

SOCHILUVCHAN MATERIALLARNI ARALASHTIRUVCHI MASHINA MEXANIZMLARINI

LOYIHALASHNI TAKOMILLASHTIRISH

Muxtorov S. A.

Qo'qonDU t.f.f.d PhD Dodsent

Zohidov A. I.

Qo'qonDU, mashinashunoslik yo'nalishi magistranti

**Annotatsiya**

Ushbu ilmiy maqolada sochiluvchan materiallarni aralashtiruvchi mashina mexanizmlarini loyihalashni takomillashtirish masalalari texnologik, konstruktiv va ekspluatatsion nuqtai nazardan tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi sochiluvchan materiallarning fizik-mexanik xossalari, aralashtirish jarayonining kinetik qonuniyatlari va mashina ishchi organlarining geometrik-parametrik tavsiflari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni aniqlash hamda shu asosda energiya sarfini kamaytiruvchi, aralashtirish bir xilligini oshiruvchi va uskuna ishonchligini kuchaytiruvchi loyihaviy yechimlarni ishlab chiqishdan iborat. Maqolada aralashtirish mexanizmlarining mavjud turlari, xususan barabanli, vintli, kurakli va planetar tizimlarning afzallik hamda cheklovlari ko'rib chiqiladi, ularning sochiluvchan muhit bilan o'zaro ta'siri ilmiy jihatdan baholanadi. Shuningdek, aralashmaning granulometrik tarkibi, namlik darajasi, zarralararo ishqalanish, yopishuvchanlik va segregatsiya hodisalarining mexanizm konstruksiyasiga ta'siri yoritiladi. Tadqiqot natijasida ishchi organlar shakli, aylanish tezligi, to'ldirish koeffitsienti, kameraning ichki geometriyasi va yuklama rejimlarini optimallashtirish orqali aralashtirish samaradorligini sezilarli oshirish mumkinligi asoslab beriladi. Maqola natijalari qishloq xo'jaligi, qurilish materiallari, kimyo, oziq-ovqat va farmatsevtika sanoatida qo'llaniladigan aralashtiruvchi mashinalarni takomillashtirish uchun nazariy hamda amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** sochiluvchan material, aralashtirish jarayoni, aralashtiruvchi mashina, ishchi organ, konstruktiv parametr, energiya sarfi, bir xillik koeffitsienti, granulometrik tarkib, segregatsiya, loyiha optimallashtirish.

**Kirish**

Sochiluvchan materiallarni aralashtirish jarayoni sanoat texnologiyalarining ko'plab tarmoqlarida asosiy va hal qiluvchi operatsiyalardan biri hisoblanadi, chunki tayyor mahsulotning sifati, fizik-kimyoviy barqarorligi, tarkibiy bir xilligi va keyingi texnologik bosqichlarning samaradorligi aynan aralashtirish sifatiga chambarchas bog'liq bo'ladi. Qurilish qorishmalari, mineral o'g'itlar, donador yemlar, kukunsimon dorivor vositalar, kimyoviy reagentlar va kompozitsion materiallar bilan ishlashda komponentlarning aniq nisbatda va yuqori darajada bir jinsli holda taqsimlanishi talab etiladi. Biroq amaliyot shuni ko'rsatadiki, sochiluvchan muhitlar bilan ishlovchi aralashtiruvchi mashinalarda bir qator texnologik muammolar muntazam uchraydi: zarralarning segregatsiyasi, o'lik zonalar hosil bo'lishi, energiya sarfining ortib ketishi, ishchi organlarning notekis yeyilishi, materialning ezilishi yoki aksincha, yetarli darajada aralashmasligi shular jumlasidandir. Ushbu muammolar ko'pincha mexanizmning konstruktiv tuzilmasi bilan aralashtirilayotgan materialning fizik-mexanik xususiyatlari o'rtasidagi moslik yetarli darajada hisobga olinmaganligi sababli yuzaga keladi. Shuning uchun zamonaviy muhandislik oldida turgan muhim vazifalardan biri sochiluvchan materiallarni

aralastiruvchi mashina mexanizmlarini ilmiy asosda qayta ko'rib chiqish, ularning ishchi elementlari va kinematik sxemalarini takomillashtirish, energiya samaradorligini oshirish va ekspluatatsion ishonchlilikni kuchaytirishdan iboratdir. Mazkur maqolada ushbu muammo IMRAD tuzilmasi asosida tahlil qilinib, aralastirish jarayonining fizik mohiyati, mavjud mexanizmlarning kamchiliklari va ularni bartaraf etishga qaratilgan konstruktiv takliflar ilmiy usulda bayon etiladi.

