ISSIQLIKBARDOSH BAZALT TOLASI ASOSIDA YENGIL SEMENT CHANGTUTGICH FILTRI KONSTRUKSIYASINI LOYIHALASH VA ASOSLASH

Umirzaqov Zuxriddin Axtamjonovich
Farg'ona Davlat Texnika Universiteti
E-mail: zuxriddin130988@mail.ru

Annotatsiya: *Ushbu maqolada O'zbekiston sement sanoati sharoitida yuqori haroratli va abraziv chang- gaz oqimlarini samarali tozalash maqsadida issiqlikbardosh bazalt tolasi asosida yengil (massasi kamaytirilgan) modulli changtutgich filtr konstruksiyasini loyihalash va asoslash masalalari yoritildi. Tadqiqotda amaliy sinov natijalariga tayanmasdan, konstruktorlik yechimining ilmiy-metodik bazasi shakllantirildi hamda filtrlash jarayonini tanlash va baholash uchun asosiy hisobiy bog'lanishlar keltirildi: filtr yuzasi $A = Q/v_f$, elementlar soni $N = \lceil A/A_1 \rceil$, bosim yo'qotilishi $\Delta P = \mu v_f (R_m + R_c)$. Mualliflik yondashuvida "yengil modul" konsepsiyasi metall sarfini qisqartirish, frontal servis orqali tez almashtirish, germetiklikni muhr-kompensator tugunlari bilan kuchaytirish, hamda pulse-jet regeneratsiyada nozzle–venturi geometriyasini standartlashtirish orqali ΔP barqarorligini ta'minlashga yo'naltirildi. Bazalt tolali filtrlovchi muhit esa issiqlikbardoshlik, abraziv muhitga chidamlilik va ko'p qatlamli (gradient) filtrlash arxitekturasi orqali cake hosil bo'lishini boshqarish imkoniyatlari bilan asoslandi. Natijada O'zbekiston sharoitida ekologik me'yorlarga mos, servisga qulay va energiya tejamkor changtutgich filtr tizimini yaratish uchun loyihaviy-texnik platforma taklif etildi; keyingi bosqichda laboratoriya va sanoat sinovlari orqali samaradorlik ko'rsatkichlarini miqdoriy baholash tavsiya etildi.*

Kalit so'zlar: *bazalt tolasi, issiqlikbardosh filtr, changtutgich filtr, sement changi, baghouse, patronli filtr, kassetali filtr, modulli konstruktsiya, filtrlash tezligi, bosim yo'qotilishi*

Kirish

Sement ishlab chiqarish jarayonlarida (xomashyo maydalash, klinker sovutish, sement tegirmoni, transport va qadoqlash) katta miqdorda chang ajraladi; changning abrazivligi, dispersligi hamda gaz oqimining yuqori harorati klassik filtr materiallarining tez eskirishi va aerodinamik qarshilikning ortishiga olib keladi. Shu sababli yuqori haroratga chidamli, mexanik barqaror va uzoq muddat regeneratsiyalanadigan filtrlovchi elementlarni qo'llash dolzarblashmoqda.

O'zbekiston sharoitida atmosfera havosini muhofaza qilish bo'yicha normativ-huquqiy talablar doirasida statsionar manbalardan chiqindilarni me'yorlash va ruxsat berish mexanizmlari mavjud. O'zbekistonda "Atmosfera havosini muhofaza qilish to'g'risida"gi qonunchilik doirasida har bir statsionar manba bo'yicha MEQ (maksimal yo'l qo'yiladigan emissiya) me'yorlari belgilanishi va nazorat qilinishi

ko'zda tutiladi. Shuningdek, Ekologiya yo'nalishidagi rasmiy axborotlarda sement korxonalari zamonaviy chang-gaz tozalash uskunalarini yuqori filtrlash samaradorligi bilan o'rnatishi zarurligi ta'kidlanadi.

