

**YUQORI KONSENTRATSIYALI DISPERS SISTEMALARNI
GIDROTRANSPORT QILISHNING GIDRAVLIK VA TEXNOLOGIK
PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH**

Toshkent davlat transport universiteti

Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası

t.f.d.dots., Babayev A.R

t.f.f.d.dots., Chorshanbiyev U.R

tadqiqotchi., Tolliboyev I.I

Annotatsiya: Mazkur maqolada yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni quvur liniyalari orqali gidrotransport qilish jarayonining gidravlik va texnologik parametrlarini optimallashtirish masalasi tadqiq etilgan. Namunaviy hisoblash natijalariga ko‘ra, qattiq faza konsentratsiyasining ortishi gidroaralashma zichligi va quvurdagi bosim yo‘qotishlarini oshiradi. Oqim tezligining haddan tashqari oshirilishi esa energiya sarfi va gidravlik qarshilikning keskin ortishiga olib kelishi mumkin. Shu asosda gidrotransport tizimi uchun optimal rejimni aniqlashda kritik tezlikdan yuqori, biroq ortiqcha energiya sarfi yuzaga kelmaydigan tezlik oralig‘ini tanlash taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: gidrotransport, dispers sistema, yuqori konsentratsiya, gidravlik parametrlar, texnologik parametrlar, optimallashtirish, bosim yo‘qotishi, gidravlik qarshilik, kritik tezlik, energiya samaradorligi.

KIRISH: Tog‘-kon va metallurgiya sanoatida qazib olingan ruda, boyitish mahsulotlari, texnologik chiqindilar va boshqa dispers materiallarni quvur liniyalari orqali tashish gidrotransport tizimlarining muhim vazifalaridan biridir. Bunday tizimlarda suv tashuvchi muhit, qattiq zarrachalar esa tashiluvchi faza sifatida qatnashadi. Qattiq faza konsentratsiyasi yuqori bo‘lgan hollarda gidroaralashmaning fizik va reologik xususiyatlari sezilarli darajada o‘zgaradi. Yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni transport qilishning asosiy muammolaridan biri quvur liniyasidagi gidravlik qarshilikning ortishidir. Qattiq zarrachalar konsentratsiyasi oshishi bilan aralashmaning zichligi va samarali qovushqoqligi ortadi. Natijada quvur bo‘ylab bosim yo‘qotishi ko‘payadi va gidroaralashmani kerakli masofaga uzatish uchun nasos agregatining yuqoriroq bosimi talab qilinadi. Boshqa tomondan, oqim tezligining past bo‘lishi qattiq zarrachalarning cho‘kishiga olib kelishi mumkin. Bu holat quvurning samarali kesimini kamaytirib, transport tizimining o‘tkazuvchanligini pasaytiradi va ayrim hollarda quvur liniyasining tiqilib qolish xavfini oshiradi. Oqim tezligini haddan tashqari oshirish esa ishqalanish qarshiligi, energiya sarfi va quvur devorlarining abraziv yeyilishini kuchaytiradi. Shuning uchun gidrotransport tizimini loyihalash va ekspluatatsiya qilishda faqat maksimal sarfni ta‘minlash emas, balki gidravlik va texnologik parametrlarning o‘zaro maqbul nisbatini aniqlash muhimdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni quvur orqali gidrotransport qilish jarayoni gidravlika, gidrotransport va tog‘-kon texnologiyasining kesishgan yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ushbu sohada asosiy ilmiy muammolar gidroaralashmaning gidravlik qarshiligi, kritik transport tezligi, bosim yo‘qotishlari, qattiq faza konsentratsiyasi va energiya sarfini aniqlash bilan bog‘liq. Dispers sistemalarning oddiy suyuqliklardan farqli xususiyati shundaki, oqimning gidravlik parametrlari nafaqat suyuqlikning fizik xossalari, balki qattiq zarrachalarning konsentratsiyasi, zichligi, o‘lchami, shakli va granulometrik tarkibiga ham bog‘liq. Wasp va uning hamkorlari tomonidan yuqori konsentratsiyali shlamlarni quvurlar orqali tashish jarayonida bosim yo‘qotishlari va ishqalanish qarshiligini aniqlash masalalari tadqiq etilgan. Mazkur ishlar gidroaralashmaning konsentratsiyasi va oqim rejimi o‘rtasidagi bog‘liqlikni hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Tadqiqotchilar tomonidan taklif etilgan yondashuvlar sanoat gidrotransport tizimlarini loyihalashda, xususan, nasos bosimi va quvur diametrini tanlashda qo‘llanib kelmoqda. Wilson, Clift va Sellgren tomonidan konsentrlangan geterogen shlamlarning quvurlardagi ishchi nuqtalari o‘rganilgan. Ularning tadqiqotlarida transport tizimining ishchi rejimini aniqlashda quvur xarakteristikasi, nasos xarakteristikasi va shlamning gidravlik qarshiligi o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik muhim omil sifatida qaraladi. Ushbu yondashuv gidrotransport tizimini faqat oqim tezligi bo‘yicha emas, balki butun tizimning ishchi nuqtasi asosida optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Kaushal va Tomita tomonidan yuqori konsentratsiyali shlamlarning quvur bo‘ylab harakatida bosim yo‘qotishlarini aniqlash usullari takomillashtirilgan. Tadqiqotchilar qattiq zarrachalarning o‘lchami, konsentratsiyasi va oqim tezligi bosim yo‘qotishlariga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishini ko‘rsatgan. Keyingi tadqiqotlarda Kaushal va hamkorlari zarrachalarning granulometrik taqsimoti bilan quvurdagi konsentratsiya profili va bosim yo‘qotishlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni ham tahlil qilgan. O‘zbekiston olimlarining tadqiqotlarida ham dispers sistemalar gidrotransportining gidravlik xususiyatlari, kritik oqim tezligi, bosim va energiya yo‘qotishlarini kamaytirish masalalariga e‘tibor qaratilgan. Xususan, A. Arifjanov, A. Ibadullayev, A. Babayev va U. Chorshanbiyevlarning ishlarida dispers sistemalar harakati, kritik tezlikni aniqlash, quvurdagi bosim va energiya yo‘qotishlarini kamaytirish bilan bog‘liq masalalar tadqiq etilgan. Ushbu tadqiqotlar O‘zbekistonning tog‘-kon va gidrotexnik tizimlari sharoitida dispers oqimlarni hisoblashning amaliy asoslarini shakllantirishga xizmat qiladi.