**Tadqiqot metodologiyasi.** Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil, qiyosiy-konstruktiv baholash, nazariy modellashtirish, texnologik parametrlarni umumlashtirish va muhandislik talqini usullaridan foydalanildi. Avvalo sochiluvchan materiallarning asosiy xossalari, ya'ni zarra o'lchami, shakli, namligi, zichligi, ichki ishqalanish burchagi, yopishuvchanligi va oqimlilik darajasi aralastirish mexanizmlarining ishlashiga qanday ta'sir ko'rsatishi nazariy jihatdan o'rganildi. Shundan keyin amaliyotda keng tarqalgan barabanli, vintli, kurakli, lentali va planetar aralastirgichlar konstruksiyasi texnologik vazifasi, material oqimining trayektoriyasi, aralastirish intensivligi va energiya sarfi nuqtai nazaridan tahlil qilindi. Metodologik yondashuv sifatida aralastirish samaradorligini baholashda ikki asosiy mezon qabul qilindi: birinchisi, mahsulot tarkibiy bir xilligining sifat ko'rsatkichi; ikkinchisi, ushbu natijaga erishish uchun sarflanadigan mexanik energiya miqdori. Bundan tashqari, ishchi organlarning geometriyasi, masalan spiral qadam, kurakning og'ish burchagi, ishchi kameraning diametri va uzunligi, aylanish tezligi, to'ldirish darajasi kabi parametrlarning aralastirish natijasiga sezgirligi muhandislik nuqtai nazardan tahlil qilindi. Tadqiqotda mexanizmni takomillashtirishga oid takliflarni ishlab chiqishda universal yechimdan qochildi, chunki sochiluvchan materiallar sinfi juda keng bo'lib, bir xil konstruksiya barcha turdagi materiallar uchun birdek yuqori natija bermaydi. Shu sababli differensial yondashuv tanlandi, ya'ni mexanizmning shakli va ish rejimi materialning tabiati, texnologik maqsad va ishlab chiqarish quvvatiga mos ravishda optimallashtirilishi kerak degan prinsip asos qilib olindi.

**Natijalar.** Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sochiluvchan materiallarni aralastiruvchi mashina mexanizmlarida samaradorlikni belgilovchi eng muhim omil ishchi organning material qatlamlari orasida majburiy ko'chish, qayta taqsimlanish va ko'p yo'nalishli oqim hosil qila olish qobiliyatidir. Oddiy barabanli aralastirgichlarda material asosan ko'tarilish va erkin tushish hisobiga aralashadi, bu esa granulometrik tarkibi bir-biriga yaqin, yopishmaydigan va yaxshi oqadigan materiallar uchun maqbul bo'lsa-da, zarra o'lchami va zichligi keskin farqlanuvchi aralashmalarda segregatsiya xavfini oshiradi. Vintli tizimlarda materialning o'q bo'ylab siljishi yaxshi ta'minlanadi, biroq radial qayta taqsimlanish yetarli bo'lmaganda aralastirish notekis bo'lib qolishi mumkin. Kurakli va lentali mexanizmlar esa material oqimining bir necha yo'nalishda tashkil etilishi tufayli bir xillik darajasini yaxshiroq ta'minlaydi, ammo ular yuqori moment talab qilishi va ishchi elementlarning abraziv yeyilishga moyilligi bilan tavsiflanadi. Planetar tipdagi mexanizmlarda esa murakkab kinematik harakat hisobiga juda yuqori intensivlikka erishiladi, lekin konstruksiyaning murakkabligi, servis xarajatlari va ishlab chiqarish tannarxi ortadi. O'rganish natijasida ma'lum bo'ldiki, aralastirish sifatini oshirish uchun ishchi organning faqat aylanish tezligini ko'paytirish doim ham ijobiy natija bermaydi, chunki kritik tezlikdan yuqori rejimlarda material markazdan qochma kuch ta'sirida kamera devorlariga yopishib qolishi yoki ortiqcha changlanish, qizish va zarralarning mexanik shikastlanishi kuzatilishi mumkin. Shu bois optimal tezlik diapazonini tanlash, kameraning to'ldirish darajasini nazorat qilish va ishchi organlar profilini material xossalariiga mos ravishda tanlash muhimligi