Xalqaro amaliyotda sement sanoati uchun chang emissiyasini kamaytirishda matoli (fabric) filtrlar eng samarali yechimlardan biri bo'lib, BAT yondashuvlari chang emissiyasi darajalarini odatda <10–20 mg/Nm³ oralig'ida ushlab turishga yo'naltiradi. Shu kontekstda bazalt tolasi asosidagi issiqlikbardosh filtr materiallari "yuqori harorat + abraziv muhit" kombinatsiyasiga mos keluvchi istiqbolli yo'nalish sifatida qaraladi [1-5].

Adabiyotlar tahlili

Sement sanoatida chang ajralishi va uni samarali ushlash masalasi xorijiy adabiyotlarda, avvalo, **BAT (Best Available Techniques)** konsepsiyasi va emissiyani me'yorlash yondashuvi bilan izohlanadi. Xususan, Yevropa Komissiyasining sement/ohak/MgO ishlab chiqarish bo'yicha BAT xulosalarida chang emissiyasini kamaytirishda **matoli filtrlar (fabric filters/baghouse, ba'zan gibrid yechimlar)** asosiy "eng maqbul texnika" sifatida ko'rsatiladi va chang bo'yicha BAT-AEL (BAT bilan bog'liq emissiya darajalari) mg/Nm³ darajada qat'iy diapazonlarda beriladi; bu talablar filtr konstruksiyasida germetiklik, regeneratsiya barqarorligi va bosim yo'qotilishi (ΔP)ni nazorat qilishni birlamchi mezon sifatida belgilaydi. Shu mantiq AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA)ning Portland sement ishlab chiqarish bo'yicha AP-42 hujjatlarida ham davom ettiriladi: pech va boshqa asosiy uchastkalarda PM (particulate matter) emissiyasini boshqarishda **pulse-jet/reverse-air** turidagi matoli filtrlar va ESPlar tipik nazorat vositalari sifatida qayd etilib, loyiha bosqichida dastlabki "tayanch" bo'ladigan tipik chiqish yuklamalari ham keltiriladi.

Ilmiy tadqiqotlarda baghouse tizimining samaradorligi filtr matosining o'zi bilan emas, balki **filtrlash tezligi (air-to-cloth), chang konsentratsiyasi, cake qatlamining shakllanishi va regeneratsiya sikllari** bilan boshqariladigan murakkab jarayon sifatida qaraladi. Masalan, Saleem va hammualliflar pilot miqyosdagi pulse-jet bag filterda filtrlash tezligi va chang konsentratsiyasi o'zgarganda cake zichligi hamda solishtirma qarshilik (specific cake resistance) qanday ortishini ko'rsatib, ΔP o'sishining fizik sabablarini asoslaydi; bu natijalar konstruktorlik nuqtayi nazaridan filtr yuzasini "konservativ" tanlash, cake boshqaruvini (prefiltr/gradient qatlam) ko'zda tutish va regeneratsiya rejimini optimallashtirish zarurligini ko'rsatadi. Pulse-jet regeneratsiyaning o'zi bo'yicha Cai va hamkorlar tozalash oqimi hosil bo'lish mexanizmini modellashtirib, impuls oqimining kinetikasi va geometriya (jumladan, venturi/nozzle konfiguratsiyasi) tozalash intensivligiga sezilarli ta'sir qilishini bayon etadi; keyingi tajriba ishlanmalarida venturi konstruksiyalari peak bosim va tozalash samaradorligini oshirishi mumkinligi alohida ko'rsatiladi. Demak, 2.1 bo'lim (konstruksiyani loyihalash) uchun adabiyotlar bevosita "yengil modul" konsepsiyasini qo'llab-quvvatlaydi: impulsli puflash kanallarini standartlashtirish,

venturi/nozzle geometriyasini hisobli tanlash, ichki aerodinamikani (chang qayta ko'tarilishi) kamaytiradigan bunker va oqim yo'naltirgichlarini to'g'ri joylashtirish.

