

ДИСПЕРС СИСТЕМАНИНГ КИНЕМАТИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛИ

У.Р.Чоршанбиев

Тошкент давлат транспорт университети докторанти

Ж.Т.Озоджонов

Тошкент давлат транспорт университети бакалаврият талабаси

А.Ж.Обиджонов

Тошкент давлат транспорт университети докторанти

А.Р.Бабаев

Тошкент давлат транспорт университети доценти, Phd

Аннотация: *Қувурларда қаттиқ заррачаларнинг муаллақ ҳолатда ҳаракатланиши – турли хил сув ҳўжалиги мақсадлари учун мўлжалланган гидроиншоотларни ҳамда саноат ишлаб чиқариши, энергетика, қурилиши ва коммунал хўжаликларидида қўлланиладиган гидрожиҳозларни ҳисоблашда ва эксплуатациясида шубҳасиз инженерлик нуқтаи назардан қизиқиши уйғотади. Муаллақ ҳолатда бўлган ва суюқлик ёки газ билан бирга ҳаракатланадиган қаттиқ жисмлар икки фазали оқимни ҳосил қилади.*

Калит сўзлар. *Дисперс система, тезлик, қовушиқоқлик, гидротранспорт, ҳаракат режими.*

Кириш. Қаттиқ жисмнинг ҳаракатланиши ёки атрофидан суюқлик оқими айланиб ўтиши натижасида қўшимча гидравлик қаршиликлар юзага келади. Шунинг учун заррачага таъсир этувчи кучларни, ҳамда шу кучлар сабабли механик энергия сарфларини аниқлаш асосий масала бўлади. Ушбу масаланинг ечилиши суюқлик ва газ оқими таркибидаги қаттиқ жисмларни ҳаракатланиши билан чўкиш ходисалари содир бўладиган гидравлик тизимларни ҳисоблаш масаласига ўтишга имкон яратади.

Лойқали оқим ҳам напор билан, ҳам напорсиз ташилиши мумкин. Лойқали оқимнинг напорсиз ҳаракати қувурларда, напорсиз эса очик ўзанларда (лотоклар, тарновлар, каналлар, напорсиз қувурлар) амалга оширилади. Суюқликнинг ҳаракатланиши жараёнидагидек, асосий мақсад лойқали оқимни ҳаракатлантириш учун сарфланадиган механик энергияни, қувур ва ўзанлар ўлчамларини, энг мақбул сарфларни аниқлашдан иборат [1-2].

Қаттиқ заррачаларнинг муаллақ ҳолатда ташилиши, одатда ҳаракатнинг турбулент режимига хосдир. Оқим кинематикасига ундаги қаттиқ жисмларни мавжудлиги ва концентрацияси таъсир этади. Қаттиқ жисмлари муаллақ юрган суюқлик оқими кинематикаси суюқлик тезликларининг пульсацияловчи тузилмалари характери ва миқдори ҳамда оқим кесими бўйлаб қаттиқ заррачаларни тақсимланиши билан белгиланади.

Қаттиқ жисмлари муаллақ бўладиган суюқлик ҳаракати оқимнинг маълум ўртача тезлиги \mathcal{V} да амалга ошади, аммо қаттиқ жисмларнинг ҳаракат тезликлари u_r ушбу тезликдан фарқ қилади. Маълумки, турбулент ҳаракатдаги тезлик пульсациялари u'_x, u'_y, u'_z ўртача тезликнинг 14% гача бўлган тезликда ҳаракатланиши мумкин. Шунини айтиб ўтиш жоизки, пульсацияни маълум массага эга қаттиқ жисмларга бўлган таъсири ташувчи суюқликка кўрсатган таъсирга нисбатан камроқ бўлади. Турбулент оқимда муаллақ юрган заррачаларнинг ҳаракати суюқликдаги пульсациянинг шиддатига боғлиқ. Қаттиқ зарралар суюқ муҳитнинг турбулент пульсациясидан таъсирланади. Суюқликнинг турбулент аралашishi, тезлик ва босимнинг пульсацияланиши натижасида оқим ташувчи қаттиқ зарралар муаллақ ҳолатда ушлаб турилади. Муаллақ ҳолатда юрган заррачалар ўлчамига ҳамда уларни ташувчи суюқлик ҳажмига кўра қаттиқ зарраларнинг муаллақ ҳолатда ҳаракатланиши турли хил характерга эга бўлиши кузатилади [3-5].

