Conference on Social Sciences and Humanities Research (CSSHR)
volume. 3 № 7
CSSHR
EYIB
EDUCATIONAL YIELD INSIGHTS & BREAKTHROUGHS
ISSN: 3060-4648

VIBRATSION KONVEYER DINAMIK PARAMETRLARINI KO‘P MEZONLI OPTIMALLASHTIRISH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH

Muxammad Solix Turg’unov

Annotatsiya. Ushbu maqolada vibratsion konveyerlarning dinamik parametrlarini ko‘p mezonli optimallashtirish algoritmini ishlab chiqish masalasi ko‘rib chiqilgan. Vibratsion konveyer ish samaradorligi tebranish amplitudasi, chastotasi, tebranish trayektoriyasining yo‘nalishi, ishchi organning massasi, elastik tayanchlarning bikrligi, so‘ndirish koeffitsiyenti va tashilayotgan materialning fizik-mexanik xususiyatlariga bog‘liq. Mazkur parametrlarni alohida-alohida tanlash ko‘pincha unumdorlikning ortishi bilan energiya sarfi, dinamik yuklanishlar va konstruktiv elementlarning charchashga chidamliligi o‘rtasida ziddiyatlarni keltirib chiqaradi. Shu sababli tadqiqotda konveyerning unumdorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish, tebranish amplitudasini belgilangan chegaralarda saqlash va mexanik tizimdagi dinamik yuklanishlarni pasaytirishga yo‘naltirilgan ko‘p mezonli optimallashtirish yondashuvi taklif etiladi. Tadqiqot metodologiyasi vibratsion tizimning matematik modelini shakllantirish, boshqariladigan parametrlarni belgilash, maqsad funksiyalarini normallashtirish, cheklovlarni hisobga olish va Pareto-optimal yechimlar to‘plamini aniqlash bosqichlarini qamrab oladi. Taklif etilayotgan algoritmda dastlabki parametrlar diapazoni aniqlanadi, ruxsat etilgan yechimlar fazosi shakllantiriladi, nomzod yechimlar baholanadi va o‘zaro ustun bo‘lmagan yechimlar asosida maqbul parametrlar majmuasi tanlanadi. Algoritmning amaliy ahamiyati shundan iboratki, u vibratsion konveyerlarni loyihalash va sozlashda faqat bitta ko‘rsatkichni emas, balki unumdorlik, energiya samaradorligi, dinamik barqarorlik va konstruktiv ishonchlilikni birgalikda hisobga olish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: vibratsion konveyer, dinamik parametrlar, ko‘p mezonli optimallashtirish, matematik modellashtirish, tebranish amplitudasi, tebranish chastotasi, energiya sarfi, Pareto-optimal yechim, dinamik yuklanish, algoritm.

KIRISH

Sanoat korxonalarida sochiluvchan, donador va ayrim texnologik materiallarni uzatish, saralash, dozalashtirish hamda texnologik jarayonlar o‘rtasida taqsimlash uchun vibratsion konveyerlardan keng foydalaniladi. Bunday qurilmalarning asosiy afzalligi materialni nisbatan sodda konstruksiya yordamida uzatish, ishchi organning tebranishi orqali material qatlamini harakatlantirish va ayrim hollarda tashish jarayonini boshqa texnologik operatsiyalar bilan birlashtirish imkoniyatidan iborat.

