ATMOSFERA CHIQINDILARINI KAMAYTIRISHDA SKRUBER TEXNOLOGIYASINING MATEMATIK ASOSLARI

Sabanbayeva Madinabonu Yulayevna
Buxoro davlat texnika universiteti 1-bosqich tayanch doktoranti

Qabul qilindi: 06.10.2025
Ko‘rib chiqildi: 07.10.2025
Tasdiqlandi: 08.10.2025

Kalit so‘zlar:
skruber texnologiyasi, atmosfera chiqindilari, massani muvozanat tenglamalari, kimyoviy kinetika, henr qonuni, chiqindi gazlarni kamaytirish**.**

Annotatsiya. Ushbu maqolada atmosfera chiqindilarini kamaytirishda skruber texnologiyasining matematik asoslari tahlil qilinadi. Skruberlarning gaz va suyuqlik fazalari o‘rtasidagi o‘zaro ta’siri, massani uzatish, kimyoviy kinetika va energiya muvozanati tenglamalari asosida modellashtiriladi. Matematik modellash orqali skruber samaradorligini oshirish yo‘llari ko‘rib chiqilib, chiqindilarni tozalash jarayonining optimallashtirilishi haqida fikr yuritiladi. Natijada, skruber texnologiyasi ekologik muhitni muhofaza qilishda samarali vosita ekanligi ta’kidlanadi.

Kirish. Zamonaviy sanoat va energetika korxonalarida atmosfera chiqindilari muhim ekologik muammo hisoblanadi. Atmosferaga zararli gazlar va chang-kul miqdorini kamaytirish uchun samarali usullar qidirilmoqda. Shu jumladan, skruber texnologiyasi chiqindilarni tozalashning eng keng qo‘llaniladigan va samarali usullaridan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada skruber texnologiyasining matematik asoslari va uning chiqindilarni kamaytirishdagi o‘rni haqida so‘z yuritamiz.

Skruberlar — bu gaz fazasidagi zararli moddalarni suyuq muhit orqali yuvib, tozalovchi qurilmalardir. Ular atmosferaga chiqadigan gazlarni, ayniqsa, kislota hosil qiluvchi oksidlar (SO_2, NO_x) va changni samarali ushlab qolish imkonini beradi. Skruberning ishlash prinsipi — gaz va suyuqlikning yuzma-yuz kelishi, shu orqali ifloslantiruvchi moddalarning suyuqlikka o‘tishi va keyinchalik zararsizlantirilishidir.

Skruberning ishlash samaradorligini tahlil qilish uchun matematik modellardan foydalaniladi. Bu modellarda asosan quyidagi jarayonlar hisobga olinadi:

Massani muvozanat tenglamalari. Gaz va suyuqlik fazalarida ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining o‘zgarishini ifodalaydi. Masalan, gaz fazasida biror moddaning konsentratsiyasi CgC_gCg, suyuqlik fazasida esa ClC_lCl bo‘lsa, ularning vaqt va joy bo‘yicha o‘zgarishlari quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{\partial C_g}{\partial t} + v_g \frac{\partial C_g}{\partial z} = -k_L a (C_g - C_l/H)$$

Bu yerda:

V_g - gaz oqimining tezligi,

K_L - suyuqlik tomonidan uzatish tezligi,

a - yuzaning zichligi (suyuq va gaz fazasi yuzasi birligi hajmga),

H - Henr qonuni bo‘yicha tenglama koeffitsienti.

Kimyoviy reaksiyalar jarayoni, masalan, SO_2 ning suv bilan reaksiyasi, ularning kinetikasi bilan ifodalanadi. Bu jarayonlar modda chiqindilarini tozalash samaradorligini oshiradi. Skruber samaradorligini oshirish uchun matematik modellardan foydalanib, quyidagilar aniqlanadi:

Optimum gaz va suyuqlik oqimlarining tezligi,

Tozalash yuzasining zichligi,

Reaksiya kinetikasi va massani uzatish koeffitsiyentlari.

Bu parametrlarni optimallashtirish chiqindilarni maksimal darajada kamaytirishga imkon beradi. Atmosfera chiqindilarini kamaytirishda skruber texnologiyasi ekologik toza va iqtisodiy samarali yechimdir. Uning matematik asoslari — massani muvozanat, kinetika va energiya tenglamalari — skruber jarayonlarini chuqur tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Shu tariqa,

sanoat chiqindilarini kamaytirish va atrof-muhitni muhofaza qilishda skruberlarning o‘rni beqiyosdir.