Агар заррачанинг массаси анча катта бўлса, у оқим тубига чўкиб, тинч ҳолатда ётади ёки у ерда думалаб ҳаракатланади. Бундай жараён қувурлардаги босимли оқимларда ҳам, муаллақ заррачаларни ташувчи суюқликлар напорсиз ҳаракатланаётган очик ўзанларда ҳам кечиши мумкин.

Муаллақ заррачаларни ташувчи суюқликлар оқим ҳаракатланишининг физик жараёни ўта мураккаб жараёндир. Ватанимиз ва хориждаги турли муаллифлар тадқиқотлари шунини кўрсатадики, муаллақ заррачаларни ташувчи суюқлик ҳаракатининг физик жараёнини назарий таърифланиши ўта мураккаб ҳамда тақрибий характерга эга.

Муаллақ заррачаларни ташувчи суюқликларнинг гидродинамик тавсифига қаттиқ жисмларнинг гидродинамик йириклиги u_0 ҳам киради. Бундай суюқликлар оқимининг напорли ва напорсиз ҳаракати вақтида анча йирик заррачалар ўзан туби (деворлари)га чўкиб қолиши мумкин. Муаллақ заррачалар ўзан тубига чўкиши рўй берадиган оқимнинг ўртача тезлиги критик тезлик ($\mathcal{V}_{кр}$) дейилади. Оқимнинг қувур тубидан кўтарилувчи қаттиқ заррачалар ҳаракатланадиган энг кичик тезлиги жойдан кўзғалиш тезлиги $\mathcal{V}_{тр}$ деб ном олган.

Сувдаги қаттиқ заррачалар лойқали оқимни ҳосил қилади. Лойқали оқим деб, майда сунъий ёки табиий йўл билан майдаланган ва сув билан аралашган материалга айтилади. Агар заррачалар оқимда муаллақ ҳолатда сақланиб турган бўлса, лойқали оқимни Ньютон суюқлиги сифатида ҳам қабул қилиш мумкин. Лойқали оқимнинг қувурдаги ҳаракатини кузатишда унинг концентрациясини қувур кесими бўйича тақсимланишини кўриш мумкин. Оқим тезлиги катта бўлган ҳолларда қаттиқ заррачалар кесим бўйича бир маромда тақсимланиши ва бунда лойқали оқим тузилмаси бир хил деб ҳисоблаш мумкин бўлади. Оқим тезлиги камайганда йирикроқ заррачалар оғирлик кучи ҳисобига қувур тубига қараб ҳаракатланади ва бу ерда қаттиқ заррачалар концентрацияси ошиб боради.

Кувурда лойқали суюқлик ҳаракатини ўрганишга оид тажриба ишлари натижасида лойқали оқимнинг қуйидаги ҳаракат турлари кузатилди:

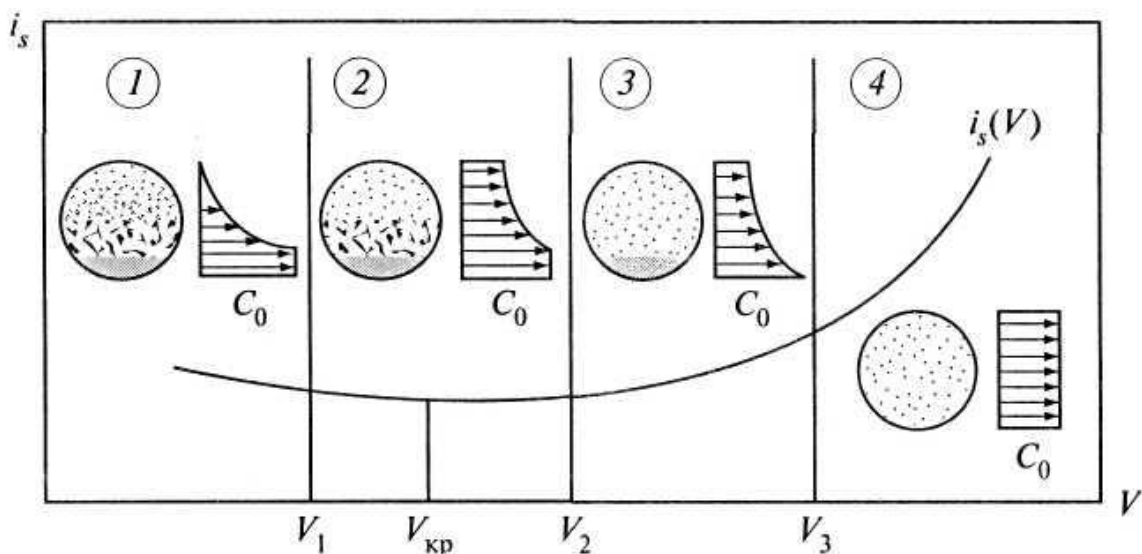
- сирпанувчи қатламлар кўринишида, қаттиқ заррачалар кувур тубида оқим узунаси бўйлаб ҳаракатланади (сирпанади);

- тўлқинлар кўринишида, заррачалар кувур тубида тўлқинсимон ҳолатда чўқади.

