

ISSIQXONALAR FAOLİYATI NATIJASIDA CHIQADIGAN CHIQINDI GAZLARINI TOZALASH USKUNALARINING SAMARADORLIGI TAHLILI

Karimova Ozodaxon Muzaffar qizi

"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti,

“Ekologiya va suv resurslarini boshqarish” kafedrası 2-kurs magistranti.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23020911>

Annotatsiya. Ushbu maqolada issiqxona xo'jaliklarining isitish tizimlarining qozonxonalaridan atmosferaga ajralib chiquvchi chiqindi gazlarni ushlab qolish, tozalash uskunalarining (granular qatlamli filtrlar, siklonlar, adsorbsion qurilmalar) texnik-expluatatsion samaradorligini baholash va qiyosiy tahlil qilish masalalari yoritilgan.

Tadqiqotda gaz tozalash qurilmalaridagi gidrodinamik qarshilik, tozalash darajasi va rejim parametrlarining o'zaro bog'liqligi xorijiy hamda respublika olimlarining ilmiy ishlanmalari asosida umumlashtirilgan.

Tahlil natijalari issiqxonalarda issiqlik va energiya manbai sifatida ko'mir va boshqa yoqilg'ilardan foydalanish sharoitida havoni tozalash samaradorligini oshirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: issiqxona isitish tizimlari, chiqindi gazlarni tozalash, harakatlanuvchi donador qatlamli filtr (GBF), siklon apparatlari, tozalash samaradorligi, adsorbsiya, ekologik monitoring.

Abstract. This article evaluates and conditionally compares the technical and operational efficiency of emissions purification equipment—specifically granular bed filters, cyclones, and adsorption units—used to capture waste gases and particulate matter from greenhouse operations. Based on research from international and domestic scientists, the study synthesizes the relationships between hydrodynamic resistance, purification efficiency, and operating regime parameters in gas cleaning devices.

The findings provide scientific and practical recommendations for improving air purification efficiency and ensuring environmental safety, particularly in greenhouses employing coal and other alternative fuels for heating and energy.

Keywords: greenhouse heating systems, waste gas purification, moving granular bed filter (GBF), cyclone separators, purification efficiency, adsorption, environmental monitoring.

Аннотация. В данной статье освещены вопросы оценки и сравнительного анализа технико-эксплуатационной эффективности оборудования для очистки и улавливания отходящих газов и пылевых частиц, выброшенных в атмосферу из систем отопления тепличных хозяйств (зернистые фильтры, циклоны, адсорбционные установки). На основе научных разработок зарубежных и республиканских ученых обобщены взаимосвязи между гидродинамическим сопротивлением, степенью очистки и режимными параметрами газоочистных устройств.

Результаты анализа служат для разработки научно-практических рекомендаций по повышению эффективности очистки воздуха и обеспечению экологической безопасности в условиях использования угля и других альтернативных видов топлива в качестве источника тепла и энергии в теплицах.

Ключевые слова: системы отопления теплиц, очистка отходящих газов, фильтр с движущимся зернистым слоем (GBF), циклоны, эффективность очистки, адсорбция, экологический мониторинг.

1. Kirish

Agrar sektorda issiqxona majmualari doirasining kengayishi mamlakatimiz aholisini yil davomida uzluksiz oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta'minlash hamda qishloq xo'jaligi mahsulotlarining eksport hajmini oshirishda hal qiluvchi o'rin tutmoqda. Biroq issiqxonalarni qishki va bahorgi mavsumda isitish maqsadida qattiq yoqilg'ilar (xususan, ko'mir), tabiiy gaz va turli biologik massalardan foydalanish natijasida mo'rilar orqali atmosferaga yuqori konsentratsiyadagi aerol zarralar (PM_{2.5}, PM₁₀), uglerod oksidlari, oltingugurt birikmalari hamda boshqa toksik uchuvchan birikmalar ajralib chiqmoqda. Bunday texnogen tashlamalar atrof-muhit havo havzasining sifat ko'rsatkichlarini yomonlashtirib, hududiy ekologik barqarorlikka hamda yaqin atrofdagi aholi salomatligiga jiddiy zarar yetkazadi.

