

**TOG‘-KON METALLURGIYA KOMBINATI SHAROITIDA YUQORI
KONSENTRATSIYALI DISPERS SISTEMALARNI GIDROTRANSPORT QILISH
PARAMETRLARINI EKSPERIMENTAL TADQIQ ETISH**

*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 tog‘-kon metallurgiya kombinatlarida hosil bo‘ladigan yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni, xususan, mineral xomashyo maydalash va boyitish jarayonlaridan hosil bo‘luvchi gidroaralashmalarni quvur transportida tashish jarayonining asosiy gidravlik parametrlarini eksperimental tadqiq etish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotlarda qattiq faza konsentratsiyasi, zarracha o‘lchami, gidroaralashma zichligi, oqim tezligi, bosim yo‘qotilishi va gidravlik qarshilik koeffitsientining o‘zaro bog‘liqligi o‘rganildi. Tajriba natijalari asosida yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarning quvur bo‘ylab harakatlanish rejimlari, kritik transport tezligi va energiya sarfiga ta’sir etuvchi omillar tahlil qilindi. Olingan natijalar tog‘-kon metallurgiya korxonalarida gidrotransport tizimlarini loyihalash, mavjud quvurlarni optimallashtirish hamda nasos agregatlarining ish rejimlarini tanlashda foydalanish mumkin.

Kalit so‘zlar: gidrotransport, dispers sistema, gidroaralashma, qattiq faza konsentratsiyasi, quvur, bosim yo‘qotilishi, kritik tezlik, gidravlik qarshilik, tog‘-kon metallurgiya kombinati.

Abstract: This article examines the experimental investigation of key hydraulic parameters involved in the pipeline transport of high-concentration disperse systems—specifically, slurries generated during the crushing and beneficiation of mineral raw materials—at mining and metallurgical complexes. The study analyzes the interrelationships between solid-phase concentration, particle size, slurry density, flow velocity, pressure loss, and the hydraulic resistance coefficient. Based on the experimental results, an analysis was conducted regarding the flow regimes of high-concentration disperse systems within pipelines, as well as the factors influencing critical transport velocity and energy consumption. The findings can be applied to the design of hydro-transport systems, the optimization of existing pipelines, and the selection of operating modes for pumping units at mining and metallurgical enterprises.

Keywords: hydro-transport, disperse system, slurry, solid-phase concentration, pipeline, pressure loss, critical velocity, hydraulic resistance, mining and metallurgical complex.

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы экспериментального исследования основных гидравлических параметров трубопроводной

транспортировки высококонцентрированных дисперсных систем, образующихся на горно-металлургических комбинатах, в частности, гидросмесей, образующихся в процессе дробления и обогащения минерального сырья. В ходе исследования изучалась взаимосвязь между концентрацией твердой фазы, гранулометрическим составом, плотностью гидросмеси, расходом, потерями давления и коэффициентом гидравлического сопротивления. На основе экспериментальных результатов были проанализированы режимы движения высококонцентрированных дисперсных систем по трубопроводу, критическая скорость транспортировки и факторы, влияющие на энергопотребление. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании гидротранспортных систем на горно-металлургических комбинатах, оптимизации существующих трубопроводов и выборе режимов работы насосных установок.

Ключевые слова: гидротранспорт, дисперсная система, гидросмесь, концентрация твердой фазы, трубопровод, потери давления, критическая скорость, гидравлическое сопротивление, горно-металлургический комбинат.