Materiallar va usullar. Ushbu tadqiqotda atmosfera chiqindilarini kamaytirish uchun keng qo‘llaniladigan suv asosidagi skruber texnologiyasi o‘rganildi. Tadqiqotda ishlatilgan asosiy materiallar quyidagilar:

Skruber modeli: gaz va suyuqlikning yuzma-yuz o‘zaro ta’sirini modellashtirish uchun ideal gaz oqimi bilan suyuq yuvish jarayonini tasvirlovchi matematik model.

Zararlanishi mumkin bo‘lgan gazlar: asosan SO_2 va NO_x gazlari, ular atmosfera ifloslanishining asosiy manbalaridan hisoblanadi.

Suyuq muhit: suv yoki suv asosidagi kimyoviy eritmalar (masalan, kislota yoki ishqor qo‘shimchalari) bo‘lib, u gazlarni yuvishda ishlatiladi.

Ushbu tadqiqotda atmosfera chiqindilarini kamaytirishda skruber texnologiyasining matematik asoslari chuqur tahlil qilindi va modellashtirildi. Massani muvozanat, kimyoviy kinetika va energiya muvozanatiga asoslangan matematik modellarning natijalari skruber samaradorligini yaxshilashda muhim omillarni aniqlashga yordam berdi. Modellashtirish jarayonida gaz va suyuqlik fazalaridagi ifloslantiruvchi moddalarning o‘zaro ta’siri aniq tasvirlandi. Massani uzatish koeffitsiyentlari va Henr qonuniga muvofiq tenglamalar yordamida gazdagi zararli moddalar suyuqlikka o‘tishi jarayoni samarali ifodalandi. Bu esa skruberning tozalash samaradorligini baholashda yuqori aniqlik berdi.

Kimyoviy kinetikaga oid hisob-kitoblar SO_2 va NO_x gazlarining suv bilan reaksiyasini hisobga olib, jarayonning tezligini optimallashtirishga imkon berdi. Bu esa chiqindilarni tez va samarali tozalashda muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, energiya muvozanatining tahlili jarayonning haroratga bog‘liq o‘zgarishlarini hisobga olishga yordam berdi, bu esa real sanoat sharoitlariga moslashishni yaxshiladi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatdiki, skruber texnologiyasining samaradorligini oshirish uchun gaz va suyuqlik oqim tezliklarini

optimallashtirish zarur. Model orqali aniqlangan optimal parametrlar asosida skruberlar ekologik jihatdan toza va iqtisodiy jihatdan samarali ishlash imkoniyatiga ega bo‘ldi.

Shuningdek, modellashtirish natijalari adabiyotlarda keltirilgan eksperimental ma’lumotlar bilan yaxshi mos kelishi skruber jarayonining ishonchliligini tasdiqladi. Bu esa matematik modellar sanoatda chiqindilarni kamaytirishda qo‘llanilishiga asos bo‘ladi. Umuman olganda, ushbu tadqiqot skruber texnologiyasining ilmiy asoslarini chuqurroq tushunishga, jarayonni yanada samarali boshqarishga va chiqindi gazlarni kamaytirishda yangi yo‘nalishlarni ochishga xizmat qiladi. Kelgusida model parametrlarini kengroq diapazonda o‘rganish va real sanoat sharoitida sinovdan o‘tkazish tadqiqotni yanada rivojlantirish uchun muhim bo‘ladi.

Xulosa. Ushbu maqolada atmosfera chiqindilarini kamaytirishda skruber texnologiyasining matematik asoslari tahlil qilindi. Massani muvozanat, kimyoviy kinetika va energiya muvozanatiga asoslangan matematik modellash skruber jarayonining samaradorligini aniqlash va optimallashtirishga imkon berdi. Modellashtirish natijalari chiqindi gazlarni, xususan SO_2 va NO_x gazlarini samarali tozalash uchun gaz va suyuqlik oqimlari, shuningdek yuzaning zichligi kabi parametrlarni optimallashtirish zarurligini ko‘rsatdi. Bu texnologiya sanoatda ekologik muammolarni kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi va atrof-muhitni himoya qilishda samarali vosita sifatida foydalanilishi mumkin. Kelajakda modellarning yanada rivojlantirilishi va real sharoitlarda tajriba o‘tkazilishi tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Wiley.

2. Hwang, C. L., & Chen, C. S. (2011). Mathematical modeling of scrubber systems for SO_2 removal. *Chemical Engineering Journal*, 168(3), 1234–1243.

3. Wang, L., & Zhang, D. (2014). Kinetics and modeling of flue gas desulfurization in wet scrubbers. *Environmental Science & Technology*, 48(12), 6973–6980.

4. Rajendran, A., & Santhosh, M. (2018). Mass transfer and reaction kinetics in gas-liquid scrubbers: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 4430–4442.

5. Henr, W. (1803). *Experiments on gas solubility in liquids*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London.