Қатлам юзасига яқин жойлашган заррачалар тўлқинлар юзи бўйлаб ҳаракатланади, тўлқинлар эса лойқали оқим оқими йўналиши бўйлаб жуда кичик тезлик билан ҳаракатланади.

Агар оқим тезлиги янада камайиб борса, кувур тубида чўқиндилар, лойқа қатлами ҳосил бўлади. Бу қатлам кувур тубида ҳаракатсиз ётган қаттиқ жисмлардан ташкил топади. Бундай қатлам устидан заррачалар сирпанувчи қатламлар ёки тўлқинлар кўринишида ҳаракатланиши мумкин, майда заррачалар эса муаллақ ҳолатда бўлади. Лойқали суюқлик ҳаракатланишида напорнинг гидравлик йўқотишлари сув ҳаракатланишидаги йўқотишларидан фарқ қилади, ва лойқали оқим турига боғлиқ бўлади. Ҳаракатнинг бир туридан бошқасига ўтиши оқимнинг маълум ўртача тезлигига тўғри келади.

1-расмда ўртача тезлик ϑ ва заррачаларни кесим бўйича концентрацияси C_0 га кўра кувурдаги солиштирма гидравлик қаршилик I нинг ўзгариш графикаи кўрсатилган ($I = l \cdot \frac{h_w}{V}$, бунда h_w – гидравлик йўқотишлар, l – кувур узунлиги).



1-расм. Дисперс система концентрациясини кувур кесими бўйлаб тақсимотида солиштирма гидравлик қаршилик ўзгариши

Қаттиқ зарраларни муаллақ ҳолатда ташувчи оқим ҳаракати турларининг тўртта ўзига хос зоналари графикда ажратиб кўрсатилган.

Биринчи зона (1) – доимий лойқа қатламга эга кувурда таркиби бир хил бўлмаган оқимда оқиш тури, $\vartheta < \vartheta_1$.

Тезлик ϑ_1 – кувур деворларида лойқа қатлами тўплана бошлайдиган тезлик. $\vartheta < \vartheta_1$ бўлганда доимий лойқа қатлам ҳосил бўлади.

Иккинчи зона (2) – $\vartheta_2 > \vartheta > \vartheta_1$ чегараларида жойлашади.

$\vartheta > \vartheta_1$ да қаттиқ жисмлар думалаб, сакраб–сакраб ҳаракатлана бошлайди, бунда кувур тубида сирпанувчи қатлам ёки тўлқинларни ҳосил бўлиши кузатилади. Тезлик ϑ_2 қадар ортиши натижасида заррачаларнинг сирпанувчи қатлами ва тўлқинлар йўқ бўлиб кетади.

Учинчи зона (3) – $\vartheta_3 > \vartheta > \vartheta_2$.

Бу таркиби бир хил бўлмаган оқимнинг оқиш турига боғлиқ.

Тўртинчи зона (4) – $\vartheta > \vartheta_3$.

Бундай ҳолларда катта тезлик ϑ ларда тезлик ва босимнинг пульсацияси ҳисобига концентрация кувур кесими бўйича етарли даражада тенг тақсимланганда, таркиби бир хил оқимлар ҳосил бўлади.

Солиштирма гидравлик йўқотишлар i_s нинг минимумига муаллақ заррачаларни ташувчи оқим ҳаракатини 2-зонасидаги ϑ_1 ва ϑ_2 тезликлар оралиғида бўлган критик тезлик $\vartheta_{кр}$ мос келади.

Кувурда гидравлик йўқотишларни ва ундаги ҳисобий сарфларни аниқлашда тезлик $\vartheta_{кр}$ асосий гидродинамик параметр ҳисобланади.

Қаттиқ материаллар заррачалари миқдорига кўра лойқали оқимлар қумли, қумли-шағалли, шлакли, кулли, кўмирли, торфли ва ҳ.к. бўлиши мумкин.