Yuqori haroratli va abraziv muhitda filtr materiali tanlovi bo'yicha xorijiy manbalarda bazalt tolasi alohida istiqbolli yo'nalish sifatida ko'riladi. Medvedyev va Tsybulya "hot gas filtration" sharoitida bazalt kompozit filtr materiallari uzoq muddat ekspozitsiyada mexanik mustahkamlikni nisbatan barqaror saqlashi va yuqori haroratli zarrachalarni ushlash imkoniyatini muhokama qiladi; bu esa sement pechi va issiq gaz yo'nalishlarida issiqlikbardosh filtr elementi yaratish g'oyasini kuchaytiradi. Shu bilan birga, yuqori harorat segmentida alternativ sifatida metall tolali bag filterlar ham ko'rib chiqiladi: Zhang va hammualliflar metall tolali bag filterlarning >280 °C kabi yuqori haroratlarda va ultramayda zarrachalar sharoitida qo'llanishini tahlil qilib, dizayn hamda regeneratsiya samaradorligi "bottleneck" ekanini ta'kidlaydi; bu sizning maqolada bazalt tolasi (kompozit) yechimining iqtisodiy-texnologik asosini va "yengil konstruksiya"ning servis/energiya samaradorligi bilan bog'lanishini mantiqan ochib beradi [6-10].

Mahalliy adabiyotlar kontekstida O'zbekistonda sement korxonalarida hosil bo'ladigan chang-gaz oqimlarining fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish, chang dispers tarkibini tahlil qilish va mavjud chang tozalash qurilmalarini baholashga qaratilgan ishlar uchraydi. Jumladan, "TERRA NOVA SEMENT" ishlab chiqarish jarayonlari misolida changli gazlar va chang tozalash qurilmalari bo'yicha tahliliy natijalar berilib, bunday obyektlarda changning xossalari va tozalash samaradorligi o'rtasidagi bog'liqlik muammosi ko'rsatiladi; bu sizning 2.1 bo'limda taklif qilayotgan konstruktiv yechimlaringiz (germetiklik, modul almashtirish qulayligi, regeneratsiya geometriyasi) uchun "mahalliy muammo–mahalliy yechim" asosini yaratadi. Bazalt tolasi bo'yicha mahalliy manbalarda uning tarkibi, olinishi va qo'llanish yo'nalishlari sharhlanadi, bu esa filtr materialini tanlashga doir ilmiy asosni kengaytiradi; kompozit materiallar uchun mineral tolalarni tanlash masalalari bo'yicha mahalliy ilmiy ishlar ham bazalt tolani funksional tolalar sinfiga kiritish va konstruksiyada "issiqlikbardosh qatlam" sifatida asoslashga yordam beradi. Shuningdek, mamlakatda atmosfera havosini muhofaza qilish bo'yicha huquqiy baza (asosiy qonun) mavjudligi ilmiy-ishlab chiqarish loyihalarini amaliyotga joriy etishda emissiyani me'yorlash va nazorat talablarini hisobga olish zarurligini belgilaydi; bu maqolangizda "yengil modulli filtr konstruksiyasi"ning aynan mahalliy sharoitga mosligi va joriy etish mantiqini mustahkamlaydi [11-15].

Natija va muhokama

Ushbu tadqiqotda eksperimental o'lchovlar bilan emas, balki loyihaviy-hisobiy natijalar (konstruktiv yechim, asosiy parametrlarni tanlash mezonlari va hisoblash orqali olingan texnik ko'rsatkichlar diapazoni) bilan ifodalanadi; ya'ni maqsad — issiqlikbardosh bazalt tolasi asosida yengil (massasi kamaytirilgan) modulli changtutgich filtrini O'zbekiston Respublikasi sement sanoati sharoitiga moslab

asoslash — quyidagi vazifalar zanjiri orqali "hisobiy natija"ga aylanadi:

(1) konstruktiv arxitektura (modul, germetiklik, issiqlik kompensatsiyasi, servis qulayligi)ni belgilash;

(2) filtrlash rejimi va filtr yuzasini tanlash;

(3) ΔP (bosim yo'qotilishi) dinamikasini cake boshqaruvi va pulse-jet regeneratsiya geometriyasi bilan barqaror ushlab turish.

