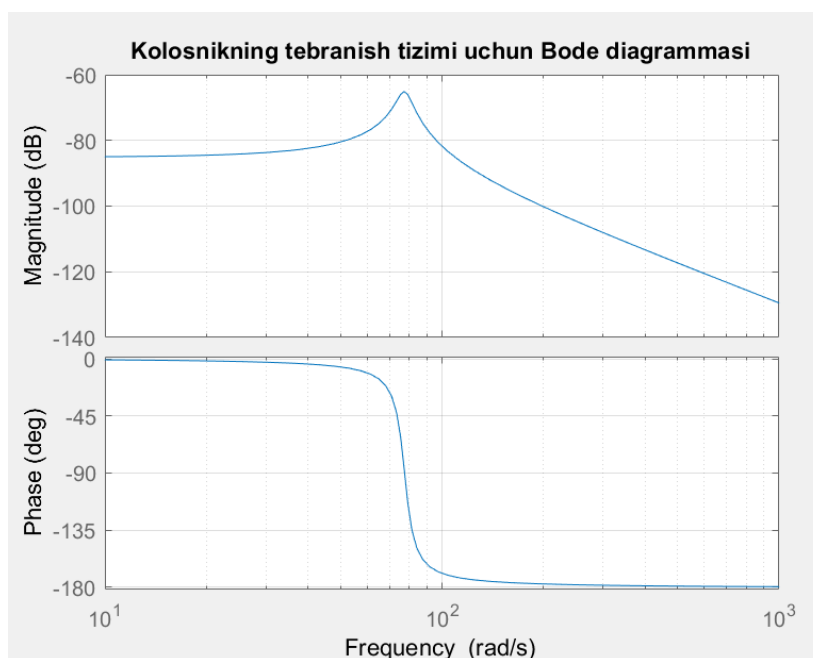
Tizim parametrlarining sonli qiymatlari va ulardan hisoblangan dinamik ko'rsatkichlar

Parametr	Belgilanishi	Qiymati	O'lchov birligi
Kolosnik massasi	m	3	kg
Tayanch bikrlilik koeffitsiyenti	c	$0,9 \cdot 10^4$	N/m
Dempirlash koeffitsiyenti	b	11,6	N·s/m
Xususiy tebranish chastotasi	f_n	12,3	Hz
Nisbiy dempirlash koeffitsiyenti	ζ	0,05	—



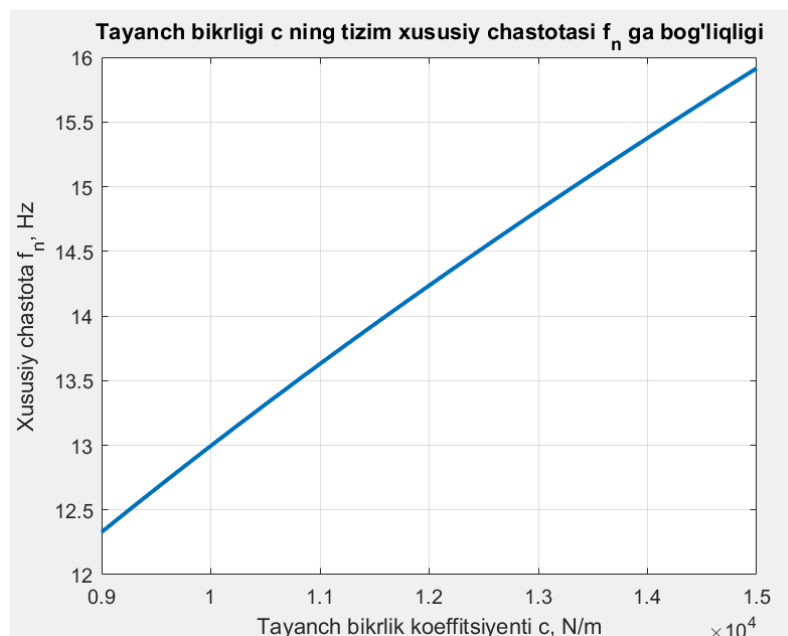
1-rasm. Kolosnikning tebranish tizimi uchun o'tish jarayoni.

Olingan step-javobi grafigi tahliliga ko'ra (1-rasm), tizim nisbiy dempirlash koeffitsiyenti $\zeta = 0,05$ bo'lgani sababli yaqqol tebranma xarakterga ega bo'lib, muvozanat holatiga ($1,22 \times 10^{-3}$ m) taxminan 1,2–1,3 s ichida o'tadi. Ortiqcha oshib ketish (overshoot) miqdori esa taxminan 86% ni ($2,27 \times 10^{-3}$ m pik qiymat) tashkil etadi.



2-rasm. Kolosnikning tebranish tizimi uchun amplituda-chastota va faza-chastota xarakteristikalarini (Bode diagrammasi).