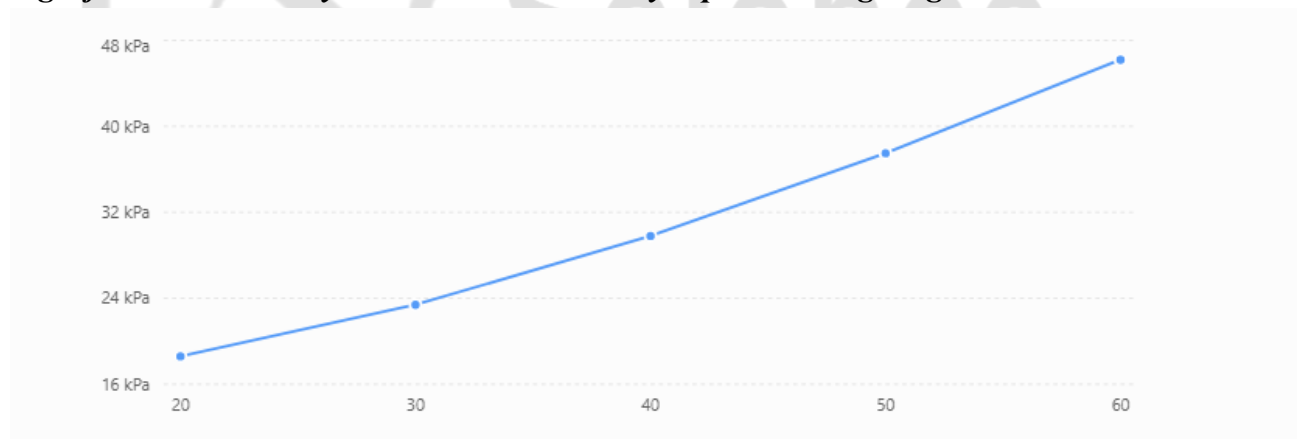
MUHOKAMA VA NATIJALAR

Yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilish jarayonida gidravlik va texnologik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligini aniqlash transport tizimining optimal ish rejimini belgilashda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqotda asosiy e‘tibor qattiq faza konsentratsiyasi, gidroaralashma zichligi, oqim tezligi, gidravlik qarshilik koeffitsiyenti va quvur bo‘ylab bosim yo‘qotishlarining o‘zgarishiga qaratildi. Namunaviy hisoblash natijalariga ko‘ra, qattiq faza konsentratsiyasi 20 % dan 60 % gacha oshirilganda gidroaralashma zichligi 1240 kg/m^3 dan 1720 kg/m^3 gacha ortgan. Zichlikning bunday o‘zgarishi quvurdagi oqimning gidravlik xususiyatlariga bevosita ta‘sir ko‘rsatib, ishqalanish qarshiligining ortishiga sabab bo‘ladi. Shu bilan birga, konsentratsiyaning oshishi