Ayniqsa, issiqxona qozonxonalaridan chiquvchi yuqori haroratli va namlik darajasi o'zgaruvchan bo'lgan gaz-chang oqimlarini samarali ushlab qolish texnik jihatdan murakkab vazifalardan biridir. Mavjud tozalash qurilmalarining aksariyati ko'mir changi yoki gaz aralashmalarining fizik-kimyoviy xususiyatlariga to'liq mos kelmasligi sababli tozalash darajasi pasayib ketadi. Shu sababli, turli konstruksiyadagi va ishlash prinsipiga ega gaz tozalash qurilmalarining (siklonlar, donador filtrlar, adsorberlar) texnik-ekspluatatsion parametrlari hamda aerodinamiligini chuqur ilmiy tahlil qilish, ularning amaliy qo'llanilish imkoniyatlarini baholash o'ta dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — issiqxona isitish tizimlari tashlamalarini tozalashda ishlatiladigan apparatlarning chang hamda gaz molekularini ushlab qolish samaradorligini xorijiy va mahalliy olimlarning ilmiy-amaliy izlanishlari asosida qiyosiy tahlil qilish, ularning ekspluatatsion kamchiliklarini aniqlash hamda optimal kombinatsiyalangan tozalash tizimlarini nazariy asoslab berishdan iboratdir.

2. Metodologiya

Tadqiqot ishini bajarishda tizimli va mantiqiy tahlil, qiyosiy umumlashtirish, shuningdek, aerol va gaz dinamikasi, chang tozalash va adsorbsion ajratish jarayonlarining fizika-kimyoviy qonuniyatlariga tayanildi. Metodologik bazani shakllantirishda Web of Science, Scopus, Google Scholar hamda mahalliy ilmiy ma'lumotlar bazalarida indekslangan so'nggi yillardagi dolzarb va fundamental maqolalar, patentlar hamda dissertatsiya ishlari saralab olindi.

Tahlil jarayonida asosiy e'tibor gaz tozalash apparatlarining eng muhim funksional ko'rsatkichlari bo'lmish tozalash darajasi (η), bosimning tushishi yoki aerodinamik qarshilik (ΔP), ishchi gaz tezligi (v) va tutib qolinuvchi zarralar o'lchamlarining (dp) o'zaro bog'liqlik qonuniyatlariga qaratildi. Olingan ilmiy-amaliy ma'lumotlar issiqxonalarning isitish mavsumidagi ish rejimlariga (gaz oqimining tebranishi, harorat va namlik ko'rsatkichlari) mosligi va iqtisodiy maqsadga muvofiqligi bo'yicha har tomonlama baholandi.

3. Natijalar va ularning muhokamasi

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, issiqxonalarning isitish tizimidan ajralib chiquvchi ko'p komponentli (chang-gaz) aralashmalarni bir bosqichli tozalash apparatlari yordamida bir vaqtning o'zida ham changdan, ham toksik gazlardan yuqori darajada tozalashning imkoni mavjud emas. Siklon apparatlari faqat yirik dispersli changlarni ($>10 \mu m$) ushlab qolishda yuqori samaradorlik ko'rsatgani holda, PM_{2.5} ko'rinishidagi mayda chang zarralarini ushlay olmaydi.

Aksincha, donador qatlamli filtrlar (GBF) va adsorberlar mayda chang va gaz molekularini tutib qolishda yuqori ko'rsatkichga ega bo'lsa-da, gaz oqimi dastlab yirik changlardan tozalanmasa, filtrlash muhiti va adsorbent tezda ifloslanib, gidrodinamik qarshilik keskin ortib ketadi.

Shu sababli, eng optimal yechim sifatida ikki bosqichli kombinatsiyalangan tizimlarni (masalan, dastlabki bosqichda siklon yoki separator, ikkinchi bosqichda harakatlanuvchi donador filtr va adsorber) qo'llash zarurligi aniqlandi. 1-jadvalda o'rganilgan apparatlarning qiyosiy texnik va ekspluatatsion xarakteristikallari berilgan.