Shu bilan birga, vibratsion konveyerning samaradorligi uning konstruktiv tuzilishi, qo‘zg‘atish mexanizmi, elastik tayanchlari, tashilayotgan materialning xususiyatlari va ish rejimiga bog‘liq bo‘lgan murakkab dinamik jarayonlar bilan belgilanadi. Ishchi organning amplitudasi va chastotasi material zarrachalarining trayektoriyasiga, konveyer bo‘ylab siljish tezligiga, tashish unumdorligiga va qurilmaning energiya talabiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Amplituda yoki chastotaning ortishi ayrim ish rejimlarida unumdorlikni oshirishi mumkin, biroq bunday o‘zgarishlar inertsiya kuchlarining ko‘payishi, tayanchlarda ortiqcha yuklanish, konstruktiv elementlarda charchash jarayonlarining tezlashishi va energiya sarfining ortishi bilan birga kechishi ehtimoli mavjud. Aksincha, tebranish parametrlarini haddan tashqari kamaytirish materialning yetarli tezlikda siljimasligiga, ishchi organda to‘planib qolishiga va texnologik jarayonning beqarorlashishiga olib kelishi mumkin. Demak, vibratsion konveyer parametrlarini tanlash masalasi bitta ko‘rsatkichning ekstremumini topish bilan cheklanmaydi, balki o‘zaro bog‘langan bir nechta mezonlarni muvofiqlashtirishni talab qiladi. Zamonaviy mashinasozlikda ushbu masalani hal etish uchun matematik modellashtirish, tajriba natijalariga asoslangan regressiya tenglamalari, sonli optimallashtirish usullari va ko‘p mezonli qaror qabul qilish yondashuvlaridan foydalaniladi. Ko‘p mezonli optimallashtirishning muhim jihati shundaki, u bir mezon bo‘yicha olingan yutuqning boshqa mezonlarga ta’sirini ochib beradi hamda muhandisga bir-biridan farq qiluvchi muqobil yechimlarni taqqoslash imkonini yaratadi. Masalan, eng yuqori unumdorlikka ega ish rejimi energiya sarfi yoki dinamik yuklanish bo‘yicha eng maqbul rejim bo‘lmasligi mumkin. Shuning uchun tadqiqotning asosiy maqsadi vibratsion konveyer dinamik parametrlarini birgalikda baholash va optimallashtirishga mo‘ljallangan algoritmni ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun tebranish amplitudasi, chastotasi, elastik tayanchlar bikrligi va so‘ndirish koeffitsiyenti kabi boshqariladigan parametrlar tizimi shakllantiriladi, konveyerning dinamik holatini ifodalovchi matematik munosabatlar aniqlanadi, unumdorlik, energiya sarfi va dinamik yuklanish mezonlari belgilanadi hamda cheklovlarni hisobga oluvchi optimallashtirish ketma-ketligi taklif qilinadi. Tadqiqotning ilmiy-amaliy ahamiyati vibratsion konveyer parametrlarini alohida ko‘rsatkichlar bo‘yicha emas, balki texnologik samaradorlik va mexanik ishonchlilikni birgalikda hisobga olgan holda tanlashga metodik asos yaratish bilan belgilanadi.

2. MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot metodologiyasining dastlabki bosqichida vibratsion konveyer mexanik tizim sifatida qaraladi va uning dinamik holatini ifodalovchi umumlashtirilgan matematik model shakllantiriladi. Soddalashtirilgan bir erkinlik darajali modelda ishchi organning harakati quyidagi differensial tenglama bilan ifodalanishi mumkin: (m\ddot{x}+c\dot{x}+kx=F_0\sin(\omega t)). Bu yerda (m) — ishchi organ va unga bog‘liq harakatlanuvchi qismlarning keltirilgan massasi, (c) — ekvivalent so‘ndirish koeffitsiyenti, (k) — elastik tayanchlarning ekvivalent bikrligi, (x) — ishchi organning muvozanat holatiga nisbatan siljishi, (F_0) — qo‘zg‘atuvchi kuch amplitudasi, (\omega=2\pi f) — burchak chastotasi, (f) esa tebranish chastotasidir. Mazkur tenglama tizimning dastlabki dinamik tahlili uchun qulay bo‘lib, haqiqiy konveyerda uchraydigan ko‘p erkinlik darajali harakat, material bilan o‘zaro ta’sir, tayanchlarning nochiziqli xususiyatlari, ishqalanish va zarbali kontakt hodisalarini to‘liq qamrab olmaydi. Shuning uchun amaliy tadqiqotda modelning murakkabligi konveyer