KIRISH

Tog‘-kon metallurgiya korxonalarida foydali qazilmalarni qazib olish, maydalash, yanchish, boyitish va qayta ishlash jarayonlarida katta miqdorda suvli dispers sistemalar hosil bo‘ladi. Ushbu sistemalarni texnologik jarayonning bir bosqichidan ikkinchisiga, shuningdek, chiqindilarni saqlash yoki qayta ishlash hududlariga tashishda gidrotransport usulidan keng foydalaniladi. Hidrotransportning asosiy afzalligi katta hajmdagi materialni uzluksiz tashish imkoniyati, transport jarayonini avtomatlashtirish va mexanik transport vositalariga nisbatan ayrim holatlarda energiya hamda ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishdan iborat. Biroq qattiq faza konsentratsiyasi ortishi bilan gidroaralashmaning reologik va gidravlik xususiyatlari sezilarli darajada o‘zgaradi. Natijada quvurdagi bosim yo‘qotilishi ortadi, oqimning strukturasi murakkablashadi va qattiq zarrachalarning cho‘kish xavfi yuzaga keladi. Shu sababli yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilishda optimal oqim tezligini aniqlash muhim ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Juda past tezlikda zarrachalar quvur tubida cho‘kib, tiqinlar hosil qilishi mumkin. Juda yuqori tezlik esa gidravlik qarshilik va nasoslarning energiya sarfini oshiradi hamda quvur devorlarining abraziv yeyilishini jadallashtiradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilish masalasi tog‘-kon, metallurgiya va boyitish korxonalarida uzoq yillardan buyon tadqiq etib kelinayotgan ilmiy-amaliy yo‘nalishlardan biridir. Mazkur yo‘nalishdagi tadqiqotlarda, asosan, gidrosistemalarning reologik xususiyatlari, quvurdagi oqim rejimi, qattiq fazaning konsentratsiyasi, kritik transport tezligi, gidravlik qarshilik va bosim yo‘qotishlarini aniqlash masalalariga e‘tibor qaratilgan. V.I. Aleksandrov va V.I. Kibirevlarning tadqiqotlarida temir rudasi boyitish chiqindilarini gidrotransport qilish parametrlarini aniqlash masalalari o‘rganilgan. Mualliflar yuqori konsentratsiyali gidrosistemalarni tashishda qattiq fazaning konsentratsiyasi va oqim parametrlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatgan. Tadqiqotlarda

tajriba-sanoat sinovlari asosida gidrotransport tizimining texnik parametrlarini aniqlashga alohida e’tibor qaratilgan. Ushbu yondashuv tog‘-kon metallurgiya korxonalarida real ishlab chiqarish sharoitlarida gidrotransport jarayonini baholash uchun muhim metodik asos bo‘lib xizmat qiladi. V.I. Aleksandrov tomonidan olib borilgan keyingi tadqiqotlarda quyuqlashtirilgan temir rudasi boyitish chiqindilarini gidrotransport qilish bo‘yicha tajriba-sanoat sinovlari natijalari tahlil qilingan. Tadqiqotlarda yuqori konsentratsiyali gidrosistemalarning quvur bo‘ylab harakatlanishida bosim yo‘qotishlari, transport tezligi va gidrosistemaning fizik xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘liqlik o‘rganilgan. Muallifning xulosalariga ko‘ra, yuqori konsentratsiyali pulpalarning gidravlik parametrlarini aniqlashda real tajriba ma’lumotlaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega. V.I. Aleksandrov va P. Vlasak ishlarida quyuqlashtirilgan boyitish chiqindilari pulpasini gidrotransport qilishda napor yo‘qotishlarini hisoblash metodikasi ko‘rib chiqilgan. Mazkur tadqiqotlarning ahamiyatli jihati shundaki, mualliflar yuqori konsentratsiyali sistemalarning reologik xususiyatlarini hisobga olish zarurligini asoslagan. Oddiy suvli suspenziyalar uchun ishlab chiqilgan hisoblash usullarini yuqori konsentratsiyali pulpalarga to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llash hisoblash natijalarida xatoliklar paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkinligi ta’kidlangan. Yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarning reologik xususiyatlari masalasi V.A. Svirskiy tadqiqotlarida ham keng yoritilgan. Muallif yuqori konsentratsiyali suspenziyalarning oqim jarayonini o‘rganishda qovushqoqlik, siljish kuchlanishi va qattiq fazaning konsentratsiyasi kabi parametrlarning o‘zaro bog‘liqligini ko‘rib chiqqan. Ayniqsa, real tog‘-kon metallurgiya korxonasi sharoitida gidrosistemaning individual xususiyatlarini hisobga olish transport tizimining texnik va energetik parametrlarini aniqroq belgilash imkonini beradi. Shunday qilib, mavjud tadqiqotlar yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilishning alohida jihatlarini yetarlicha yoritgan bo‘lsa-da, muayyan tog‘-kon metallurgiya kombinati sharoitidagi dispers sistemaning konsentratsiyasi–reologik xususiyatlari–oqim tezligi–bosim yo‘qotishi–kritik tezlik o‘rtasidagi kompleks bog‘liqlikni eksperimental aniqlash masalasi alohida tadqiqotni talab qiladi. Mazkur holat ushbu tadqiqotning ilmiy va amaliy dolzarbligini belgilaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotning metodologik asosini tog‘-kon metallurgiya kombinati sharoitida hosil bo‘ladigan yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni quvur orqali gidrotransport qilish jarayonini eksperimental o‘rganish tashkil etadi. Tadqiqot metodologiyasi gidrosistemaning fizik-mexanik, reologik va gidravlik xususiyatlarini aniqlash hamda ushbu parametrlarning gidrotransport samaradorligiga ta’sirini baholashga yo‘naltirilgan. Tadqiqot jarayonida kuzatish, tajriba-sinov, o‘lchash, taqqoslash, matematik-statistik tahlil va grafik tahlil usullaridan foydalaniladi. Ushbu usullar orqali yuqori konsentratsiyali gidrosistemaning turli ish rejimlaridagi xatti-harakati aniqlanadi.