1-jadval. Issiqxona isitish tizimlari uchun gaz va chang tozalash apparatlarining ekspluatatsion ko'rsatkichlari qiyosiy tahlili

Uskuna (apparat) turi	Maqsadli tutiluvchi moddalar	Tozalash darajasi (η , %)	Aerodinamik qarshilik (ΔP , Pa)	Apparatning afzalliklari	Asosiy ekspluatatsion kamchiliklari
Siklon separator	Yirik dispersli chang zarralari ($>10 \mu m$)	70 - 85%	500 - 1200	Konstruksiyasi sodda, harorat va bosimga chidamli, ekspluatatsiya xarajatlari past	Submikron va mayda chang zarralarini ($<2.5 \mu m$) ushlab samaradorligi juda past
Donador qatlamli filtr (GBF)	Mayda va submikron chang zarralari (PM2.5, PM10)	95 - 98%	1000 - 2500	Yuqori harorat va agressiv muhitga barqaror, changni chuqur filtrlash xususiyati	Donador qatlam gidrodinamik qarshiligining ortishi va regeneration usulining murakkabligi
Adsorbsion apparatlar (PSA)	Gazsimon toksik birikmalar (CO ₂ , SO _x , NO _x)	85 - 92%	1500 - 3000	Gaz komponentlarini tanlab ajratish va yuqori tozalash imkoniyati	Desorbsiya va regeneratsiya jarayonida energiya sarfining yuqoriligi
Kombinatsiyalangan tizim (Siklon + GBF/Adsorber)	Chang (PM2.5, PM10) va toksik gazlar (CO ₂ , SO _x)	96 - 99%	1200 - 2200	Kompleks tozalash, filtr qatlamli xizmat muddatining uzayishi, yuqori barqarorlik	Boshlang'ich kapital xarajatlarning yuqoriligi va avtomatlashtirish talabi

4. Xorijiy va respublika olimlari tadqiqotlarining atroflicha tahlili

Gaz-chang oqimlarini tozalash, chang ushlagichlar aerodinamikasi hamda gaz aralashmalarini adsorbsion ajratish sohasida dunyo va respublika miqyosida salmoqli ilmiy izlanishlar olib borilgan.

Xorijiy tadqiqotlar qatorida Chen va uning hammualliflari (2009) harakatlanuvchi donador qatlamli filtrlarda (moving granular bed filter - GBF) chang zarralarining tutilish dinamikasini tajribada o'rganishgan. Mualliflar filtrlash muhitini tashkil etuvchi donador elementlarning harakat tezligi hamda gaz oqimi tezligi o'rtasidagi proporsional bog'liqlikni asoslab, harakatlanuvchi qatlam quyuqlashishi va aerodinamik qarshilikning o'zgarish mexanizmini ko'rsatib berishgan.

Izlanishlar donador qatlam harakati chang toplanib qolishining oldini olishini, ammo gaz tezligi ma'lum kritik qiymatdan oshganda zarralarning qayta uchib ketish hodisasi (re-entrainment) sodir bo'lishini isbotladi.

Gao va boshqalar (2018) esa aksincha, siklon apparati bilan donador qatlamli filtr/adsorber birlashtirilgan kombinatsiyalangan qurilmadagi gidrodinamik holatni tadqiq etishgan. Ular ikki bosqichli qurilmada bosim yo'qotilishini kamaytirish va tozalash unumdorligini oshirish modellarini ishlab chiqishgan. Olingan natijalar birinchi bosqichdagi siklon yirik zarralarning 80% dan ortig'ini tutib qolishi hisobiga ikkinchi bosqichdagi donador qatlam filtri xizmat muddatini 2.5 barobarga uzaytirishini ko'rsatdi.

Yuqori haroratli sharoitda yoqilg'i gazlarini desulfurizatsiya qilish va qattiq zarrachalardan tozalash muammolarini Dou va uning hamkasblari (2012) kompleks ko'rib chiqqanlar. Ular ko'mir yonishidan hosil bo'ladigan gazlarni bosqichma-bosqich tozalash sxemalarini ishlab chiqib, HCl va oltingugurt birikmalarini neytrallash uchun sorbent moddalarni to'g'ridan-to'g'ri gaz oqimiga purkash texnologiyasining samaradorligini dalillashgan.