Лойқали оқимларнинг параметрларига лойқа заррачаларининг таркибий қисмининг таъсири алоҳида аҳамиятга эга. Лойқали оқимлар одатда маълум ўлчамга эга заррачаларга қараб таснифланади. Заррачалар ўлчами 0,15 мм гача бўлса, лойқали оқим кичик дисперсли ёки суспензия ҳисобланади.

Ўрта дисперсли заррачалари ўлчамлари 0,15 дан 2 мм гача ўзгарса, йириклиги 2 мм ортиқ бўлганида полидисперс лойқали оқим ҳисобланади.

Қаттиқ заррачалари ҳажм бўйича тенг тақсимланган оқим гомоген дейилади. Бу оқимда заррачалар ўлчамлари кичик бўлиб, лойқали оқим анча юқори ҳажмий концентрацияга эга бўлади.

Бунақа оқим ньютон суюқликларига мос ва суспензия кўринишида бўлади. Уларга оқова сувлар чўкиндилярини ҳаракатга келтирувчи оқимларга киради.

Қаттиқ фазанинг нисбий тезлиги - суюқ заррада унинг турбулент ўтказувчанлиги концепциясидан келиб чиқади, бунда қаттиқ зарралар ва оқимнинг суюқ таркибий қисми ҳар хил тезликда ҳаракатланади. Суюқликдан қаттиқ фазанинг чўкиш катталиги кўп кўрсаткичларга боғлиқ, булардан энг асосийси зарраларнинг гранулометриқ таркибидир.

Суюқлик ва қаттиқ фазалар тезлигидаги фарқ туфайли ва дисперс лойқали оқимга қаттиқ зарраларнинг аралашини таркиби оқимнинг ўртача тезлигига, зарраларнинг донадорлигига, зичлигига, концентрациясига қараб дисперс –лойқали оқим учта шаклга эга бўлиши мумкин:

- кувур линиясининг пастки қисми бўйича ҳаракатланиш;
- тўсатдан ҳаракатланиш;
- қаттиқ заррали оқим биргаликда суяқлик ҳаракатланиши.

Баъзи ҳолларда айланма ҳаракат, айниқса кичик заррачаларга хос бўлган ва Магнус эффектнинг пайдо бўлиши билан изохланадиган трансляция ҳаракатига нисбатан устунлик қилади, аммо экспериментал маълумотларда кўрсатилганидек, қаттиқ зарралар ҳаракати турига асосий таъсир ўртача оқим тезлиги ва заррачалар ҳажми омиллари билан тавсифланади.

Ҳар хил қаттиқ материалларнинг гидравлик аралашмаларида гидротранспортнинг турли шароитлари учун олинган мавжуд ҳисоблаш формуллари асосан эмпирик ва ярим эмпирикдир. Тадқиқотларнинг турли усуллари ва уларни амалга ошириш шартлари бир қатор аниқ ҳолатларда зиддиятли натижаларга олиб келади. Тадқиқотчиларнинг бир қисми критик тезлик қийматини визуал равишда аниқлайди, бошқалари эса минимал босим йўқотиш қийматидан график–аналитик усул ёрдамида аниқлайди. Критик тезликни экспериментал аниқлашларда турли хил ёндашувлар охир-оқибат, уни назария ва амалиётда қўллашни қийинлаштирадиган турли хил натижаларга олиб келади.

Бир хил ва майда дондорликдаги қаттиқ зарралар гидротранспортида 10-15 % дан кам бўлган концентрацияда критик тезлик режимида минимал босим йўқотилиши кузатилади. Концентрациянинг ортиши билан маълум шароитларда минимал йўқотишлар критик тезликнинг қийматлари ортишини кўрсатади ва юқори концентрацияли майда дондорликдаги қаттиқ зарраларни гидротранспортида критик тезлик тушунчаси амалда ўз маъносини йўқотади.

Критик тезлик бир қатор параметрларнинг бир даража ёки бошқа даражадаги функцияси бўлиб, лойқали оқимни тавсифлайди:

$$\vartheta_{кр} = f(d_0, \rho_s, \rho_h, D, C, V_m) \quad (1)$$

Критик тезликнинг заррачалар ўртача диаметрига боғлиқлигини ўрганиш шуни кўрсатадики, қаттиқ зарра дондорлиги тезлик қийматини заррача катталигининг маълум чегаравий қийматига таъсир қилади.

Муаллақ заррачаларни ташувчи оқимнинг шаклланган ҳаракатида z ўқини кузатилаётган оқим тарафига йўналтирамиз:

$$\left(\frac{dp}{dz} \right)_{кр} = \frac{2\tau_0}{R} \quad (2)$$

Бу тенглама физик жиҳатдан лойқали оқим элементида қўйилган кучлар мувозанатини ифодалайди.

