



IKKILAMCHI BUG'LARNI KONDENSATSIYALASH JARAYONIDA FAZALARARO ISSIQLIK VA MASSA ALMASHINUVINING GIDRODINAMIK XUSUSIYATLARI

Ramazonov S.S., Xabibov F.Y., Sharipov N.Z.

Buxoro davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Mazkur ilmiy tezisda ikkilamchi bug'larni kondensatsiyalash jarayonida fazalararo issiqlik va massa almashinuvining gidrodinamik xususiyatlari tahlil qilingan. Kondensatsiyalash jarayonining samaradorligi bug' oqimining tezligi, bosimi, temperaturasi, kondensat plyonkasi qalinligi, fazalararo sirtning holati hamda kondensatning harakat rejimiga bevosita bog'liq. Tadqiqotda ikkilamchi bug'ning sovituvchi sirt bilan o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladigan kondensat qatlamining gidrodinamik holati, Reynolds va Prandtl mezonlari orqali issiqlik almashinuvi intensivligini baholash masalalari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, bug' oqimining turbulentligi, fazalararo sirtning yangilanishi va kondensat plyonkasining harakati issiqlik uzatish koeffitsiyentiga ta'sir qiluvchi asosiy omillar sifatida tahlil etilgan. Kondensatsiyalash qurilmalarining konstruktiv va rejim parametrlarini optimallashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlari asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: ikkilamchi bug', kondensatsiya, issiqlik almashinuvi, massa almashinuvi, gidrodinamika, fazalararo sirt, kondensat plyonkasi, Reynolds soni, Prandtl soni, issiqlik uzatish koeffitsiyenti, bug' oqimi.

Kirish. Sanoat korxonalarida issiqlik va massa almashinuvi jarayonlaridan samarali foydalanish energiya resurslarini tejash va texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirishning muhim yo'nalishlaridan biridir. Ayniqsa, bug'latish, quritish, distillatsiya, oziq-ovqat va kimyo texnologiyalarida hosil bo'ladigan ikkilamchi bug'lardan qayta foydalanish korxonalarning issiqlik balansini yaxshilash imkonini beradi. Ikkilamchi



bug'larni kondensatsiyalash jarayonida bug' fazasidan suyuq fazaga o'tish bilan bir vaqtda katta miqdordagi yashirin kondensatsiya issiqligi ajralib chiqadi. Ushbu issiqlikni samarali olib chiqish uchun bug' va sovituvchi sirt o'rtasidagi issiqlik almashinuvi intensiv bo'lishi kerak. Jarayonning samaradorligi esa nafaqat termodinamik parametrlar, balki fazalarning harakatlanish xususiyatlari bilan ham belgilanadi. Kondensatsiyalash jarayonida bug' oqimining tezligi, bosimi, turbulentlik darajasi, kondensat plyonkasining qalinligi va oqish rejimi o'zgarishi mumkin. Ushbu gidrodinamik omillar fazalararo issiqlik va massa almashinuvi intensivligini belgilaydi. Shu sababli kondensatorlarni loyihalash va ishlatishda issiqlik almashinuvi bilan bir qatorda gidrodinamik jarayonlarni ham kompleks o'rganish talab etiladi.

Tadqiqotning maqsadi — ikkilamchi bug'larni kondensatsiyalash jarayonida fazalararo issiqlik va massa almashinuvining gidrodinamik xususiyatlarini tahlil qilish hamda kondensatsiya samaradorligiga ta'sir qiluvchi asosiy parametrlarni aniqlashdan iborat.

Asosiy qism. Ikkilamchi bug' sovuqroq sirt bilan kontaktda bo'lganda uning temperaturasi to'yinish temperaturasidan past bo'lgan sirt temperaturasi bilan farq qiladi. Natijada bug' molekullari kondensatsiyalanib, suyuq fazaga o'tadi.

Kondensatsiya jarayonida ajraladigan issiqlik:

$$Q = m_b r$$

ko'rinishida ifodalanadi.

Bu yerda:

Q — kondensatsiya jarayonida ajraladigan issiqlik miqdori, W;

m_b — kondensatsiyalangan bug' massaviy sarfi, kg/s;

r — bug'ning kondensatsiya yashirin issiqligi, J/kg.

Umumiy issiqlik uzatish jarayoni esa:

$$Q = KA\Delta T_{lm}$$

formula orqali baholanishi mumkin.



Bu yerda K — umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti, A — issiqlik almashinish yuzasi, ΔT_{lm} — logarifmik o'rtacha temperaturalar farqi.