1. Tadqiqot obyekti va tajriba materialli

Tadqiqot obyekti sifatida tog‘-kon metallurgiya kombinati texnologik jarayonlarida hosil bo‘ladigan yuqori konsentratsiyali dispers gidrosistema qabul qilinadi. Gidrosistema tarkibida qattiq mineral zarrachalar va suyuq faza mavjud bo‘lib, ularning o‘zaro nisbati transport jarayonining asosiy parametrlarini belgilaydi. Tajriba materialining dastlabki fizik

xususiyatlari, jumladan, qattiq fazaning zichligi, namligi, granulometrik tarkibi va massa konsentratsiyasi aniqlanadi. Namuna olishda materialning umumiy tarkibini imkon qadar to‘g‘ri ifodalashi ta‘minlanadi. Gidrosistemaning qattiq faza bo‘yicha massa konsentratsiyasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$C_m = m_s / (m_s + m_v) \cdot 100 \%$$

bu yerda:

C_m — qattiq fazaning massa konsentratsiyasi, %;

m_s — qattiq faza massasi, kg;

m_v — suyuq faza massasi, kg.

Tajriba davomida qattiq faza konsentratsiyasi bir nechta qiymatlarda o‘zgartirilib, har bir holat uchun gidrotransport parametrlari alohida qayd etiladi.

NATIJALARI VA MUHOKAMA

O‘tkazilgan tadqiqot metodikasi asosida yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilish jarayoniga ta‘sir etuvchi asosiy omillar tizimli ravishda tahlil qilindi. Tadqiqotda asosiy e‘tibor qattiq fazaning konsentratsiyasi, gidrosistemaning zichligi, oqim tezligi, reologik xususiyatlari, bosim yo‘qotishlari va kritik transport tezligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashga qaratildi. Tog‘-kon metallurgiya korxonalarida gidrotransport qilinadigan dispers sistemalar tarkibida qattiq mineral zarrachalarning miqdori yuqori bo‘lishi sababli ularning oqim xususiyatlari oddiy suv oqimidan sezilarli farq qiladi. Shu sababli gidrotransport parametrlarini baholashda faqat sarf va oqim tezligini hisobga olish yetarli emas. Gidrosistemaning konsentratsiyasi va reologik xususiyatlari ham birgalikda hisobga olinishi lozim.

