



## DISPERS SISTEMALI GIDROARALASHMALAR OQIMINING QOVUSHQOQLIGINI ANIQLASH USULLARI

*Obutjonova Durdona Omonjon qizi*

*Toshkent davlat transport universiteti magistranti.*

**Annotasiya:** Ushbu maqolada Ushbu maqolada gidroaralashmalar tarkibidagi dispers zarrachalar va mineral komponentlarning oqim harakatiga ta'siri hamda quvurlardagi ichki ishqalanish jarayonlari natijasida yuzaga keladigan qovushqoqlik xususiyatlari tahlil qilingan. Gidroaralashmaning kinematik va dinamik qovushqoqligini aniqlash usullari, ularni GOST 33768 standarti talablari asosida viskozimetr yordamida o'lchash hamda hisoblash tartiblari keltirilgan. Shuningdek, o'lchash jarayonida haroratni nazorat qilish, qovushqoqlik standartlari bilan solishtirish va laboratoriya natijalarining aniqligini ta'minlash masalalari yoritilgan. Tadqiqot natijalari gidrotransport tizimlarida gidroaralashmalarning oqim xususiyatlarini baholash va texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

**Kalit so'zlar:** gidroaralashma, dispers zarrachalar, qovushqoqlik, kinematik qovushqoqlik, dinamik qovushqoqlik, viskozimetr, zichlik, ichki ishqalanish kuchi, gidrotransport, GOST 33768, laboratoriya sinovlari, oqim harakati, harorat nazorati.

Gidroaralashma oqimi davomida quvurlar tizimining barqaror ishlashiga va mustahkamligiga ta'siri QMQ 2.05.06-97, qovushqoq suyuqliklarning gidrotransport tizimlariga ta'siri, qovushqoqlikning hususiyatlari GOST-33967 - 2016 va GOST-33768 tavsiyalari asosida o'rganildi. Quvurlar tizimida gidroaralashma oqimi tufayli ichki ishqalanish kuchi hosil bo'ladi. Quvur devoriga ta'sir etayotgan qovushqoqlik zo'riqishi tezlik gradientiga bog'liq bo'ladi:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} = \mu \dot{\gamma} \quad (1.0)$$



bu yerda  $\tau$  - suyuqlikning qatlamlaridagi dinamik qovushqoqlik tufayli quvur devoridagi kuchlanish;  $\frac{dv}{dy} = \dot{\gamma}$  – siljish tezligi (tezlik gradienti);  $\mu$  - gidroaralashmaning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti. Yuqorida keltirilgan (1.0) tenglamaga bo‘ysunadigan barcha suyuqliklar Nyuton suyuqligi deyiladi. Nyutonning ichki ishqalanish qonuni faqat gidroaralashma oqimining suyuq tarkibiy qismi uchun asoslidir.

Suyuqlik qovushqoqligining sonli qiymati dinamik burchak tangensi bilan aniqlanadi, ya'ni  $\mu = \tau g \varphi = \frac{\tau}{\gamma} 1$ ;  $\varphi$  – qiyalik burchagi. Ma'lumki, (1.0) tenglama qovushqoq (Nyuton) suyuqlik xajmining oqimi natijasida yuzaga keladigan dinamik kuchlanishlar uchun umumlashtirilgan Nyuton qonunining maxsus holatidir. Shu munosabat bilan tenglamaga bo‘ysunadigan barcha suyuqliklar Nyuton suyuqligi deyiladi. Suyuqlikning hajmli deformatsiyasida dinamik kuchlanish umumiy kuchlanish tenzorining tarkibiy qismi ekanligini hisobga olgan holda, formulaga o‘xshab, har bir koordinata bo‘ylab ushbu suyuqlikning deformatsiya holati tavsiflanadi, Helmgolsning birinchi qonunini hisobga olgan holda, umumiy tenzor kuchlanishlari ma'lum bir yuzadagi oqim dinamikasi va ma'lum hajmning aylanishidan kelib chiqadigan oddiy kuchlanishlar va dinamik kuchlanishlarning yig'indisi hisoblanadi.

Laminar oqim rejimida qattiq fazaning harakati deyarli kuzatilmaydi, suyuq fazaning harakatiga qarshilik faqat uning qovushqoqligi bilan belgilanadi. Oqimni kritik tezligining oshishi bilan oqim rejimi laminardan turbulentga o‘zgaradi, bunda tashuvchi muhitning qovushqoqligi oqimning belgilovchi omili hisoblanmaydi. Agar bu gidroaralashma doimiy (uzluksiz muhit) deb hisoblansa, uni anomal Nyuton suyuqliklariga kiritish zarur. Anomaliya deganda Nyutonning qovushqoq (ichki) ishqalanish qonuni faqat gidroaralashma oqimining suyuq tarkibiy qismi uchun asosliligi tushuniladi.