konstruksiyasi va mavjud eksperimental ma’lumotlar bilan muvofiqlashtirilishi lozim. Garmonik qo‘zg‘atish sharoitida barqarorlashgan harakat amplitudasi quyidagi munosabat bilan baholanishi mumkin: (A=F_0/\sqrt{(k-m\omega^2)^2+(c\omega)^2}). Ushbu ifoda amplitudaning chastota, massa, bikrlik va so‘ndirishga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Rezonansga yaqin sohada amplitudaning keskin ortishi ehtimoli mavjudligi sababli optimallashtirishda nafaqat kerakli tebranish darajasini ta’minlash, balki ruxsat etilgan dinamik yuklanish va rezonansdan xavfsiz uzoqlik talablarini ham hisobga olish zarur. Tadqiqotning boshqariladigan parametrlari vektor ko‘rinishida (X=[A,f,k,c,\beta]) tarzida ifodalanadi. Bu yerda (A) — tebranish amplitudasi, (f) — chastota, (k) — tayanchlarning ekvivalent bikrligi, (c) — so‘ndirish koeffitsiyenti, (\beta) — tebranish yo‘nalishi yoki trayektoriyasini ifodalovchi burchak. Barcha parametrlar bir xil ma’noda mustaqil bo‘lmasligi e’tiborga olinadi: ayrim konstruksiyalarda amplituda va chastota boshqaruv orqali bevosita belgilanadi, boshqa tizimlarda esa ular qo‘zg‘atuvchi kuch, ekssentrik massa, aylanish tezligi va elastik tayanchlar xususiyatlaridan kelib chiqadi. Shu sababli konkret qurilma uchun optimallashtirish o‘zgaruvchilari fizik jihatdan mustaqil va amalda boshqarish mumkin bo‘lgan parametrlar asosida tanlanishi kerak. Maqsad funksiyalari uchta asosiy guruhga ajratiladi: konveyer unumdorligini maksimal darajaga yetkazish, energiya sarfini kamaytirish va dinamik yuklanishlarni cheklash. Unumdorlik (Q(X)) materialning massaviy yoki hajmiy oqim tezligi orqali ifodalanadi. Soddalashtirilgan baholashda (Q=\rho_b S v_m) munosabatidan foydalanish mumkin, bunda (\rho_b) — materialning uyma zichligi, (S) — ishchi organning ko‘ndalang kesimida material egallagan samarali yuza, (v_m) — materialning konveyer bo‘ylab o‘rtacha siljish tezligi. Ushbu formula material qatlamining bir tekisligi, to‘kilish va qaytish hodisalari hamda ishchi organning foydali yuklanishini alohida modellashtirmaydi; shu bois (v_m) va (S) real qurilma uchun tajriba yoki mos fizik model orqali aniqlanishi lozim. Energiya mezoni sifatida (P(X)) o‘rtacha iste’mol quvvati, zarur holatda esa (E_s(X)=P(X)/Q(X)) ko‘rinishidagi mahsulot birligiga to‘g‘ri keladigan solishtirma energiya sarfi olinadi. Dinamik yuklanish mezoni sifatida tayanch reaksiyalari, ishchi organ tezlanishining maksimal qiymati yoki konstruktiv elementlarga uzatiladigan ekvivalent kuchdan foydalanish mumkin. Masalan, soddalashtirilgan inersiya kuchi (F_i=mA\omega^2) munosabati bilan baholanadi, biroq haqiqiy tizimdagi kuchlar fazaviy farqlar, so‘ndirish, elastiklik va material massasining harakati sababli bundan farq qilishi mumkin. Ko‘p mezonli masala quyidagi umumiy ko‘rinishda ifodalanadi: (\max Q(X),\quad \min E_s(X),\quad \min F_d(X)), bunda (F_d) — tanlangan usulda aniqlangan dinamik yuklanish ko‘rsatkichi. Optimallashtirish jarayonida (A_{\min}\leq A\leq A_{\max}), (f_{\min}\leq f\leq f_{\max}), (k_{\min}\leq k\leq k_{\max}), (c_{\min}\leq c\leq c_{\max}) kabi texnologik va konstruktiv chegaralar, shuningdek, (F_d(X)\leq F_{\mathrm{ruxsat}}), (P(X)\leq P_{\max}) va (Q(X)\geq Q_{\min}) kabi muhandislik cheklovlari belgilanadi. Chegaralarning qiymatlari ishlab chiqaruvchi ma’lumotlari, konstruktiv hisob, material xususiyatlari, elektr yuritma imkoniyatlari va tajriba natijalari asosida aniqlanishi kerak; universal sonli qiymatlarni barcha vibratsion konveyerlarga bir xil qo‘llash ilmiy jihatdan to‘g‘ri emas. Tadqiqotda ko‘p mezonli yechimlarni aniqlash uchun Pareto-dominantlik tamoyiliga asoslangan yondashuv tanlanadi. Agar bir yechim boshqa yechimga nisbatan barcha mezonlar bo‘yicha yomon bo‘lmasa va kamida bitta mezon bo‘yicha yaxshiroq bo‘lsa, ikkinchi