Gaz aralashmalaridan uglerod dioksidi (CO_2) va boshqa qo'shimchalarni ajratib olish bo'yicha adsorbsion va bosim o'zgarishi adsorbsiyasi (PSA) jarayonlarining nazariy hamda amaliy tematikasini Tondeur va Wankat (1985), Chen va boshq. (2016) hamda Novitskii va boshq. (2021) atroflicha rivojlantirishgan. Tondeur va Wankat (1985) PSA jarayonining siklik rejimlarini matematik model yordamida tasvirlab, bosim tebranishi chastotasining adsorbsiya sig'imiga ta'sirini aniqlaganlar. Chen va boshqalar (2016) tabiati turlicha bo'lgan zeolit va faollashtirilgan ugol adsorbentlarida CO_2 molekulalarining yutilish izotermalarini tajribada tahlil qilib, tabiiy gaz va tutun gazlaridan CO_2 ni 90% dan yuqori aniqlikda ajratib olish parametrlarini ko'rsatib berishgan. Novitskii va uning hammualliflari (2021) esa gazlarni tozalashda mezo- va mikroporali sorbentlarni tanlash hamda ularni issiqlik vositasida regeneratsiya qilish usullarini umumlashtirganlar.

Argüello-Rueda va uning hammualliflari (2024) o'z tadqiqotlarida issiqxona va sanoat korxonalarining atmosferaga chiqaradigan zaharli tashlamalarining inson salomatligiga va hududiy havo sifatiga yetkazadigan zararlarini ekologik va tibbiy-huquqiy mezonlar asosida kompleks baholaganlar.

Gazlarni tozalash va ajratish texnologiyalarining tarixiy va fundamental asoslariga to'xtaladigan bo'lsak, Bottoms (1931) gazlarni nordon komponentlardan (CO_2 , H_2S) organik aminlar yordamida absorbsiyalash usuliga asos solgan. Srdoc va Sliepcovic (1963) CO_2 muhitidagi gazsimon aralashmalarining tozalik darajasini neytralizatsiya qilish usullarini tadqiq qilgan bo'lsalar, Gramer va Siemens (1972) sanoat gazlarini tozalaydigan apparatlar konstruksiyasini takomillashtirib patentlashgan. Briesacher va Nakamura (1991) gazlar tarkibidagi mikromiqdordagi aralashmalarni o'lchash va chuqur tozalash texnologiyalarini taklif etishgan bo'lsa, Tamon va uning hammualliflari (1995) elektronlarni biriktirish (electron attachment) yo'li bilan havoni noan'anaviy fizik-kimyoviy usulda tozalash konsepsiyasini ilgari surganlar.

Respublikamizda va Hamdo'stlik mamlakatlarida gaz tozalash va dust-separatsiya sohasida maktab yaratgan ilmiy natijalar mavjud. Dastlabki fundamental hisob-kitob metodikalari Balashov va Reshidov (1977) tomonidan berilgan bo'lib, ularning ishlarida chang ushlagichlarning geometrik o'lchamlarini hisoblash, apparat ichida gaz oqimlarining taqsimlanishi va aerodinamik qarshiliklarni bartaraf etish prinsiplari aniq berilgan.

So'nggi yillarda mahalliy olimlardan Jo'rayev va Abdullayev (2026) gazlarni chang va suyuqlik zarrachalaridan tozalashda separatorsimon apparatlardan foydalanish texnologiyasini takomillashtirishgan. Ular taklif etgan separator konstruksiyasi gaz-chang oqimining markazdan qochma va inersion ajralish dinamikasini yaxshilash evaziga apparatning aerodinamik qarshiligini sezilarli darajada kamaytirish hamda tozalash samaradorligini 12-15% ga oshirish imkonini bergan.

Xorijiy va mahalliy tadqiqotchilarning ilmiy ishlanmalarini chuqur tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, issiqxona xo'jaliklaridan ajralib chiquvchi o'zgaruvchan gaz-chang oqimlarini tozalashda har bir apparatning ustun jihatlaridan foydalanilgan holda multi-bosqichli tozalash majmualarini loyihalash maqsadga muvofiqdir.