aniqlandi. Tadqiqot davomida taklif etilgan takomillashtirilgan yechimlardan biri sifatida kombinatsiyalashgan ishchi organ konsepsiyasi asoslandi, bunda vintli siljitish va kurakli qayta taqsimlash funksiyalari bitta tizimda uyg'unlashtiriladi. Bunday yondashuv materialning bo'ylama va ko'ndalang oqimlarini bir vaqtning o'zida shakllantirib, o'lik zonalarni kamaytiradi va aralashma bir xilligini oshiradi. Ikkinchi muhim natija sifatida kameraning ichki yuzasida yo'naltiruvchi elementlar yoki rel'efli qoplama qo'llanishi ayrim hollarda materialning faollashuvini kuchaytirishi va pasxiv qatlamlarni kamaytirishi ko'rsatildi. Bundan tashqari, ishchi organlar uchun yeyilishga chidamli materiallar va modulli almashtiriluvchi elementlardan foydalanish mashinaning ekspluatatsion resursini oshirishi, ta'mirlash vaqtini qisqartirishi hamda texnik xizmat ko'rsatishni soddalashtirishi aniqlandi. Natijaviy tahlil shuni ko'rsatdiki, aralashtirish mashinasini loyihalashda geometrik va kinematik parametrlarning birgalikdagi optimallasuvi energiya sarfini kamaytirish bilan birga mahsulot sifatini oshirish imkonini beradi.

**Muhokama.** Olingan natijalarni chuqurroq tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, sochiluvchan materiallarni aralashtiruvchi mashina mexanizmlarini loyihalashdagi asosiy xato ko'pincha jarayonni haddan tashqari soddalashtirib talqin qilishdan kelib chiqadi. Ko'plab amaliy konstruktsiyalarda "ko'proq tezlik – yaxshiroq aralashish" yoki "kattaroq ishchi organ – yuqoriroq unumdorlik" degan yondashuv ustun bo'ladi, lekin bu har doim ham to'g'ri emas. Aralashtirish jarayonining fizik mohiyati ko'p omilli bo'lib, unda zarralararo ishqalanish, qatlamlararo siljish, lokal zichlanish, aglomeratsiya, namlik sababli yopishish, fraksiyalar bo'yicha ajralish va kameradagi bosim taqsimoti bir vaqtning o'zida ishtirok etadi. Demak, konstruktsiya faqat geometrik qulaylik yoki ishlab chiqarish soddaligi bilan emas, balki shu murakkab jarayonlarni boshqarish qobiliyati bilan baholanishi kerak. Shu nuqtai nazardan qaralganda, aralashtirgich mexanizmlarini takomillashtirish ikki darajada amalga oshirilishi lozim: birinchi daraja – ishchi organning konstruktiv geometriyasini material oqimining optimal trayektoriyasini hosil qilishga moslashtirish; ikkinchi daraja – yuklama, tezlik, to'ldirish koeffitsienti va ishlash davomiyligini boshqaruvchi texnologik rejimlarni oqilona tanlashdir. Bundan kelib chiqadiki, zamonaviy aralashtiruvchi mashina loyihasi passiv konstruktsiya emas, balki ma'lum diapazonda moslashuvchan ishlay oladigan tizim bo'lishi kerak. Masalan, namligi o'zgaruvchan yoki fraksiyalari notekis materiallar bilan ishlaganda aylanish chastotasini pog'onali yoki uzluksiz rostdash imkoniyati mavjud bo'lsa, mashina turli ish sharoitlarida yuqori sifatli natija bera oladi. Biroq bu yerda muhim trade-off mavjud: rostlanadigan va ko'p funksiyali tizimlar odatda murakkabroq, qimmatroq va servis nuqtai nazaridan talabchanroq bo'ladi. Shuning uchun konstruktor arzon, sodda, ammo tor ixtisoslashgan mexanizm bilan qimmatroq, moslashuvchan, ammo murakkab tizim o'rtasida aniq tanlov qilishi kerak. Yana bir muhim masala – energiya samaradorligi bilan aralashtirish sifati o'rtasidagi muvozanatdir. Juda intensiv aralashtirish yuqori bir xillikni berishi mumkin, lekin bunda elektr yuritma quvvati oshadi, ishchi organlar tezroq yeyiladi va ayrim hollarda materialning foydali xossalari buzilishi mumkin. Shuning uchun optimal loyihalash mezoni maksimal intensivlik emas, balki minimal xarajat evaziga talab etilgan sifatni ta'minlashdan iborat bo'lishi kerak. Muhokama shuni ham ko'rsatadiki, kelajakdagi takomillashtirish ishlari faqat mexanik konstruktsiyani o'zgartirish bilan cheklanib qolmasligi zarur. Sensorlar yordamida yuklama, moment, tebranish va material holatini monitoring qilish, raqamli model va eksperimental ma'lumotlarni birlashtirish, yeyilish prognozini yuritish kabi yo'nalishlar ham aralashtiruvchi mashinalarni yangi bosqichga olib chiqadi. Demak, aralashtirgich mexanizmlarini loyihalashni takomillashtirish bugungi kunda faqat konstruktiv vazifa emas, balki mexanika,