Ushbu zanjirda birinchi vazifa bo'yicha natija — "yengil modul" konsepsiyasining texnik mazmuni: filtrlovchi elementlar (patron/kasseta) standart bloklarga ajratiladi, frontal servis yo'li bilan elementlar tez almashtiriladi, yuqori harorat ta'sirida deformatsiyani kompensatsiya qiluvchi muhrlar (issiqlik kengayishi uchun elastik kompensatorlar) orqali korpus-g'ilof ulanishlarida sızdırmaslik ta'minlanadi; shu bilan birga metall sarfini kamaytirish ramka qovurg'alarini (stiffener) optimallashtirish, ortiqcha qalinliklarni qisqartirish va "tashuvchi karkas + almashtiriladigan filtr paketi" prinsipiga o'tish orqali asoslanadi. Ikkinchi vazifa (filtrlash rejimi) bo'yicha natija hisoblash bilan beriladi: gaz sarfi Q va filtrlash tezligi v_f tanlanganida zarur filtr yuzasi klassik loyihaviy bog'lanish bilan aniqlanadi,

$$A=Q/v_f,$$

bu yerda: A — umumiy filtr yuzasi (m^2),

Q — gaz sarfi (m^3/s),

v_f — filtrlash tezligi (m/s).

Mazkur bog'lanish "yengil modul"ning geometriyasi va elementlar sonini bevosita belgilab beradi: ya'ni konstruktsiya avval maqsadga muvofiq v_f diapazonini (sement changining dispersligi, abrazivligi, namligi va regeneratsiya turini inobatga olgan holda konservativ) tanlaydi, so'ng A bo'yicha patron/kassetalar soni N aniqlanadi: $N = \lceil A/A_1 \rceil$, bu yerda A_1 — bitta elementning effektiv filtr yuzasi. Uchunchi vazifa (ΔP barqarorligi) bo'yicha natija ham formula orqali asoslanadi: matoli filtrlar uchun soddalashtirilgan qarshilik modeli sifatida Darcy tipidagi ifoda qo'llanadi,

$$\Delta P = \mu v_f (R_m + R_c),$$

bu yerda μ — gazning dinamik qovushqoqligi (Pa·s),

R_m — toza filtr muhitining gidravlik qarshiligi (1/m),

R_c — cake (chang qatlami)ning ekvivalent qarshiligi (1/m).

Ushbu munosabat muhokamada juda muhim: bazalt tolasi issiqlikbardosh bo'lgani bilan ΔP ning asosiy "drayveri" ko'pincha R_c (cake) bo'ladi, demak konstruktsiyada cake'ni boshqaradigan yechimlar — gradient (prefiltr+asosiy qatlam) uchun joy, changning qayta ko'tarilishini kamaytiradigan bunker aerodinamikasi, hamda pulse-jet impulsining bir tekis taqsimlanishini ta'minlaydigan nozzle–venturi geometriyasi — natijaning ajralmas qismi sifatida qaraladi.

Quyidagi jadvalda "natija" sifatida maqolada ishlatiladigan asosiy belgilar va loyihaviy parametrlar tizimlashtirildi; bu, amaliy o'lchovlar bo'lmaganda ham,

maqolani ilmiy-uslubiy jihatdan "hisobiy asoslangan" holga keltiradi.

1-jadval.

Tadqiqotda maqolada ishlatiladigan asosiy belgilar va loyihaviy parametrlar

Belgilanish	Mazmuni	Birlik	Izoh (loyihaviy talqin)
Q	Gaz sarfi	m^3/s (yoki $m^3/soat$)	Aspiratsiya nuqtasi (tegirmon, sovutgich, qadoqlash) bo'yicha olinadi
v_f	Filtrlash tezligi	m/s (yoki m/min)	Konservativ tanlanadi, keyin sinov bilan optimallashtiriladi
A	Umumiy filtr yuzasi	m^2	$A = Q/v_f$
ΔP	Bosim yo'qotilishi	Pa	Ishchi diapazon energiya sarfini belgilaydi
μ	Qovushqoqlik	Pa·s	Harorat oshishi bilan ortadi
R_m	Filtr muhit qarshiligi	1/m	Toza filtr (bazalt tolali qatlam)ga bog'liq
R_c	Cake qarshiligi	1/m	Chang yuklamasi va regeneratsiya sikliga bog'liq
A_1	Bitta element yuzasi	m^2	Patron/kasseta geometriyasiga bog'liq
N	Elementlar soni	dona	$N = \lceil A/A_1 \rceil$