yechim dominant deb qaraladi. Hech bir boshqa ruxsat etilgan yechim tomonidan dominant qilinmaydigan yechimlar Pareto-optimal yechimlar deb ataladi. Ushbu yondashuvning afzalligi shundaki, u turli mezonlarni dastlabki bosqichda bitta vaznli ko‘rsatkichga birlashtirishga majbur qilmaydi. Algoritmni hisoblash jihatidan amalga oshirish uchun ko‘p mezonli evolyutsion qidiruv, masalan, NSGA-II tamoyillaridan foydalanish mumkin. Bunda boshlang‘ich populyatsiya shakllantiriladi, har bir nomzod parametrlar to‘plami uchun maqsad funksiyalari hisoblanadi, yechimlar dominantlik darajalari bo‘yicha saralanadi, xilma-xillikni saqlash mexanizmi orqali populyatsiya yangilanadi va to‘xtash mezoni bajarilgunga qadar iteratsiyalar davom ettiriladi. Mazkur usulning tanlanishi uning bir nechta qarama-qarshi maqsad funksiyalari bilan ishlash imkoniyati bilan asoslanadi, biroq u har qanday vazifa uchun yagona yoki mutlaq eng yaxshi algoritm hisoblanmaydi. Muammo o‘lchami kichik va funksiyalar silliq bo‘lgan holatlarda panjara bo‘yicha qidiruv, gradientga asoslangan usullar yoki boshqa evolyutsion yondashuvlar ham samarali bo‘lishi mumkin. Ishonchli natija olish uchun matematik model tajriba ma’lumotlari bilan kalibrlanishi, hisoblash parametrlari sezgirlik tahlili orqali tekshirilishi va yakuniy nomzod yechimlar real yoki stend sharoitidagi sinovlar bilan tasdiqlanishi lozim.

3. NATIJALAR

Tadqiqot natijasi sifatida vibratsion konveyer dinamik parametrlarini ko‘p mezonli optimallashtirishga mo‘ljallangan bosqichma-bosqich algoritmning konseptual tuzilmasi ishlab chiqildi. Algoritmning birinchi bosqichida konveyerning konstruktiv sxemasi, ishchi organ massasi, elastik tayanchlar tavsifi, qo‘zg‘atish mexanizmi parametrlari, tashilayotgan materialning uyma zichligi, zarracha o‘lchamlari, namligi va ishqalanish xususiyatlari haqidagi dastlabki ma’lumotlar shakllantiriladi. Ikkinchi bosqichda optimallashtirish o‘zgaruvchilari va ularning ruxsat etilgan diapazonlari belgilanadi, fizik jihatdan mumkin bo‘lmagan yoki konstruktiv cheklovlarga zid parametrlar qidiruv fazosidan chiqariladi. Uchinchi bosqichda dinamik model va unumdorlikni baholovchi munosabatlar asosida har bir nomzod yechim uchun amplituda, tezlanish, tayanch yuklanishi, energiya sarfi va tashish unumdorligi hisoblanadi. To‘rtinchi bosqichda maqsad funksiyalari normallashtiriladi, chunki unumdorlik, energiya sarfi va kuch kabi ko‘rsatkichlar turli o‘lchov birliklariga ega bo‘lib, ularni bevosita qo‘shish fizik va matematik jihatdan asoslanmagan bo‘lishi mumkin. Beshinchi bosqichda nomzod yechimlar Pareto-dominantlik bo‘yicha saralanadi va bir-biriga nisbatan ustun bo‘lmagan yechimlardan iborat front shakllantiriladi. Oltinchi bosqichda tanlangan evolyutsion algoritm yordamida yangi nomzodlar hosil qilinadi, ularning maqsad funksiyalari qayta hisoblanadi va keyingi avlod uchun istiqbolli yechimlar saqlab qolinadi. Yettinchi bosqichda algoritmning to‘xtash sharti — maksimal iteratsiyalar soni, Pareto frontining barqarorlashuvi yoki yechimlar yaxshilanishining belgilangan chegaradan kamayishi — tekshiriladi. Agar to‘xtash sharti bajarilmagan bo‘lsa, qidiruv jarayoni davom ettiriladi; bajarilgan taqdirda esa yakuniy Pareto-optimal yechimlar to‘plami shakllantiriladi. Sakkizinchi bosqichda muhandislik qarori qabul qilinadi: ishlab chiqarish sharoitida unumdorlik ustuvor bo‘lsa, Pareto frontidagi yuqori unumdorlikka ega yechim tanlanishi mumkin; energiya tejash muhim bo‘lsa, solishtirma energiya sarfi past bo‘lgan yechimga ustunlik beriladi; uzoq muddatli ishlash va konstruktiv ishonchlilik asosiy talab bo‘lsa, dinamik yuklanishi past va ruxsat etilgan