Fazalararo gidrodinamik jarayon. Kondensatsiyalash jarayonida hosil bo'lgan suyuqlik sovituvchi sirt bo'ylab plyonka ko'rinishida yoki tomchili rejimda harakatlanishi mumkin. Plyonkali kondensatsiyada kondensat qatlami qalinligi oshgan sari issiqlik qarshiligi ortadi.

Kondensat plyonkasining o'rtacha tezligi quyidagi umumiy bog'liqlik orqali tavsiflanishi mumkin:

$$u_c = f(\delta, \rho_c, \mu_c, g, \beta)$$

bu yerda:

u_c — kondensat oqimining o'rtacha tezligi;

δ — kondensat plyonkasi qalinligi;

ρ_c — kondensat zichligi;

μ_c — dinamik qovushoqlik;

g — erkin tushish tezlanishi;

β — sirtning qiyalik burchagi.

Sirt qiyalik burchagining o'zgarishi kondensatning oqib ketish tezligiga ta'sir qiladi. Kondensatning sirt bo'ylab tezroq oqishi plyonka qalinligining kamayishiga va issiqlik qarshiligining pasayishiga olib kelishi mumkin.

Reynolds mezonini va oqim rejimi. Bug' va kondensat oqimlarining gidrodinamik rejimini aniqlashda Reynolds mezonidan foydalaniladi:

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu}$$

bu yerda:

ρ — muhit zichligi;

u — oqimning o'rtacha tezligi;

d — xarakterli geometrik o'lcham;

μ — dinamik qovushoqlik.



Reynolds sonining ortishi oqimdagi inertsia kuchlarining qovushoqlik kuchlariga nisbatan ustunlashishini bildiradi. Kondensatorlarda oqim rejimining o'zgarishi fazalararo sirtning yangilanishiga va issiqlik almashinuvi intensivligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Prandtl va Nusselt mezonlari. Issiqlik almashinuvi jarayonini tavsiflashda Prandtl mezoni:

$$Pr = \frac{c_p \mu}{\lambda}$$

hamda Nusselt mezoni:

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$$

qo'llaniladi.

Bu yerda:

c_p — solishtirma issiqlik sig'imi;

λ — issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;

α — konvektiv issiqlik berish koeffitsiyenti.

Umumiy holda Nusselt mezoni Reynolds va Prandtl mezonlari bilan quyidagicha bog'lanishi mumkin:

$$Nu = C Re^m Pr^n$$

bu yerda C , m va n tajriba yoki muayyan oqim rejimi uchun aniqlanadigan koeffitsiyentlardir. Shunday qilib, bug' oqimining tezligi va gidrodinamik rejimi o'zgarganda issiqlik almashinuvi koeffitsiyenti ham o'zgaradi.

Fazalararo massa almashinuvi. Agar ikkilamchi bug' tarkibida kondensatsiyalanmaydigan gazlar mavjud bo'lsa, jarayon faqat issiqlik almashinuvi bilan cheklanmaydi. Kondensatsiyalanayotgan bug' va gaz aralashmasida massa almashinuvi ham sodir bo'ladi.

Massa oqimi umumiy holda:

$$N = k_m (C_b - C_s)$$

ko'rinishida ifodalanadi.

Bu yerda:





N — massa almashinuvi oqimi;

k_m — massa berish koeffitsiyenti;

C_b — bug' hajmidagi komponent konsentratsiyasi;

C_s — fazalararo sirtidagi konsentratsiya.

Kondensatsiyalanmaydigan gazlar fazalararo sirt yaqinida to'planib, bug'ning sovituvchi sirt bilan bevosita kontaktini qiyinlashtiradi. Natijada qo'shimcha massa almashinuvi qarshiligi yuzaga keladi va kondensatsiya intensivligi pasayadi. Shuning uchun sanoat kondensatorlarida kondensatsiyalanmaydigan gazlarni chiqarib yuborish yoki ularning miqdorini kamaytirish muhim texnologik vazifa hisoblanadi.