Maqolada O'zbekiston sharoiti uchun "ko'rsatma" sifatida bir tipik loyihaviy ssenariy keltirish maqsadga muvofiq: masalan, aspiratsiya tizimi uchun Q = 50 000 m^3/soat (ya'ni Q = 13.89 m^3/s) deb olinib, uch xil filtrlash tezligi ssenariysi ko'riladi; havo qovushqoqligi issiq gaz sharoitida $\mu \approx 2.5 \times 10^{-5}$ Pa·s deb qabul qilinadi (aniq qiymat haroratga bog'liq), bazalt tolali muhit uchun R_m va cake uchun R_c esa loyihaviy baho sifatida tanlanadi (masalan, $R_m = 2 \times 10^8$ 1/m, $R_c = 6 \times 10^8$ 1/m). Bu yondashuvning ilmiy qiymati shundaki, muhokamada ΔP ning "qaysi parametrlar evaziga oshishi" ochiladi va konstruktorlik choralari (gradient qatlam, regeneratsiya geometriyasi, aerodinamik yechim) aynan qaysi hadni — R_c ni — boshqarishga qaratilgani ko'rsatiladi. Quyidagi jadval hisobiy natijani ixcham ko'rsatadi (bu yerda ΔP Darcy modeli bo'yicha hisoblangan):

2-jadval

Hisobiy natija

Ssenariy	v_f (m/min)	$A = Q/v_f$ ΔP (m²)	$= \mu v_f(R_m + R_c)$ (Pa)	Agar $A_1 = 15$ m² bo'lsa, N (dona)
1	0.8	1041.67	266.67	70
2	1.0	833.33	333.33	56
3	1.2	694.44	400.00	47

Ushbu jadval muhokamasida ilmiy xulosa quyidagicha shakllanadi: v_f oshishi filtr yuzasini kamaytiradi (konstruksiya ixchamlashadi, elementlar soni kamayadi), biroq ΔP ortishi ehtimoli kuchayadi; sement changi kabi abraziv va ko'pincha dispers tarkibli muhitda ΔP ning ortishi energiya sarfini oshirib, regeneratsiya sikllarini tezlashtiradi va filtr resursiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun "yengil modul" konsepsiyasi faqat metall massasini kamaytirish bilan cheklanmaydi: u, bir vaqtning o'zida, ΔP barqarorligini saqlaydigan konstruktiv yechimlarni (gradient qatlam uchun filtr paket arxitekturasi, impulsli puflashning bir tekis taqsimoti, cake qayta ko'tarilishini kamaytiradigan bunker aerodinamikasi) majburiy tarzda o'z ichiga oladi. Aynan shu yerda bazalt tolasi tanlovining konstruktiv mantiqi ochiladi: bazalt tolali qatlam yuqori haroratda strukturaviy barqarorlikni qo'llab-quvvatlashi, abraziv chang sharoitida eskirishni sekinlashtirishi va ko'p qatlamli strukturani tashkil etishga qulay bo'lishi kerak; natijada "material" emas, "material + konstruktsiya + rejim" tizimi barqaror ishlashga yaqinlashadi [16-19].

"Yengil" dizaynning alohida muhokama qilinadigan natijasi — massa va servis ko'rsatkichlari bo'yicha kutiladigan yutuqni texnik ko'rsatkichga aylantirishdir. Konstruksiyaning taxminiy massasi umumiy holda