Qattiq zarrachalar fraksiyalari hajmining kamayishi va ularning gidroaralashma hajmidagi konsentratsiyasining oshishi qovushqoqlikka sezilarli ta'sir ko'rsatadi va qovushqoq ishqalanishda ishtirok eta boshlaydi. Bunday gidroaralashmaning butun qattiq tarkibiy qismi yopishqoq ishqalanishda ishtirok etsa, Nyuton suyuqligi deb tasniflanishi mumkin va uni laminar oqim rejimida tashish mumkin.

Shunday qilib, Nyuton suyuqliklarining oqimiga qarshilikni aniqlaydigan eng muhim parametr qovushqoqlikdir, shundan kelib chiqadiki, dinamik tezlik gradiyentining keng diapazonida, oqim rejimlarining o'zgarishi bilan qovushqoqlik mos keladigan qiymatlarga ega bo'ladi.

Sanoatda Nyuton qonuniga bo'ysinmaydigan ko'plab suyuqliklar mavjud bo'lib, bu suyuqliklar - bu ularning qovushqoqligi qo'yilgan kuchlanish yoki siljish tezligiga qarab o'zgaradigan suyuqliklardir. Oddiy qilib aytganda, ular Nyutonning qovushqoqlik qonuniga bo'ysunmaydi, bu qonunga ko'ra suyuqlikning qovushqoqligi doimiy bo'lib, faqat haroratga bog'liq bo'ladi.

Nyuton qonuniga bo'ysinmaydigan suyuqliklar ikki asosiy turga bo'linadi:

1. Vaqtga bog'liq bo'lmagan (dilatant)suyuqliklar – Bunday suyuqliklarning qovushqoqligi qo'yilgan kuchlanish yoki siljish tezligi ortishi bilan ortadi. Ya'ni, ularga tezroq kuch bilan ta'sir qilsangiz, ular qattiqroq bo'lib qoladi.

Pseudoplastik suyuqliklar – Bunday suyuqliklarning qovushqoqligi qo'yilgan kuchlanish yoki siljish tezligi ortishi bilan kamayadi. Ya'ni, ularga tezroq kuch bilan ta'sir qilsangiz, ular suyuqroq bo'lib qoladi.

2. Vaqtga bog'liq bo'lgan suyuqliklar:

Tikotropik suyuqliklar – Bunday suyuqliklarning qovushqoqligi doimiy kuchlanish ostida vaqt o'tishi bilan kamayadi. Ya'ni, ularni uzoq vaqt davomida aralashtirsangiz, ular suyuqroq bo'lib qoladi.

Reopektik suyuqliklar – Bunday suyuqliklarning qovushqoqligi doimiy kuchlanish ostida vaqt o'tishi bilan ortadi. Ya'ni, ularni uzoq vaqt davomida aralashtirsangiz, ular qattiqroq bo'lib qoladi.



*Nima uchun Nyuton qonuniga bo'ysinmaydigan xususiyatlar yuzaga keladi?* – Bu suyuqliklarning molekulyar tuzilishi va zarrachalarning o'zaro ta'siri bilan bog'liq. Masalan, dilatant suyuqliklarda yuqori kuchlanish ostida zarrachalar tartibsiz ravishda yig'ilib, qovushqoqlikni oshiradi. psevdoplastik suyuqliklarda esa yuqori kuchlanish ostida molekulalar yo'naltiriladi va qovushqoqlik kamayadi.

Shuningdek mis boyitish jarayonida hosil bo'ladigan suyuqliklarni ko'pincha nonyuton suyuqliklar deb atash mumkin. Buning bir nechta sabablari bor:

1. *Qattiq zarralarning yuqori konsentratsiyasi:* Mis boyitish jarayonida hosil bo'ladigan dispers sistemalarda mayda mis rudasi zarralari, loy, qum va boshqa minerallar mavjud. Qattiq zarralarning yuqori konsentratsiyasi zarrachalararo o'zaro ta'sirlarni kuchaytiradi, bu esa suyuqlikning yopishqoqligiga ta'sir qiladi. Agar zarralar konsentratsiyasi yetarlicha yuqori bo'lsa, dispers Sistema dilatant yoki psevdoplastik xususiyatlarini namoyon qilishi mumkin.