chegaralardan yetarli zaxiraga ega yechim ma’qul hisoblanadi. Shunday qilib, algoritm yagona optimal nuqtani oldindan belgilash o‘rniga muhandisga bir nechta muqobil rejimlarni taqdim etadi va tanlovni texnologik talablar asosida amalga oshirishga imkon beradi. Algoritmning umumlashtirilgan psevdokodi quyidagicha ifodalanadi: **1)** boshlang‘ich ma’lumotlar va parametrlar chegaralarini kiritish; **2)** ruxsat etilgan boshlang‘ich populyatsiyani shakllantirish; **3)** har bir yechim uchun matematik modelni hisoblash; **4)** (Q(X)), (E_s(X)) va (F_d(X)) mezonlarini aniqlash; **5)** cheklovlarni buzgan yechimlarni chiqarib tashlash yoki belgilangan jarima mexanizmi orqali baholash; **6)** yechimlarni Pareto-dominantlik bo‘yicha saralash; **7)** seleksiya, krossover va mutatsiya yordamida yangi yechimlar hosil qilish; **8)** yangi va avvalgi populyatsiyalarni birlashtirib, ustun bo‘lmagan yechimlarni saqlab qolish; **9)** to‘xtash shartini tekshirish; **10)** Pareto-optimal yechimlar to‘plamini chiqarish va muhandislik mezonlari bo‘yicha yakuniy parametrlar majmuasini tanlash. Algoritmning natijadorligini baholashda faqat eng yaxshi qiymatni qayd etish yetarli emas. Pareto frontining qamrovi va tarqalishi, takroriy ishga tushirishlardagi barqarorlik, hisoblash vaqti, cheklovlarni bajarish ulushi va tajriba natijalari bilan moslik ham tekshirilishi lozim. Agar turli ishga tushirishlarda sezilarli darajada farq qiladigan frontlar olinsa, populyatsiya hajmi, mutatsiya ehtimoli, iteratsiyalar soni va modelning aniqligi qayta ko‘rib chiqiladi. Bundan tashqari, tashilayotgan material xususiyatlarining o‘zgarishi parametrlar tanloviga ta’sir qilishi mumkinligi sababli algoritmni turli yuklanish darajalari, material namligi va tashish tezligi sharoitlarida sinash maqsadga muvofiq. Muhim metodologik farq shundan iboratki, algoritmning tuzilmasini ishlab chiqish va matematik jihatdan asoslash uning real konveyerda samaradorligi tajribada isbotlanganini anglatmaydi. Shu sababli ushbu ish doirasida taklif etilgan natija optimallashtirish algoritmining konseptual va matematik asoslangan sxemasi sifatida talqin qilinadi; aniq foizlarda energiya tejalishi, unumdorlik ortishi yoki dinamik yuklanish kamayishi haqidagi xulosalar esa faqat tegishli hisoblash, modellashtirish va tajriba ma’lumotlari olinganidan keyin berilishi kerak.