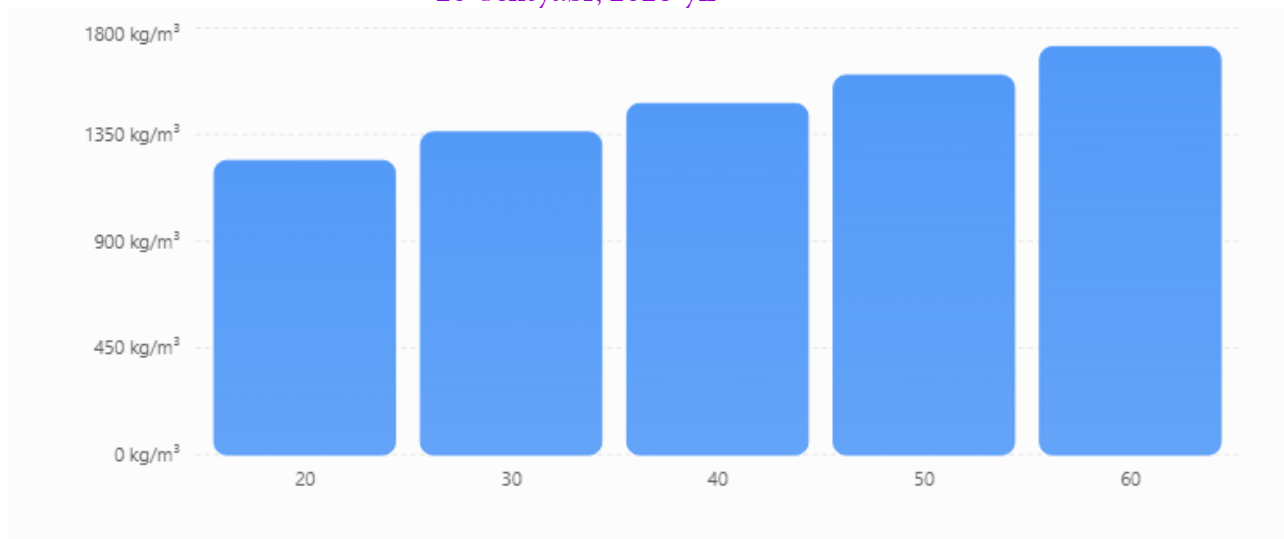
20-Sentyabr, 2026-yil

gidroaralashmaning samarali qovushqoqligini ham oshirishi mumkin. Natijada bir xil transport masofasi uchun talab qilinadigan bosim va nasos quvvati ortadi. Hisoblash natijalarida gidravlik qarshilik koeffitsiyenti qattiq faza konsentratsiyasi 20 % bo‘lgan holatda 0,028 ni tashkil etgan bo‘lsa, 60 % konsentratsiyada 0,046 gacha oshgan. Bu ko‘rsatkich yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarda quvur devori bilan gidroaralashma o‘rtasidagi gidrodinamik o‘zaro ta’sir kuchayishini ko‘rsatadi. Demak, gidrotransport quvurlarini hisoblashda faqat toza suyuqlik uchun qabul qilinadigan gidravlik qarshilik koeffitsiyentidan foydalanish yetarli emas. Bosim yo‘qotishlarining o‘zgarishi ham muhim natijalardan biridir. Namunaviy ma’lumotlarda konsentratsiya 20 % dan 60 % gacha oshganda bosim yo‘qotishi 18,6 kPa dan 46,2 kPa gacha ko‘paygan. Bu holat yuqori konsentratsiyali gidroaralashmalarni uzoq masofaga transport qilishda nasos agregatining bosim xarakteristikasini to‘g‘ri tanlash zarurligini ko‘rsatadi. Bosim yetarli bo‘lmagan holatda oqim tezligi kritik qiymatdan pastlab, qattiq zarrachalarning quvur tubiga cho‘kishi mumkin. Biroq gidrotransport samaradorligini faqat bosim yo‘qotishlarini kamaytirish orqali baholash mumkin emas. Oqim tezligi juda past bo‘lsa, cho‘kish jarayoni kuchayadi va quvur liniyasining o‘tkazuvchanligi kamayadi. Aksincha, tezlikning haddan tashqari oshirilishi gidravlik qarshilik, energiya sarfi va quvur devorlarining abraziv yeyilishini kuchaytiradi. Shu sababli optimal ish rejimi kritik tezlikdan yuqori, ammo texnik-iqtisodiy jihatdan ortiqcha yo‘qotishlarni keltirib chiqarmaydigan tezlik oralig‘ida tanlanishi kerak.

1-grafik. Konsentratsiya oshishi bilan bosim yo‘qotilishining o‘zgarishi



1-diagramma. Konsentratsiya, zichlik va gidravlik qarshilik o‘rtasidagi bog‘liqlik