2. *Polimer qo'shimchalar:* Mis boyitish jarayonida flotatsiya, flokulyatsiya va depressantlar kabi polimerlar qo'shiladi. Bu polimerlar dispers sistemaning yopishqoqligini o'zgartirishi mumkin va ko'pincha dilatant xususiyatlarini keltirib chiqaradi.

3. *Elektrokimyoviy ta'sirlar:* Mis rudasi zarralari sirtida elektrokimyoviy zaryadga ega bo'lishi mumkin. Zarrachalar orasidagi elektrostatik itarish yoki tortishish kuchlari dispers sistemaning reologik xususiyatlariga ta'sir qilishi mumkin.

4. *Vaqtga bog'liq xususiyatlar:* Ba'zi mis boyitish dispers sistemalari tiksotropik yoki reopektik xususiyatlarni namoyon qilishi mumkin. Bu degani, ularning yopishqoqligi vaqt o'tishi bilan o'zgaradi, bu esa ularning ishlov berilishini qiyinlashtiradi.

*Mis boyitish jarayonida hosil bo'ladigan tipik nonyuton xususiyatlar:*

*Psevdoplastiklik* – Ko'pgina mis boyitish dispers sistemalari psevdoplastiklik xususiyatlarini namoyon qiladi. Bu shuni anglatadiki, ularning yopishqoqligi nasos



orqali uzatish yoki aralashtirish kabi yuqori siljish tezligida kamayadi, bu esa ularni osonroq oqishiga imkon beradi.

*Dilatantlik* – Ba’zi yuqori konsentratsiyali mis boyitish dispers sistemalari *dilatantlik* xususiyatlarini namoyon qilishi mumkin. Bu shuni anglatadiki, ularning yopishqoqligi yuqori siljish tezligida ortadi, bu esa ularni nasoslar orqali uzatishni qiyinlashtiradi.

*Tiksotropiya* – Ba’zi boy mis boyitish dispers sistemalari tiksotropik xususiyatlarni namoyon qilishi mumkin. Bu shuni anglatadiki, ular tinch holatda turganida quyqaga o'xshash tuzilishga ega bo'ladi, lekin aralashtirilganda suyuqlashadi.

Mis boyitish dispers sistemalarining nonyuton xususiyatlarini bilish va ularni to'g'ri baholash jarayonni loyihalash, optimallashtirish va nazorat qilish uchun juda muhimdir. Bu quyidagilarga yordam beradi:

Gidrotransport tizimini loyihalash: Dispers sistemani to'g'ri nasoslaydigan nasosni tanlash.

Quvur o'lchamlarini aniqlash: Quvurlarda dispers sistemaning to'g'ri oqishini ta'minlash.

Aralashtirish jarayonini optimallashtirish: Dispers sistemani samarali aralashtirish.

Cho'kish havzalarini loyihalash: Qattiq zarralarning to'g'ri cho'kishini ta'minlash.

Xulosa qilib aytganda, mis boyitish jarayonida hosil bo'ladigan suyuqliklar, odatda, nonyuton xususiyatlarini namoyon qiladi, bu ularning tarkibi, qattiq zarralarning konsentratsiyasi va polimer qo'shimchalari bilan bog'liq. Bu xususiyatlarni bilish jarayonni loyihalash, optimallashtirish va nazorat qilish uchun juda muhimdir.

Nonyuton suyuqliklar Nyuton suyuqliklariga o'xshab, dinamik kuchlanishlarning chegaraviy deformatsiya tezligiga bog'liqligi to'g'ri chiziq bilan



ifodalanadi, bu suyuqliklar Bingam suyuqliklari deb nomlanadi va ichki ishqalanish qonunini tavsiflagan holda quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\tau = \tau_0 + \mu \cdot \frac{dv}{dy} = \tau_0 + \mu \cdot \dot{\gamma} \quad (1.1)$$