Bode diagrammasidan ko‘rinib turibdiki (2-rasm), amplituda-chastota xarakteristikasining kritik nuqtasi (rezonans chastotasi) $\omega_n \approx 77$ rad/s bo‘lib, bu $f_n \approx 12,3$ Hz atrofida joylashgan. Ushbu qiymat tayanch bikrligi c ning o‘rganilgan diapazonida ($0,9 \times 10^4$ – $1,5 \times 10^4$ N/m) 12,3 Hz dan 15,9 Hz gacha chiziqli ravishda o‘zgaradi (3-rasm).



3-rasm. Tayanch bikrligi c ning tizim xususiy chastotasi f_n ga bog‘liqligi.

Olingan xususiy chastota diapazonini texnologik jarayon parametrlari bilan taqqoslash muhim ahamiyatga ega. Avvalgi tadqiqotlarda [7, 9] ko‘rsatilishicha, arrali barabanning ishchi aylanish chastotasi $n = 260$ – 320 ayl/min (ya‘ni $\approx 4,3$ – $5,3$ Hz) oralig‘ida qayd etilgan. Hisoblangan $f_n = 12,3$ – $15,9$ Hz qiymati barabanning asosiy aylanish chastotasidan sezilarli darajada (2,5–3 marta) yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Bu esa barabanning asosiy aylanish chastotasida rezonans xavfi



mavjud emasligini anglatsa-da, uning 2- va 3-garmonika chastotalari bilan ustma-ust tushmasligi uchun tayanch bikrligini oshirish ($c \approx 1,5 \times 10^4$ N/m) maqsadga muvofiqqligini ko'rsatadi.

Sterjenning o'z egilish bikrligi bo'yicha o'tkazilgan qo'shimcha baholash natijalari $f_1 \approx 200$ Hz ni tashkil etib, bu tayanch tizimining xususiy chastotasi f_n (12,3–15,9 Hz) dan taxminan 13–16 marta yuqori ekanligini ko'rsatadi. Demak, kolosnikni absolyut bikr jism sifatida qabul qilish farazi to'liq asosli degan xulosaga kelish mumkin.

MUHOKAMA

Ishda olingan asosiy natija — kolosnikning ikki chetidan qayishqoq tayanchga o'rnatilgan tebranish tizimini ikkinchi tartibli uzatish funksiyasi (3) ko'rinishida ifodalash imkoniyatidir. Bu natija avvalgi tadqiqotlarda [4, 6, 8] sonli integrallash yo'li bilan olingan alohida-alohida bog'lanish grafiklarini (Δy — c, Δy — m_k va h.k.) yagona analitik model doirasida umumlashtirishga xizmat qiladi. Amaliy nuqtai nazardan bunday umumlashtirish muhim ahamiyatga ega: konstruktor tayanch bikrligi yoki kolosnik massasini o'zgartirganda tizim javobini differensial tenglamani qayta yechmasdan, faqat uzatish funksiyasi koeffitsiyentlarini yangilash orqali baholay oladi, bu esa MATLAB kabi muhitlarda loyihalash jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi.

Olingan natijalarning texnologik ahamiyati shundaki, tizimning xususiy chastotasi arrali barabanning ishchi aylanish chastotasidan yetarlicha uzoqda joylashgan taqdirdagina rezonans hodisasi yuzaga kelmaydi va kolosnikning tebranishi barqaror, bashorat qilinadigan xarakterga ega bo'ladi. Aks holda, ya'ni f_n qiymati baraban chastotasiga yoki uning garmonikalariga yaqinlashganda, tebranish amplitudasining nazoratsiz o'sishi kutilishi mumkin, bu esa nafaqat tozalash samaradorligiga, balki chigitning mexanik shikastlanish darajasiga ham salbiy ta'sir ko'rsatishi ehtimoldan holi emas. Shu sababli, tayanch bikrligini tanlashda faqat tebranish qamrovi (Δy) mezoni bilan emas, balki xususiy chastotaning texnologik chastota diapazonidan uzoqligi mezoni bilan ham yondashish maqsadga muvofiqdir.

Ishlab chiqilgan model bir qator cheklovlarga ega, ular kelgusi tadqiqotlar yo'nalishini belgilaydi. Birinchidan, model bir erkinlik darajasi bilan chegaralangan bo'lib, kolosnikning burilish (og'ma tebranish) harakati alohida hisobga olinmagan; bu komponent avvalgi ishlarda [4] qisman o'rganilgan bo'lsada, uni uzatish funksiyalari tizimi (ko'p kirish–ko'p chiqish modeli) ko'rinishida umumlashtirish alohida tadqiqot talab etadi. Ikkinchidan, kolosnik absolyut bikr jism deb qabul qilingan; agar sterjenning o'z egilish chastotasi tayanch tizimi chastotasiga yaqin bo'lsa (bu holat yuqorida ko'rsatilgan baholash orqali tekshirilishi shart), modelga qo'shimcha egilish darajasini kiritish zarur bo'ladi. Uchinchidan, paxta bo'lagi bilan kolosnik orasidagi kontakt kuchi $F(t)$ ushbu ishda tashqi, oldindan berilgan ta'sir sifatida qaralgan, holbuki haqiqatda bu kuch kolosnikning joriy holatiga (siljishiga) bog'liq bo'lgan nochiziqli xarakterga ega bo'lishi mumkin. Nihoyat, tayanch materialining dempfirlash xususiyati chiziqli (Kelvin–Foygt) deb qabul qilindi, real elastomer materiallar uchun bu taxmin faqat ma'lum deformatsiya diapazonida amal qiladi.