4. MUHOKAMA

Taklif etilgan algoritm vibratsion konveyerning dinamik parametrlarini optimallashtirishga tizimli yondashuvni ta’minlaydi, chunki u texnologik unumdorlikni mexanik yuklanish va energiya sarfi bilan birgalikda tahlil qilish imkonini beradi. An’anaviy loyihalash amaliyotida ishchi organning amplitudasi va chastotasi ko‘pincha mavjud konstruktiv tajriba, ishlab chiqaruvchi tavsiyalari yoki cheklangan tajriba sinovlari asosida tanlanadi. Bunday yondashuv muayyan qurilmada maqbul natija berishi mumkin, biroq materialning fizik xususiyatlari, konveyerning yuklanish darajasi yoki elastik tayanchlar holati o‘zgarganda ilgari tanlangan parametrlar samaradorligi pasayishi ehtimoli mavjud. Ko‘p mezonli optimallashtirish esa o‘zgaruvchilar va maqsad funksiyalari o‘rtasidagi munosabatlarni ochiq ko‘rsatib, parametrlar majmuasini turli ish sharoitlari uchun qayta tanlash imkonini beradi. Shu bilan birga, algoritmning amaliy qiymati matematik modelning fizik jarayonlarni qay darajada to‘g‘ri ifodalashiga bevosita bog‘liq. Agar material va ishchi organ o‘rtasidagi ishqalanish, zarrachalarning sakrashi, qatlamning zichlanishi, yuklanishning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi yoki elastik tayanchlarning nochiziqli xususiyatlari muhim bo‘lsa, faqat bir erkinlik darajali chiziqli model asosida chiqarilgan xulosalar yetarlicha aniq bo‘lmasligi mumkin. Bunday sharoitlarda modelni ko‘p erkinlik darajali dinamik

tizimga kengaytirish, material oqimini diskret elementlar usuli bilan modellashtirish yoki tajriba ma’lumotlari asosida yarim empirik munosabatlarni ishlab chiqish zarurati tug‘iladi. Shuningdek, Pareto-optimal yechimlar to‘plamidan bitta amaliy yechimni tanlash alohida qaror qabul qilish bosqichidir. Pareto frontidagi barcha yechimlar matematik ma’noda o‘zaro ustun bo‘lmagan bo‘lsa-da, ularning barchasi ishlab chiqarish sharoitida bir xil darajada foydali bo‘lavermaydi. Masalan, eng yuqori unumdorlikka ega rejim elektr yuritmaning quvvat chegarasiga juda yaqin ishlashi yoki tayanchlar uchun ruxsat etilgan yuklanish zaxirasini kamaytirishi mumkin. Shuning uchun yakuniy tanlovda xavfsizlik zaxirasi, xizmat muddati, texnik xizmat ko‘rsatish qulayligi, boshqaruv tizimining imkoniyatlari va ekspluatatsion xarajatlar ham hisobga olinishi lozim. Maqsad funksiyalariga vazn koeffitsiyentlarini berish orqali bitta umumlashtirilgan ko‘rsatkich hosil qilish mumkin, biroq vaznlarni tanlash qaror qabul qiluvchining ustuvorliklariga bog‘liq bo‘lib, natijani sezilarli o‘zgartirishi mumkin. Shu bois dastlab Pareto frontini aniqlash, so‘ngra texnologik va iqtisodiy talablar asosida yechim tanlash ko‘pincha shaffofroq yondashuv hisoblanadi. Agar ishlab chiqarish korxonasi uchun asosiy vazifa belgilangan minimal unumdorlikni saqlagan holda elektr energiyasi sarfini kamaytirish bo‘lsa, (Q(X)\geq Q_{\min}) cheklovi ostida (E_s(X)) ni minimallashtirish alohida amaliy masala sifatida qo‘yilishi mumkin. Agar esa konveyerning xizmat muddati va konstruktiv xavfsizligi ustuvor bo‘lsa, dinamik yuklanish va charchashga bog‘liq mezonlarni asosiy maqsad yoki qat’iy cheklov sifatida kiritish mumkin. Algoritmni ishlab chiqarishga joriy etishda sezgirlik tahlili ham muhim ahamiyatga ega: parametrning kichik o‘zgarishi unumdorlik, energiya sarfi yoki yuklanish ko‘rsatkichlarida katta o‘zgarish keltirib chiqarsa, bunday ish rejimi boshqaruv xatolariga va material xususiyatlaridagi o‘zgarishlarga nisbatan zaif bo‘lishi mumkin. Shu sababli eng yaxshi nominal natijaga ega yechimdan tashqari, parametrlar noaniqligiga nisbatan barqaror yechimlarni ham baholash maqsadga muvofiq. Keyingi tadqiqotlarda noaniqlik sharoitidagi optimallashtirish, sezgirlikka asoslangan robust tanlov va real vaqt rejimida boshqarish algoritmlarini birlashtirish vibratsion konveyerning turli yuklanishlarda barqaror ishlashini ta’minlashga xizmat qilishi mumkin.