Natijalarning ilmiy muhokamasi

Olingan natijalarni avvalgi tadqiqotlar bilan taqqoslash yuqori konsentratsiyali gidrosistemalarning gidravlik xususiyatlari oddiy suspenziyalarga nisbatan murakkabroq ekanligini ko‘rsatadi. Xususan, yuqori konsentratsiyali temir rudasi boyitish chiqindilarini gidrotransport qilish bo‘yicha tadqiqotlarda ham quvurdagi bosim yo‘qotishlarini aniqlashda gidrosistemaning konsentratsiyasi va reologik xususiyatlarini hisobga olish zarurligi ko‘rsatilgan. Bundan tashqari, tajriba-sanoat sinovlari natijalari gidrotransport tizimining real ish sharoitlarini laboratoriya sharoitidagi hisoblashlardan farqlashi mumkinligini ko‘rsatadi. Shu sababli laboratoriya tajribalarini korxonaning haqiqiy texnologik parametrlari bilan uyg‘unlashtirish muhim hisoblanadi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilish jarayonini samarali tashkil etish uchun konsentratsiya, oqim tezligi, reologik xususiyatlar va bosim yo‘qotishlarini kompleks ravishda baholash zarurligini ko‘rsatadi. Ushbu yondashuv gidrotransport tizimining barqarorligini ta‘minlash, energiya sarfini optimallashtirish va quvurlarning ekspluatatsion ishonchligini oshirishga xizmat qiladi.

XULOSA

Tog‘-kon metallurgiya kombinati sharoitida yuqori konsentratsiyali dispers sistemalarni gidrotransport qilish parametrlarini tadqiq etish natijasida gidrosistemaning samarali va barqaror harakatlanishi bir qator o‘zaro bog‘liq omillarga bevosita bog‘liq ekanligi aniqlandi. Xususan, qattiq fazaning konsentratsiyasi, gidrosistemaning zichligi va reologik

xususiyatlari, oqim tezligi, kritik transport tezligi hamda quvurdagi gidravlik qarshilik gidrotransport jarayonining asosiy parametrlarini tashkil etadi. Kelgusidagi tadqiqotlarda gidrosistemaning turli konsentratsiyalari uchun tajriba natijalarini kengaytirish, zarrachalarning granulometrik tarkibining gidrotransportga ta'sirini chuqurroq o'rganish, turli diametr va materialdagi quvurlarni taqqoslash hamda olingan natijalar asosida gidrotransport jarayonining matematik modelini ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Aleksandrov V. I., Vasileva M. A. Hydraulic transportation of thickened tailings of iron ore processing at Kachkanarsky GOK based on results of laboratory and pilot tests of hydrotransport system // Journal of Mining Institute. – 2018. – Vol. 233. – P. 471–479.
2. Wu A., Wang Z., Ruan Z., Wu P. Advances in tailings thickening: A rheology-oriented review of theory and practice // International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials. – 2026. – Vol. 33, No. 7. – P. 2098–2113. – DOI: 10.1007/s12613-026-3426-5.
3. Boger D. V. Rheology and the resource industries // Chemical Engineering Science. – 2009. – Vol. 64. – P. 4525–4536.
4. Jewell R. J., Fourie A. B. Paste and Thickened Tailings – A Guide. – Perth: Australian Centre for Geomechanics, 3rd ed., 2015.
5. Böhm J., Debreczeni Á., Faitli J., Gombkötő I. et al. High-concentration hydraulic transport of tailings // Land Contamination & Reclamation. – 2007. – Vol. 15, No. 2. – P. 195–217. – DOI: 10.2462/09670513.853.
6. Durand R. The hydraulic transportation of coal and other mineral particles // Proceedings of the Institution of Civil Engineers. – 1953. – Vol. 2. – P. 3–45.