$$M = \rho V$$

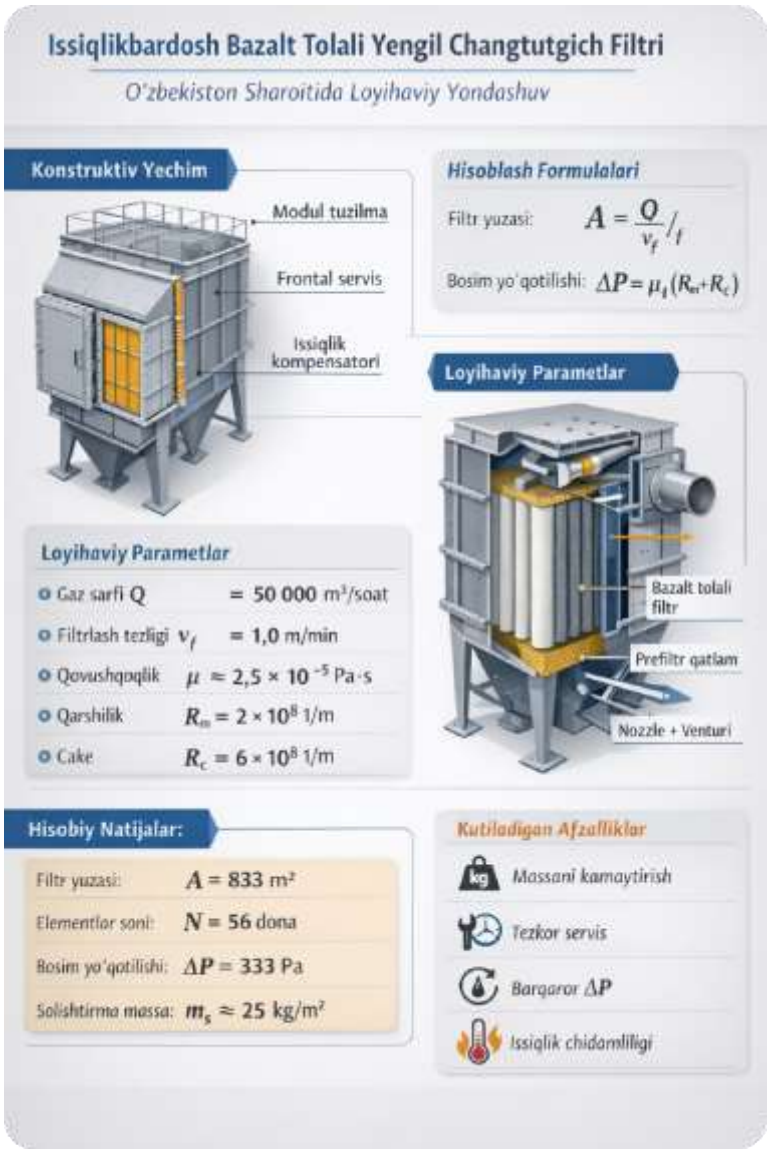
yoki amaliy loyihalashda qulayroq ko'rinishda "bir modulga to'g'ri keladigan solishtirma massa" orqali $M \approx m_s \cdot A_{mod}$ tarzida baholanadi (bu yerda m_s — m² ga to'g'ri keladigan konstruktiv massa, A_{mod} — modulning konstruktsiya maydoni).

Optimallashtirishdan maqsad m_s ni pasaytirish, biroq vibratsiya, impulsli puflash tebranishlari va issiqlik kengayishlari sharoitida qattiqlikni yetarli saqlashdir; shu bois ramka qovurg'alarining joylashuvi, panel qalinligi, biriktirish tugunlari va germetik muhrlar dizayni "yengillashtirish–ishonchlilik" kompromissi sifatida ko'riladi. Natijani maqolada aniqroq ko'rsatish uchun quyidagi kabi loyihaviy taqqoslash jadvali kiritilishi mumkin (bu yerda qiymatlar tajriba emas, loyihaviy baho sifatida beriladi va keyingi bosqichda sinov/ekspluatatsiya bilan aniqlashtirilishi qayd etiladi):

3-jadval

Ko‘rsatkich	An’anaviy (monolit) yechim	Taklif etilayotgan yengil modul	Muhokama (kutiladigan ta’sir)
Korpus/ramka massasi, M	yuqori	15–30% kamayishi mumkin	Metall sarfi va montaj yuklamasi kamayadi
Servis (element almashtirish)	vaqt talab etadi	tez (frontal modul)	To‘xtashlar qisqaradi, xavfsizlik ortadi
Germetiklik tugunlari	ko‘p nuqtali “zaif joylar”	standart muhr tugunlari	Chang sizib chiqishi xavfi kamayadi
Regeneratsiya taqsimoti	notekis bo‘lishi mumkin	nozzle–venturi standart	ΔP barqarorligi va cake ajralishi yaxshilanadi
Issiqlik kompensatsiyasi	cheklangan	kompensator+muhr konsepsiyasi	Deformatsiya va yoriqlar riski kamayadi