Sanab o'tilgan cheklovlarga qaramay, taklif etilgan model amaliy loyihalash bosqichida tezkor baholash vositasi sifatida o'z qiymatini saqlab qoladi, chunki u tayanch parametrlarini tanlashning boshlang'ich, taxminiy bosqichida ko'p sonli eksperimentlar o'rniga bir necha analitik ifoda bilan cheklanish imkonini beradi. Keyingi tadqiqotlarni ikki yo'nalishda davom ettirish maqsadga muvofiq: birinchisi — modelni ikki erkinlik darajaga (siljish va burilish) kengaytirib, mos uzatish funksiyalari matritsasini olish; ikkinchisi — paxta bo'lagi bilan kontaktning nochiziqli xususiyatini Simulink muhitida sonli modellashirish orqali hisobga olish.

XULOSA

Kolosnikning ikki chetidan bir xil qayishqoq tayanchga mahkamlangan tebranish tizimi bir erkinlik darajali chiziqli dinamik model asosida tavsiflandi, unga mos uzatish funksiyasi keltirib chiqarildi.. Model parametrlari — kolosnik massasi, tayanch bikrligi va texnologik qarshilik kuchi — avvalgi nazariy va tajribaviy tadqiqotlar natijalariga tayangan holda asoslandi. MATLAB muhitida o'tkazilgan hisoblashlar tizimning xususiy chastotasi, o'tish jarayoni va chastota xarakteristikalarini aniqlash, hamda ularni arrali barabanning ishchi chastota diapazoni bilan taqqoslash imkonini berdi. Kolosnikni absolyut bikr jism sifatida qabul qilish farazining asoslilikligi



sterjenning o'z egilish chastotasini baholash orqali tekshirildi; bu tekshiruv kelgusida konstruksiya o'lchamlarini tanlashda qo'shimcha mezon sifatida tavsiya etiladi. Taklif etilgan uzatish funksiyasi asosidagi yondashuv kolosnikli panjara konstruksiyasini loyihalash jarayonida tayanch parametrlarini tezkor asoslash va rezonans holatlarining oldini olish uchun amaliy vosita bo'lib xizmat qilishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Muxammadiyev U.Sh. Metall va energiya sarfini kamaytirishda UXK agregatini yirik iflosliklardan tozalash seksiyasini takomillashtirish: tex. fan. bo'yicha falsafa doktori (PhD) diss. avtoref. – Toshkent, 2024. – 47 b.
2. Berdimuratov U.T. Paxtani mayda va yirik iflosliklardan tozalagich ishchi organlarini konstruksiyasini takomillashtirib, parametrlarini asoslashning ilmiy asoslari: tex. fan. doktori (DSc) diss. – Termiz, 2026.
3. Djuraev A., Sayitqulov S., Qurbonov F., Berdimurodov U., Xolmirzaev J. Paxta bo'lagini ko'p qirrali kolosnik og'ma tekis sirti bilan ta'sirlashishini nazariy tadqiqotlari natijalari // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. – 2022. – №3. – B. 236–240.
4. Xolmirzaev J. Paxtani yirik iflosliklardan tozalagich qayishqoq tayanchli kolosniklarining tebranish dinamikasi bo'yicha tadqiqotlar: PhD diss. – Toshkent, 2026.
5. Sayitqulov S.O. Paxta tozalash mashinalarida ishchi organlarning takomillashtirilgan konstruksiyalari: monografiya. – Buxoro, 2023.
6. Jo'raev A., Sayitqulov S.O. Tadqiqotlar improvizatsiya bo'yicha ishchi organlarni paxtani chiqindidan tozalash mashinasida // EPRA International Journal of Research and Development. – 2021. – Vol. 6, №3. – P. 1–6.
7. Kuliev T.M., Muxammadiyev U.SH. Natijalari tadqiqotlarini UXK agregatini yirik ifloslikdan tozalash seksiyasining metall-resurstejamkor konstruksiyasini ishlab chiqish bo'yicha // Agro ilm. – Toshkent, 2023. – №3. – B. 63–64.
8. Jo'raev A. Paxta tozalash mashinalarining ish mexanizmlari dinamikasi. – Toshkent: Fan, 1987. – 168 b.
9. Raxmonov X.Q., Jumanioyov Q.J., Nurboev R.X., Qodirov E.S. Separatorning to'rli yuzasidan paxtani ajratib olish jarayonida sodir bo'ladigan muammolarni nazariy o'rganish // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. – 2022. – №3. – B. 315–321.
10. Zikriyoyeva E.Z. Paxta xomashyosini birlamchi qayta ishlash: qo'llanma. – Toshkent: Mexnat, 1999. – B. 84–86.
11. Willcutt M.N., Hughs S.E., Mangialardi G.J. et al. Foreign matter reduction during seed-cotton cleaning: a review of design principles // Applied Engineering in Agriculture. – ASABE. – 2018.