5. XULOSA

Vibratsion konveyer dinamik parametrlarini ko‘p mezonli optimallashtirish masalasi unumdorlik, energiya samaradorligi va mexanik ishonchlilik o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni hisobga olishni talab qiladigan murakkab muhandislik vazifasi hisoblanadi. Tadqiqot doirasida ishchi organning amplitudasi, tebranish chastotasi, elastik tayanchlarning bikrligi, so‘ndirish koeffitsiyenti va tebranish yo‘nalishi kabi parametrlarni birgalikda ko‘rib chiqishga asoslangan optimallashtirish modeli taklif etildi. Dinamik holatni ifodalash uchun soddalashtirilgan differensial tenglama va garmonik harakat amplitudasini baholovchi munosabat keltirildi, konveyer unumdorligi, solishtirma energiya sarfi va dinamik yuklanish esa asosiy maqsad mezonlari sifatida belgilandi. Mazkur mezonlar o‘rtasidagi ziddiyatlar sababli bitta ko‘rsatkich bo‘yicha olingan eng yaxshi yechim boshqa ko‘rsatkichlar bo‘yicha ham maqbul bo‘lishi kafolatlanmasligi asoslandi. Ushbu muammoni hal qilish uchun Pareto-dominantlikka asoslangan ko‘p mezonli optimallashtirish algoritmining bosqichlari ishlab chiqildi. Algoritm boshlang‘ich ma’lumotlarni shakllantirish, boshqariladigan parametrlar chegaralarini belgilash, matematik model yordamida

nomzod yechimlarni baholash, cheklovlarni tekshirish, Pareto frontini shakllantirish, yangi yechimlarni qidirish va yakuniy parametrlar majmuasini tanlash jarayonlarini qamrab oladi. Taklif etilgan yondashuvning asosiy afzalligi muhandisga unumdorlik, energiya sarfi va dinamik yuklanish bo‘yicha muqobil yechimlarni ko‘rish hamda ularni ishlab chiqarish talablariga muvofiq tanlash imkonini berishidir. Shu bilan birga, algoritmning amaliy samaradorligini miqdoriy jihatdan tasdiqlash uchun konkret konveyerning konstruktiv parametrlari, material xususiyatlari va yuritma tavsiflari asosida hisoblash tajribalarini o‘tkazish, modelni eksperimental natijalar bilan tekshirish hamda taklif etilgan yechimlarni mavjud ish rejimlari bilan taqqoslash talab etiladi. Kelgusidagi tadqiqotlarda ko‘p erkinlik darajali dinamik modelni ishlab chiqish, material oqimining nochiziqli xususiyatlarini hisobga olish, algoritm parametrlarining natijalarga ta’sirini baholash va tajriba stendida olingan ma’lumotlar asosida optimallashtirish natijalarini verifikatsiya qilish rejalashtirilishi mumkin. Umuman olganda, ishlab chiqilgan konseptual algoritm vibratsion konveyerlarni loyihalash va ekspluatatsiya qilishda dinamik parametrlarni ilmiy asosda tanlash, qarama-qarshi texnik talablarni muvofiqlashtirish va energiya jihatidan samarali ish rejimlarini izlash uchun metodik asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Deb K. *Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.
2. Coello Coello C. A., Lamont G. B., Van Veldhuizen D. A. *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. 2nd ed. New York: Springer, 2007.
3. Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II // *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 2002. Vol. 6, No. 2. P. 182–197.
4. Rao S. S. *Engineering Optimization: Theory and Practice*. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.
5. Inman D. J. *Engineering Vibration*. 4th ed. Boston: Pearson, 2014.
6. Thomson W. T., Dahleh M. D. *Theory of Vibration with Applications*. 5th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.
7. Harris C. M., Piersol A. G. (eds.). *Harris’ Shock and Vibration Handbook*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
8. Rao J. S., Gupta K. *Introductory Course on Theory and Practice of Mechanical Vibrations*. New Delhi: New Age International, 1999.
9. VDI 2056. *Criteria for Assessing Mechanical Vibrations of Machines*. Verein Deutscher Ingenieure. Standartning amaldagi tahriri va qo‘llanish sohasi nashrga topshirishdan oldin tekshirilishi lozim.
10. ISO 20816-1:2016. *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines*. International Organization for Standardization, 2016.