Natijada maqolaning “natija va muhokama” qismi maqsad va vazifalarning bajarilish mantiqini ilmiy shaklda yakunlaydi: maqsad (O‘zbekiston sharoitiga mos yengil bazalt tolali changtutgich filtri) loyihaviy natija sifatida modul arxitekturasi va uning ekspluatatsion funksiyalariga (germetiklik, servis, regeneratsiya) “tikilgan” holda asoslandi; vazifalar esa mos ravishda (i) konstruktiv yechimni tanlash — yengil modullash va issiqlik kompensatsiyasi bilan; (ii) rejim va filtr yuzasini tanlash — $A = Q/v_f$ orqali ssenariyli hisob bilan; (iii) ΔP barqarorligini ta’minlash — $\Delta P = \mu v_f (R_m + R_c)$ modeli orqali cake boshqaruvi va pulse-jet geometriyasi zarurligi bilan muhokama qilindi. Shu asosda ilmiy xulosa shundan iboratki, amaliy sinovlar keyingi bosqichga qoldirilgan bo‘lsa ham, mazkur bosqichning natijasi sifatida hisobiy jihatdan asoslangan konstruktiv-texnik platforma shakllantirildi; u keyingi tajribalarda η (ushlab qolish samaradorligi), ΔP ishchi diapazoni, regeneratsiya sikli barqarorligi va resurs ko‘rsatkichlari bilan miqdoriy tekshirilishi uchun yetarli darajada aniqlangan.



1-rasm. Issiqlikbardosh basalt tolali yengil changtutgich filtri.

Xulosa

Ushbu ishda O‘zbekiston sement sanoati sharoitida (yuqori haroratli, abraziv va dispers tarkibli chang-gaz oqimlari) atmosferaga chiqadigan chang emissiyasini kamaytirish uchun issiqlikbardosh bazalt tolasi asosida yengil (massasi kamaytirilgan) modulli changtutgich filtr konsepsiyasi ilmiy-texnik jihatdan asoslandi. Tadqiqotning bosh natijasi sifatida amaliy sinovlarsiz ham loyihalash bosqichida qo‘llanadigan hisobiy-konstruktorlik platforma shakllantirildi: filtrlash yuzasi $A = Q/v_f$ bog‘lanishi orqali aniqlanib, elementlar soni $N = \lceil A/A_1 \rceil$ asosida modulli strukturani tanlash imkoniyati ko‘rsatildi; bosim yo‘qotilishining soddalashtirilgan modeli $\Delta P = \mu v_f (R_m + R_c)$ yordamida esa ΔP dinamikasida asosiy rolni cake qarshiligi R_c belgilashi ilmiy asosda yoritildi.

Taklif etilgan “yengil modul” yechimida konstruktiv afzalliklar — metall sarfini qisqartirish, frontal servis orqali tez almashtirish, germetiklikni muhr-kompensator

tugunlari bilan mustahkamlash, hamda pulse-jet regeneratsiya (nozzle–venturi) geometriyasini standartlashtirish — ΔP barqarorligini saqlash, ekspluatatsion ishonchlilikni oshirish va servis vaqtini kamaytirishga xizmat qilishi kutiladi. Bazalt tolali filtr muhiti esa issiqlik ta'sirida strukturaviy barqarorlikni saqlash, abraziv sement changi sharoitida eskirishni sekinlashtirish hamda ko'p qatlamli (gradient) filtrlash arxitekturasi orqali cake hosil bo'lishini boshqarish imkoniyatlari bilan asoslandi.