Лойқали оқимнинг ўртача ҳаракат тезлигини ϑ билан ифодалаб, ϑ учун ва бошқа ишларга асосланган ҳолда қуйидагини ҳисоблаб топамиз:

$$\tau = \rho_0 \frac{\lambda_c \mathcal{G}_2^2}{8}. \quad (3)$$

Диссертациянинг биринчи бобида кўрсатиб ўтилганидек, оқимнинг муайян ҳаракат тезликларида маълум катталиқдаги қаттиқ заррачаларни оптимал диаметр деб номланган маълум ўлчамларида тўлиқ муаллақ ҳолатга келтириш мумкин, оқим тезлигига кўра энг мақбул диаметрни аниқлаш учун қуйидаги боғланиш таклиф этилган:

$$d_0 = \sqrt{\frac{18\mu\mathcal{G} \frac{1}{\rho g} \frac{dp}{dz}}{g(\rho_t - \rho)}}. \quad (4)$$

Бажарилган ишлар таҳлилидан оқимнинг айнан шу гидравлик йирикликдаги заррачалар ташувчи суюқлик тезлиги билан ташила бошланадиган ўртача тезлиги ҳақида бизга маълум.

Шундай қилиб, $\left(\frac{dp}{dz}\right)_{кр}$ босимнинг чекли градиенти лойқали оқимларни қувурдаги барқарор (лойқа билан тўлиб қолмасдан) ҳаракатланиш режими шартидан аниқланиши лозим.

Шунда [1] ва б. мувофиқ қуйидагича аниқланади:

$$\frac{dp}{dz} = \frac{d_0^2 g(\rho_t - \rho) gV}{18\nu} \quad (5)$$

Олиб борилган тадқиқотларда критик тезликнинг заррачаларнинг ўртача диаметрига боғлиқлигини ўрганиш шуни кўрсатадики, қаттиқ зарра дондорлиги тезлик қийматини заррача катталигининг маълум чегаравий қийматига таъсир қилади. Критик тезлик миқдорини баҳолашда қаттиқ заррачалар гранулометриқ таркибига алоҳида инобатга олиш лозимлиги қайд этилган.

Юқорида баён этилганларга таяниб, қаралаётган оқим учун ишқаланиш ва босим кучларининг мувозанатидан келиб чиқиб критик тезлик учун қуйидаги ҳисоблаш формулалари таклиф этилган:

бир хил диаметрли қаттиқ заррача лойқалик оқим учун критик тезлик:

$$\mathcal{G}_{кр} = \sqrt[3]{\frac{D}{\mu_n \lambda_n}} \sqrt[3]{d_i^2} \quad (6)$$

турли хил диаметрли қаттиқ заррача лойқали оқим учун критик тезликни қуйидагича топишни таклиф берамиз:

$$\mathcal{G}_{кр} = \beta \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{\mu_n \lambda_n}} \sqrt[3]{d_i^2} \quad (7)$$

Бунда λ_n - лойқали оқимнинг гидравлик ишқаланиш коэффициентини; β - каттик заррачаларнинг ҳар хил ўлчамларини инобатга олувчи коэффициент; d_i - каттик заррача диаметри; D - қувурнинг диаметри; μ_n - лойқали оқим динамик коэффициентини.

Каттик заррачаларнинг ҳар хил ўлчамларини инобатга олувчи коэффициент куйидагича аниқланган:

$$\beta = f\left(\frac{d_{10}}{d_{90}}\right)$$

Бу ерда: d_{10} ва d_{90} - мос равишда каттик заррачанинг фоиздаги миқдори, d_{10} ва d_{90} - каттик заррачанинг гранулометрик таркиби асосида аниқланади.

Шундай қилиб, напорли қувурларда лойқали муҳит ҳаракати назариясининг маълум имкониятларидан фойдаланиб, таклиф этилаётган критик тезлик орқали каттик заррачалар гидротранспорти гидравлик параметрларининг ҳисобий боғлиқликлари таклиф этилган.

Лойқали оқимнинг критик тезлигини аниқлашда гидравлик ишқаланиш коэффициентини тажрибалар асосида аниқланган.