bu yerda  $\tau_0$  – siljishning boshlang'ich kuchlanishi (plastik deformatsiya);  $\mu$  - gidroaralashmaning qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Mineral xomashyoni qayta ishlash natijasida olingan qattiq dispers sistemali gidroaralashma asosan Bingam suyuqligiga (plastik qovushqoq suyuqliklar) o'xshaydi, lekin undan paydo bo'lish tabiati va o'zgaruvchan xususiyatlarning namoyon bo'lish mexanizmi bilan farqlanadi. Ideal suyuqliklarda qovushqoqlik xususiyatlarining mavjudligi suyuqlikning fizik-kimyoviy tuzilishiga bog'liq bo'lib, konsentratsiya gradiyenti, harorat yoki harakat miqdori mavjud bo'lganda hajm deformatsiyasi sodir bo'ladi va suyuqlik qatlamlarining dinamikasida qarshilik kuchlari paydo bo'ladi. Bunday holda alohida molekulyar zanjirlar uzunligi va shaklini o'zgartiradi. Molekulyar zanjirlarning shakli va uzunligining o'zgarishi boshlang'ich vaqt birligida o'zgaruvchan qatlamlarning dinamikasiga ta'sir etmaydi, bu esa siljishning boshlang'ich kuchlanishi  $\tau_0$  paydo bo'lishiga olib keladi. Natijada alohida molekulyar zanjirlarning uzunligi va shaklini o'zgartirish imkoniyatlari tugagach, suyuqlik oqimidagi alohida qatlamlarining dinamikasi kuzatiladi va ichki ishqalanish qonuni Bingam modeliga muvofiq ishlay boshlaydi. Mineral xomashyolarni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan dispers sistemali gidroaralashmalar uchta alohida (suv, uzluksiz muhit (doimiy) va qattiq zarralar fazadan iborat. Alohida olingan ushbu fazalarning har biri o'ziga xos xususiyatlari bilan ajralib turadi. Masalan, suv Nyuton suyuqligidir va Nyutonning qovushqoq ishqalanish qonuni to'liq amal qiladi. Diskret qattiq faza o'zining mexanik parametrlari, granulometrik tarkibi, qiyalik burchaklari va ichki ishqalanish qonuni va boshqalar bilan tavsiflanadi. Shunday qilib, dispers sistemali gidroaralashmalar hajmida qovushqoqlik xususiyatlarning paydo bo'lishi ham fizik hususiyat



(dipollarning hosil bo‘lishi), ham mexanik hususiyat (ishqalanish) bilan bog‘liq. Ichki ishqalanishning bunday modeliga muvofiq qovushqoqlik koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi

$$\mu_{ef} = \mu_p \cdot k_{st} \quad (1.2)$$

bu yerda  $\mu_{ef}$  - samarali qovushqoqlik (umumiy ta’sirning qovushqoqligi),  $k_{st}$ -strukturaviy koeffitsiyent.

Shuning uchun qovushqoqlik koeffitsiyentining qiymati gidroaralashma oqimining strukturaviy qovushqoqligi qiymatiga bog‘liq bo‘lib, bu nisbat bo‘yicha samarali qovushqoqlik bilan bog‘liq bo‘ladi:

$$\frac{\mu_{ef}}{\mu_{st}} = k_p \quad (1.3)$$

bu yerda -  $k_p$  nisbiy plastik qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Samarali qovushqoqlikning qiymatini gidroaralashma hajmidagi qattiq zarrachalarning konsentratsiyasiga bog‘liq deb hisoblash mumkin. Qattiq zarrachalar konsentratsiyasining oshishi bilan Nyuton qovushqoqligining qiymati oshadi va gidroaralashma hajmidagi konsentratsiyaning ma’lum bir chegaraviy qiymatida strukturaviy xususiyatlar namoyon bo‘la boshlaydi, strukturaviy qovushqoqlik va dastlabki dinamik kuchlanish paydo bo‘ladi.

Plastik va strukturaviy qovushqoqlikning nisbati (1.2) va (1.3) formulalardan aniqlanadi va quyidagicha yoziladi:

$$\mu_p = \mu_{st} \cdot \frac{k_p}{k_{st}} \quad (1.4)$$

Samarali qovushqoqlik umumiy qovushqoqlikning o‘rtacha qiymatini ifodalaydi va gidroaralashmaning oqim kesimidagi qattiq zarrachalar o‘rtacha konsentratsiyasining funksiyasidir. Strukturaviy qovushqoqlik oqim yadrosi



chegarasida gidroaralashma hajmining plastik deformatsiyasi paytida o'zini namoyon qiladi, uning qiymatida doimiy va eng katta ahamiyatga ega bo'ladi.