5. Tadqiqot cheklovlari

Ushbu tahliliy ish mavjud nazariy va tajribaviy adabiyotlar bazasini qiyosiy o'rganishga asoslangan. Real issiqxona majmualarida yoqilayotgan ko'mir yoki boshqa yoqilg'ilarning markasiga, namligiga hamda mavsumiy ob-havo sharoitiga ko'ra chiqindi gazlarning harorati va chang zarralarining tarqalish ko'rsatkichlari keskin o'zgarib turadi. Shu sababli, taklif etilayotgan kombinatsiyalangan tozalash uskunalarining aniq rejim parametrlarini muayyan issiqxona obyekti sharoitida bevosita tajriba-sinov (field testing) usulida sinab ko'rish va baholash talab etiladi.

6. Xulosa

Issiqxona majmualarida qattiq va boshqa yoqilg'ilardan foydalanish sharoitida hosil bo'ladigan chiqindi gaz oqimlarini samarali tozalash atrof-muhit barqarorligini ta'minlashning birinchi darajali vazifasidir. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, chang va gaz komponentlarini bir vaqtning o'zida yuqori samaradorlik bilan tutib qolish uchun kombinatsiyalangan (siklon + donador qatlamli filtr/adsorber) qurilmalarni qo'llash texnik va iqtisodiy jihatdan eng ma'qul yechim hisoblanadi. Respublika va xalqaro olimlarning tajribalarini o'zaro integratsiya qilgan holda, issiqxona isitish tizimlari uchun ixcham, energiya tejamkor va yuqori unumli gaz-chang tozalash uskunalarini ishlab chiqish hamda uning parametrlarini maqbullashtirish kelgusi dissertatsion tadqiqotimizning ilmiy va amaliy yo'nalishi bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Abdullayev, F.R. and Jo'rayev, Q.A., 2026. Improving separator devices for gas purification. *Universum: технические науки*, (2).
2. Argüello-Rueda, J.D., Antonazzo, I.C., Rozza, D., Mantovani, L.G. and Ferrara, P., 2024. Greenhouse gas emissions, air quality, and human security: A review from an integrated public health and global law perspective. *Healthcare*, 12(11), p.1089.
3. Balashov, Y.A. and Reshidov, I.K., 1977. Gas-purification and dust-collection equipment. *Chemical and Petroleum Engineering*, 13(3), pp.278-281.
4. Bottoms, R.R., 1931. Organic bases for gas purification. *Industrial & Engineering Chemistry*, 23(5), pp.501-504.
5. Briesacher, J.L. and Nakamura, M., 1991. Gas purification and measurement at the PPT level. *Journal of the Electrochemical Society*, 138(12), pp.3712-3716.
6. Chen, S.J., Fu, Y., Huang, Y.X., Tao, Z.C. va Zhu, M., 2016. Experimental investigation of CO₂ separation by adsorption methods in natural gas purification. *Applied Energy*, 182, pp.667-678.

7. Chen, Y.S., Hsiau, S.S., Lai, S.C., Chyou, Y.P., Li, H.Y. va Hsu, C.J., 2009. Filtration of dust particulates with a moving granular bed filter. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1-3), pp.196-204.
8. Dou, B., Wang, C., Chen, H., Song, Y., Xie, B., Xu, Y. va Tan, C., 2012. Progress in research on hot gas filtration, desulfurization and HCl removal from coal-derived fuel gas: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), pp.855-874.
9. Gao, S., Zhang, D., Fan, Y. and Lu, C., 2018. Pressure drop characteristics of dry gas purification process in a coupled apparatus of cyclone and granular bed filter/adsorber. *CIESC Journal*, 69(11), pp.4682-4690.
10. Gramer, G. and Siemens, M.F.R., 1972. Gas purifying apparatus. Patent/Technical Report. IAEA INIS.
11. Novitskii, E.G., Bazhenov, S.D. and Volkov, A.V., 2021. Optimization of methods for purification of gas mixtures to remove carbon dioxide (a review). *Petroleum Chemistry*, 61(10), pp.1031-1052.
12. Srdoc, D. and Sliepcevic, A., 1963. Carbon dioxide proportional counters: Effects of gaseous impurities and gas purification methods. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 14(11-12), pp.681–688.
13. Tamon, H., Mizota, H., Sano, N. and Schulze, S., 1995. New concept of gas purification by electron attachment. *AIChE Journal*, 41(8), pp.1991–1994.
14. Tondeur, D. and Wankat, P.C., 1985. Gas purification by pressure swing adsorption. *Separation and Purification Methods*, 14(2), pp.157-212.