Бунинг учун қувурларнинг гидравлик ҳисобини тажрибалар асосида аниқлаш формуласидан сарф коэффициентини куйидагича аниқланган:

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{\lambda l \cdot D}} \quad (8)$$

Юқоридагилардан келиб чиқиб, напорли қувурдаги гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш куйидаги формула асосида бажарилади:

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{\mu^2} \quad (9)$$

Кейин гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш учун куйидаги боғлиқликка эгамиз:

$$\lambda = \frac{D}{l} \left(\frac{1}{\mu^2} \right) \quad (10)$$

Шундай қилиб, лойқали оқимнинг гидравлик ишқаланиш коэффициентини тажрибада аниқлаш учун янги боғланиш таклиф этилди (10). Ушбу формуланинг таҳлили махсус бажарилган экспериментлар асосида амалга оширилган. Экспериментлар махсус яратилган лаборатория қурилмасида олиб борилди.

Юқорида келтирилган ҳаракат шакллариининг биринчиси ўртача диаметри бир неча миллиметрга тенг бўлган жуда кенг тарқалган дисперс каттик зарралар учун кузатилади.

Математик тавсиф учун ҳаракатнинг иккинчи шакли энг мураккабдир, чунки ҳозирги кунга қадар бундай курсни тўлиқ тадқиқ этиш етарли даражада эмас эди.

Биринчи марта Данел ва Дюран қаттиқ зарраларнинг бундай ҳаракат турига эътибор қаратдилар.

Тезликлар фарқини ифодаловчи оддий мисол - бу қувурнинг чиқиш жойида ва унинг узунлиги бўйича кўндаланг кесими бўйича лойқали оқимнинг зичлиги билан ҳарактерланади.

Турли хил лойқали оқимлар учун олинган қийматлар бир биридан фарқ қилади. Ўлчов мосламалари, алоҳида фазаларнинг ташиш тезлигига эмас, балки қаттиқ фазаларнинг массасининг миқдорига мосланган. Бунга асосланган қаттиқ материал ва суюқликнинг умумий массаси оқимнинг узулуксизлиги бир хил бўлади, аммо аралашманинг ҳажмидаги таркиби бошқача бўлади.

ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

9. Крайко А.Н., Стернин Л.Е. К теории течения двухскоростной сплошной среды с твердыми или жидкими частицами // Прикл. математика и механика. -1965.-29, вып.3- С.418-429.

10. Криль С.И. Напорные взвесенесущие потоки. Киев:Наук. думка,1990.-160с.

11. Колесникова Т.В. Гидравлика пневмобарьерных комплексов бесплотинных водозаборов насосных станций на равнинных реках. - Владикавказ: Сев. Осетин. гос. ун-т, 1998. - 193 с.

12. Modification of dispersed systems and its effect of the internal corrosion of hydrotransports Umar Chorshanbiev, Ahmadjon Ibadullaev, Durdona Toshpulatova, Askar Babaev and Bahadir Kakharov E3S Web Conf., 383 (2023) 04032 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304032>

13. Rakhimov, K., Babaev, A., Chorshanbiev, U., & Obidjonov, A. (2021). Modification of dispersion systems and its motion in cylindrical pipes. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 03026). EDP Sciences.

14. Umar, C., Akhmadjan, I., Askar, B., & Sultanmurod, K. (2022). Theoretical analysis of reduction of pressure and energy loss due to pipe friction through modification of dispers systems. *Universum: технические науки*, (8-3 (101)), 28-32.

15. Чоршанбиев, У. Р. Ў., Ибадуллаев, А., Бабаев, А. Р., & Махкамов, Д. А. У. (2022). Дисперс системалар қовушқоқлигининг гидротранспорт тизимларидаги ишчи қурилмаларга таъсирини ҳисоблаш. *Academic research in educational sciences*, 3(TSTU Conference 1), 678-681.

16. Ibadullaev, A., Teshabayeva, E., Kakharov, B., & Babaev, A. (2022, June). Elastomeric materials based on new ingredients. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2432, No. 1, p. 030021). AIP Publishing LLC.

17. Омондавлатов, С. С., Обиджонов, А. Ж., & Бабаев, А. Р. (2022). Темир йўл корхоналари оқова сувларини тозалаш усуллари. *Scientific aspects and trends in the field of scientific research*, 1(5), 109-113.

18. Тухтаров, Н. Н., Бабаев, А. Р., Обиджонов, А. Ж., & Чоршанбиев, У. Р. (2023). Саноат корхоналари оқова сувлар таркиби, уларнинг ҳосил бўлиш жараёнлари, корхона сув истеъмоли сарфи. Theory and analytical aspects of recent research, 1(12), 146-151.