Yuqorida tahlil qilingan dispers gidroaralashmalarda qovushqoq xususiyatlar namoyon bo'lishining o'ziga xos hususiyatlarini hisobga olgan holda, plastik-qovushqoq suyuqliklar uchun Bingam modelini quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \cdot k_{st} \cdot \frac{dv}{dy} \quad (1.5)$$

yoki strukturaviy qovushqoqlik orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \cdot k_{st} \cdot \frac{dv}{dy} \quad (1.6)$$

Strukturaviy qovushqoqlik — bu dispers sistemaning ichki tuzilmasi (strukturasi) oqim vaqtida o'zini qanday tutishini, ya'ni qovushqoqlikning zarrachalararo bog'lanish va tashkil topgan tuzilmalarga bog'liqligini ifodalaydigan fizik xossa hisoblanadi. Bu qovushqoqlik faqat suyuqlikning o'ziga emas, balki uning ichidagi qattiq zarrachalar, ularning o'zaro ta'siri, konsentratsiyasi, shakli va ulanish tarmog'iga ham bog'liq bo'ladi. Nyuton bo'lmagan (noyuton) suyuqliklarda kuzatiladi – masalan, ko'p komponentli gidroaralashmalar, loyqalar, oqava suvlardagi dispersiyalar, reologik xossa hisoblanadi – bu suyuqlikning oqish va deformatsiyaga qarshi turish holatini anglatadi. Strukturaviy qovushqoqlik tashqi kuch (siljish kuchi, tezlik gradienti) ta'sirida kamayishi yoki o'zgarishi mumkin.

Fizik mexanizm – Dispers sistemalarda (masalan, gidrotransportdagi mis boyitish loyqalari yoki polimer modifikatsiyalangan aralashmalar) zarrachalar suyuqlikda suspenziya holida turadi. Ular o'zaro elektrostatik yoki mexanik aloqalarda bo'lib, tarmoq hosil qiladi. Bu tarmoq dastlab harakatga qarshilik qiladi → yuqori qovushqoqlik. Harakat kuchaygach (masalan, nasos bosimi bilan) tarmoq buziladi → qovushqoqlik kamayadi. Bu holat strukturaviy viskozlikning sindirilishi yoki strukturaviy destruksiya deyiladi. Strukturaviy qovushqoqlik — bu dispers



sistemalarning oqimdagi o'zgaruvchan holatlarini baholashda muhim parametr bo'lib, gidrotransport tizimlarida oqim silliqqligi, energiya sarfi va quvur yeyilishini boshqarishda katta ahamiyatga ega. Uni to'g'ri tushunish va hisobga olish oqilona modifikatsiyalash, nasos tanlash hamda tizimni samarali loyihalash uchun zarur. (1.5) va (1.6) formulalar samarali qovushqoqlik plastik-qovushqoq gidroaralashmalarining strukturaviy va plastik xususiyatlarini hisobga oladi

#### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Aziz H.A., Ling T.Y., Rahim N.A. Micro and macro analysis of restaurant wastewater containing fat, oil, grease (FOG): An approach based on prevention, control, and sustainable management // *Chemosphere*. – 2023. – Vol. 317. – P. 137-145.
2. Salama E., Hwang J.H., El-Dalatony M.M. The role of restaurant wastewater for producing bioenergy towards a circular bioeconomy: A review on composition, environmental impacts, and sustainable integrated management // *Environmental Technology & Innovation*. – 2022. – Vol. 27. – P. 102-115.
3. Lesage-Meessen L., Navarro D., Maunier S. Characterisation of food service establishment wastewater and its implication for treatment // *Journal of Environmental Management*. – 2019. – Vol. 249. – P. 109-120.
4. Wallace T., Gibbons D., O'Dwyer M. Problems with Fat, Oil, and Grease (FOG) in Food Industry Wastewaters and Recovered FOG Recycling Methods Using Anaerobic Co-Digestion: A Short Review // *Applied Sciences*. – 2018. – Vol. 8, No. 2. – P. 120-135.
5. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Onsite Wastewater Treatment Systems Manual // EPA/625/R-00/008. – Washington, DC: EPA, 2002. – 367 p.



6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Ichimlik suvi ta’minoti va oqova suvlarni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori loyihasi // Kun.uz sayti. – 2023.
7. He X., de los Reyes F.L., Leming M.L. Food-Service Establishment Wastewater Characterization // Water Environment Research. – 2006. – Vol. 78, No. 8. – P. 805-812.
8. Williams J.B., Clarkson C., Mant C. Fat, oil and grease deposits in sewers: Characterisation of deposits and formation mechanisms // Water Research. – 2012. – Vol. 46, No. 19. – P. 6319-6328.