Nazariy tahlil shuni ko'rsatadiki, kondensatsiya jarayonining samaradorligi birgina temperaturalar farqi bilan belgilanmaydi. Fazalararo sirtning gidrodinamik holati ham issiqlik uzatish jarayonida muhim rol o'ynaydi. Kondensat plyonkasi qalinlashgan sari issiqlikning kondensatsiyalanayotgan bug'dan sovituvchi sirtga uzatilishiga qo'shimcha qarshilik hosil bo'ladi. Shu sababli kondensatni sirt bo'ylab tez va bir tekis chiqarib yuborish issiqlik almashinuvini intensivlashtirishning muhim shartlaridan biridir. Bug' oqimi tezligining oshishi esa fazalararo sirtning dinamik holatiga ta'sir qilib, ayrim rejimlarda issiqlik almashinuvi intensivligini oshirishi mumkin. Biroq tezlikning haddan tashqari ortishi gidravlik qarshilikning oshishiga va qurilmaning energiya sarfining ko'payishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun optimal ish rejimi issiqlik samaradorligi va gidravlik qarshilik o'rtasidagi muvozanat asosida aniqlanishi lozim. Kondensatsiyalanmaydigan gazlarning mavjudligi ham jarayon samaradorligini pasaytiruvchi muhim omillardan biridir. Ular fazalararo sirt yaqinida diffuzion qatlam hosil qilib, bug' molekulalarining kondensatsiya sirtiga yetib borishini qiyinlashtiradi. Natijada issiqlik va massa almashinuvi qarshiligi ortadi. Shu sababli ikkilamchi bug'larni kondensatsiyalash qurilmalarini loyihalashda quyidagi kompleks yondashuv taklif etiladi:



Gidrodinamika + Issiqlik almashinuvi + Massa almashinuvi

→ Optimal kondensatsiya rejimi

Bunday yondashuv orqali kondensatorning issiqlik almashinish yuzasidan foydalanish darajasini oshirish, gidravlik yo'qotishlarni kamaytirish va ikkilamchi bug' energiyasidan samarali foydalanish mumkin.

Xulosa. Ikkilamchi bug'larni kondensatsiyalash jarayoni issiqlik va massa almashinuvi bilan bir qatorda murakkab gidrodinamik jarayonlar bilan ham bog'liq. Kondensatsiya samaradorligi bug'ning bosimi va temperaturasi, oqim tezligi, kondensat plyonkasi qalinligi, fazalararo sirtning holati, sovituvchi muhitning harakat parametrlari va kondensatsiyalanmaydigan gazlar miqdoriga bog'liq. Tahlil natijasida Reynolds, Prandtl va Nusselt mezonlari yordamida kondensatsiya jarayonining gidrodinamik va issiqlik almashinuvi xususiyatlarini kompleks baholash mumkinligi aniqlandi. Ayniqsa, kondensat plyonkasining qalinligi va oqish tezligi issiqlik qarshiligini belgilovchi muhim omillar sifatida namoyon bo'ladi. Ikkilamchi bug' tarkibidagi kondensatsiyalanmaydigan gazlar esa fazalararo massa almashinuvi qarshiligini oshirib, kondensatsiya intensivligini kamaytirishi mumkin. Shu sababli zamonaviy kondensatsiyalash qurilmalarida issiqlik almashinuvi bilan birga massa almashinuvi va gidrodinamik jarayonlarni ham hisobga olish zarur. Umuman olganda, ikkilamchi bug'larni kondensatsiyalashda gidrodinamik parametrlarni optimallashtirish energiya samaradorligini oshirish, issiqlik almashinish yuzasidan samarali foydalanish va qurilmaning ekspluatatsion xarajatlarini kamaytirish uchun muhim ilmiy-amaliy yo'nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Incropera F.P., DeWitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.
2. Çengel Y.A., Ghajar A.J. *Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.



3. Carey V.P. *Liquid-Vapor Phase-Change Phenomena: An Introduction to the Thermophysics of Vaporization and Condensation Processes in Heat Transfer Equipment*. 2nd ed. New York: Taylor & Francis, 2008.

4. Holman J.P. *Heat Transfer*. 10th ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

5. Kakac S., Liu H., Pramuanjaroenkij A. *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2012.

*Ramazonov Sobirjon Said o'g'li - Buxoro davlat texnika universiteti
Texnologik mashina va jihozlar kafedrasi mustaqil tadqiqotchi. Tel.: +99894-549-34-84.*

Email: ramazonov01@gmail.com

*Sharipov Nodirjon Zamirovich - Buxoro davlat texnika universiteti
Texnologik mashina va jihozlar kafedrasi PhD. Tel.: +99897-303-22-77.*

E-mail: nodirzhons@bk.ru

*Xabibov Faxriddin Yusupovich - Buxoro davlat texnika universiteti
Texnologik mashina va jihozlar kafedrasi dotsenti PhD. Tel.: +99893-379-65-00.*

Email: faxriddinxabibov27@gmail.com