Jadvaldan ko‘rinadiki, qattiq faza konsentratsiyasi 20% dan 60% gacha oshganda aralashma zichligi 1240 dan 1720 kg/m^3 gacha, bosim yo‘qotilishi esa 18,6 dan 46,2 kPa gacha ortadi. Bu gidrotransport tizimida konsentratsiyaning ortishi quvurdagi gidravlik qarshilik va nasosning energiya talabini oshirishini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari gidrotransport jarayonida **“konsentratsiya–tezlik–bosim yo‘qotishi–energiya sarfi”** o‘rtasidagi bog‘liqlikni kompleks ravishda baholash zarurligini ko‘rsatdi. Qattiq faza konsentratsiyasini oshirish orqali birlik hajmdagi tashiladigan foydali yoki texnologik material miqdorini ko‘paytirish mumkin. Biroq konsentratsiyaning haddan tashqari oshirilishi gidravlik qarshilik va energiya sarfini keskin oshirishi mumkin. Shuning uchun optimal konsentratsiyani aniqlashda texnologik unumdorlik bilan bir qatorda gidravlik samaradorlik ham hisobga olinishi lozim. Oqim tezligi bo‘yicha olingan natijalar ham ushbu xulosani tasdiqlaydi. Namunaviy hisoblashlarda tezlik 1,8 m/s dan 2,6 m/s gacha oshirilgan. Tezlikning ortishi gidroaralashmaning quvur bo‘ylab barqaror harakatlanishini ta‘minlashga yordam beradi, biroq tezlik bilan birga ishqalanish yo‘qotishlari ham ortadi. Shuning uchun gidrotransport tizimini loyihalashda maksimal tezlikni emas, balki **optimal tezlikni** aniqlash maqsadga muvofiq. Ushbu talablarning bir vaqtda bajarilishi gidrotransport tizimining umumiy texnologik samaradorligini oshirish imkonini beradi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari asosida yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilish jarayonida qattiq faza konsentratsiyasi, oqim tezligi, aralashma zichligi va quvurdagi gidravlik qarshilik o‘rtasida bevosita bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi. Nazariy hisoblashlar shuni ko‘rsatdiki, qattiq faza konsentratsiyasining ortishi bilan gidrotransport qilinayotgan aralashmaning zichligi hamda quvur bo‘ylab bosim yo‘qotilishi izchil ravishda oshadi. Xususan, konsentratsiya 20% dan 60% gacha oshirilganda aralashma zichligi 1240 dan 1720 kg/m^3 gacha, bosim yo‘qotilishi esa 18,6 dan 46,2 kPa gacha ortishi kuzatildi. Yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarda oqim tezligini to‘g‘ri tanlash gidrotransport tizimining barqaror ishlashi uchun muhim omil hisoblanadi. Oqim tezligining yetarlicha past bo‘lishi qattiq zarrachalarning quvur tubida cho‘kib qolishiga va gidravlik qarshilikning ortishiga olib