Umuman, ish natijalari O'zbekiston sharoitida ekologik me'yorlarga mos ravishda changni kamaytirishga qaratilgan zamonaviy, servisga qulay va energiya samarador filtrlash tizimini yaratish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi. Keyingi bosqichda taklif etilgan konstruksiyani laboratoriya va sanoat sharoitida sinovdan o'tkazish orqali η (ushlab qolish samaradorligi), ΔP ishchi diapazoni, regeneratsiya sikllari barqarorligi va xizmat muddati ko'rsatkichlarini miqdoriy baholash hamda optimal parametrlarni (filtrlash tezligi, impuls rejimi, qatlam struktura) aniqlash tavsiya etiladi.

1. Abobakirova Z. A., Mirzababaeva S. M. MODERN TECHNOLOGIES FOR ENSURING SEISMIC SAFETY OF BUILDINGS //Eureka Journal of Civil, Architecture and Urban Studies. – 2025. – T. 1. – №. 2. – C. 29-38.
2. Mirzababayeva S. M., Abobakirova Z. A. ENHANCING SEISMIC SAFETY THROUGH THE APPLICATION OF ADVANCED PARAMETRIC DESIGN SOLUTIONS //Eureka Journal of Civil, Architecture and Urban Studies. – 2025. – T. 1. – №. 2. – C. 71-83.
3. Madraximov M. et al. Numerical simulation of laminar symmetric flow of viscous fluids //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – T. 3119. – №. 1. – C. 040003.
4. Abobakirova Z. et al. Metodology for checking the seismic strength of buildings based on existing norms //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 105. – C. 05014.
5. Umarov S. et al. Operation of reinforced concrete beams along an inclined section under conditions of one-sided heating //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 508. – C. 05001.
6. Goncharova N. et al. Improving the thermal properties of lightweight concrete exterior walls //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 508. – C. 05002.
7. Umarov S. et al. Comparison of current and expired norms for the development of methods for checking and monitoring the seismic resistance of buildings //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 474. – C. 01020.

8. Ibrokhimov A. et al. RETRACTED: Mathematical modeling of particle movement in laminar flow in a pipe //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 84. – С. 02026.

9. Мирзаахмедов А. Т. Надежности И Долговечности Энергоэффективные Строительные Конструкций //Ilm, tadqiqot va taraqqiyot/Наука, исследования и развитие. – 2024. – Т. 1. – №. 5. – С. 80-81.

10. Умирзаков З. А., Замзамов К. Исследования конструкции пылеуловителей цементного производства //Ilm, tadqiqot va taraqqiyot/Наука, исследования и развитие. – 2024. – Т. 1. – №. 5. – С. 17-19.

11. Abdullayev I. N., Umirzakov Z. A. Efficiency of Fabric in The Systems of Dust and Gas Cleaning of Cement Production. – 2021.

12. Абдуллаев И. Н. и др. Анализ Тканей В Фильтрах Систем Пылегазоочистки Цементного Производства //Наука и инновации в строительстве. – 2021. – С. 121-128.

13. Makhsimov K., Marupov A. Innovative approaches to teaching the "geotechnics" course for future civil engineers //Engineer. – 2025. – Т. 1. – №. 2. – С. 211-213.

14. Yunusaliyev E., Makhsimov K., Makhsimov K. Horizontally loaded piles in saline soils //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 452. – С. 01048.

15. Marupov A. et al. Smart Structures: Leveraging Artificial Intelligence for Sustainable Solutions in Civil Engineering //2024 4th International Conference on Advancement in Electronics & Communication Engineering (AECE). – IEEE, 2024. – С. 867-871.

16. Ibayevich M. Q. AGRICULTURAL INFRASTRUCTURE FACILITIES IN SEISMIC AREAS WITH SALINE SOIL //Eureka Journal of Civil, Architecture and Urban Studies. – 2025. – Т. 1. – №. 2. – С. 62-70.

17. Ibaevich M. K. Bases and Foundations in Aggressive Ground Conditions //American Journal of Technology and Applied Sciences. – 2023. – Т. 19. – С. 27-30.

18. Madaliev M. et al. Comparison of numerical results of linear and nonlinear turbulence models based on the rans approach //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 587. – С. 01003.

19. Kosimkhon M. et al. Integration Of Computational With Physical System Through Machine Learning //2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE). – IEEE, 2023. – С. 1059-1063.