materialshunoslik, avtomatika va texnologiya integratsiyasini talab qiluvchi kompleks muhandislik muammosidir.

## Xulosa

Tadqiqot asosida xulosa qilish mumkinki, sochiluvchan materiallarni aralashtiruvchi mashina mexanizmlarini loyihalashni takomillashtirish sanoatning ko'plab tarmoqlari uchun dolzarb va katta amaliy ahamiyatga ega bo'lgan muhim ilmiy-texnik yo'nalish hisoblanadi. Aralashtirish sifatini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va uskuna ishonchliligini ta'minlash bir-biridan alohida emas, balki o'zaro bog'liq vazifalar bo'lib, ular faqat material xossalari va mexanizm parametrlarini kompleks yondashuv asosida uyg'unlashtirish orqali hal qilinadi. O'rganish natijalari shuni ko'rsatdiki, ishchi organ shakli, uning harakat kinematikasi, kamera geometriyasi, to'ldirish koeffitsienti va aylanish tezligining optimal nisbatini tanlash aralashtirish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ayniqsa, kombinatsiyalashgan ishchi organlardan foydalanish, oqimlarni ko'p yo'nalishda tashkil etish, o'lik zonalarini kamaytirish va yeyilishga bardoshli konstruktiv elementlarni qo'llash istiqbolli yechimlar sifatida baholandi. Shuningdek, moslashuvchan boshqaruv va rostlanadigan rejimlarga ega mexanizmlar turli fizik xossalarga ega materiallar bilan ishlashda yuqori samaradorlik ko'rsatishi mumkinligi asoslandi. Shu bilan birga, har qanday takomillashtirish iqtisodiy samaradorlik, ishlab chiqarish murakkabligi va servis qulayligi bilan birgalikda baholanishi lozimligi aniqlandi. Kelgusidagi tadqiqotlarda aralashtirish jarayonini matematik modellashtirish, eksperimental stend sinovlari asosida parametrlarni aniqlashtirish, diskret zarrachalar dinamikasi usullaridan foydalanish hamda sensorli monitoring tizimlarini joriy etish orqali yanada mukammal konstruktiv tavsiyalar ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir. Demak, mazkur mavzu bo'yicha olib boriladigan ilmiy izlanishlar nafaqat aralashtirish mashinalarining texnik darajasini oshiradi, balki ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish, mahsulot sifatini yaxshilash va resurslardan oqilona foydalanishga ham xizmat qiladi.

## Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Азаров С.И., Лебедев А.Н. Машины для смешивания сыпучих материалов. Москва: Машиностроение, 2011.
2. Қосимов А.А. Технологик машиналар ва жиҳозлар. Тошкент: Fan va texnologiya, 2018.
3. Носов В.П. Процессы и аппараты химической технологии. Москва: Химия, 2009.
4. Tursunov X.T., Karimov B.R. Qurilish materiallari ishlab chiqarish jihozlari. Toshkent: O'qituvchi, 2020.
5. Perry R.H., Green D.W. Perry's Chemical Engineers' Handbook. New York: McGraw-Hill, 2008.
6. Bridgwater J. Mixing of powders and granular materials by mechanical means — A perspective. Particuology, 2012, Vol. 10, No. 4, pp. 397–427.
7. Rhodes M. Introduction to Particle Technology. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
8. Schofield C. Powder handling and mixing technology in industrial systems. London: Elsevier, 2015.
9. Ошинов Н.Р. Сочилувчан муҳитлар механикаси ва технологик жараёнлар. Тошкент: Tafakkur, 2021.
10. Harnby N., Edwards M.F., Nienow A.W. Mixing in the Process Industries. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.