kelishi mumkin. Aksincha, tezlikning haddan tashqari oshirilishi bosim yo‘qotilishi, energiya sarfi va quvur devorlarining abraziv yeyilishini kuchaytiradi. Shu sababli gidrotransport tizimi uchun kritik tezlikdan yuqori, biroq iqtisodiy va texnologik jihatdan maqbul chegaradagi ish tezligini tanlash maqsadga muvofiq. Tadqiqotda Darcy–Weisbach tenglamasi asosida bosim yo‘qotishlarini aniqlash, aralashma zichligini hisoblash va gidravlik qarshilik koeffitsiyentini baholash yondashuvlari qo‘llanildi. Natijalar yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni tashishda gidravlik va texnologik parametrlarni kompleks ravishda hisobga olish zarurligini ko‘rsatdi. Shunday qilib, gidrotransport jarayonini optimallashtirishda qattiq faza konsentratsiyasi, oqim tezligi, quvur diametri, zarracha granulometrik tarkibi, bosim yo‘qotilishi va energiya sarfini o‘zaro bog‘liq holda baholash samarali hisoblash metodikasini shakllantirish imkonini beradi. Taklif etilgan yondashuv Navoiy tog‘-kon metallurgiya kombinati kabi yirik ishlab chiqarish korxonalarida gidrotransport tizimlarining texnologik va energetik samaradorligini oshirish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Kaushal D.R., Tomita Y. An Improved Method for Predicting Pressure Drop along Slurry Pipeline // *Particulate Science and Technology*. – 2002. – Vol. 20, No. 4. – P. 305–324. – DOI: 10.1080/02726350216190.
2. Kaushal D.R., Sato K., Toyota T., Funatsu K., Tomita Y. Effect of Particle Size Distribution on Pressure Drop and Concentration Profile in Pipeline Flow of Highly Concentrated Slurry // *International Journal of Multiphase Flow*. – 2005. – Vol. 31, No. 7. – P. 809–823. – DOI: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2005.03.003.
3. Wilson K.C., Clift R., Sellgren A. Operating Points for Pipelines Carrying Concentrated Heterogeneous Slurries // *Powder Technology*. – 2002. – Vol. 123, No. 1. – P. 19–24. – DOI: 10.1016/S0032-5910(01)00423-5.
4. Wasp E.J., Kenny J.P., Gandhi R.L. *Solid-Liquid Flow: Slurry Pipeline Transportation*. – Clausthal, Germany: Trans Tech Publications, 1977. – 224 p. – ISBN 0878490167.
5. Durand R. Basic Relationships of the Transportation of Solids in Pipelines // *Proceedings of the Minnesota International Hydraulics Convention*. – Minneapolis, 1953.
6. Zandi I., Govatos G. Heterogeneous Flow of Solids in Pipeline // *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*. – 1967. – Vol. 93, No. HY3. – P. 145–159.
7. Kaushal D.R., Tomita Y. Experimental Study of Particle Size Distribution and Concentration Effects on Slurry Pipeline Flow. – *Slurry transport and multiphase flow research*.
8. Chorshanbiyev U.T. va boshqalar. Theoretical Analysis of Reduction of Pressure and Energy Loss Due to Pipe Friction through Modification of Dispers Systems // *Universum: Technical Sciences*. – 2022. – № 8(101). – DOI: 10.32743/UniTech.2022.101.8.14187.

20-Sentyabr, 2026-yil

9. Arifjanov A.M., Ibadullayev A., Babayev A. va boshqalar. Dispers sistemali oqimlarning harakati mobaynida oqimning kritik tezligi hisobi // Gidravlika va muhandislik gidrologiyasi yo‘nalishidagi ilmiy tadqiqotlar. – 2024/2025.

