

HAVONI NAMLASH KAMERALARIDA HAVO BILAN SUVNING O'ZARO ISSIQLIK VA MASSA ALMASHINUVI XUSUSIYATLARI

Toshtemirov M.E., Boboyev S.M., Abdullayev Q.Yu.

Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti

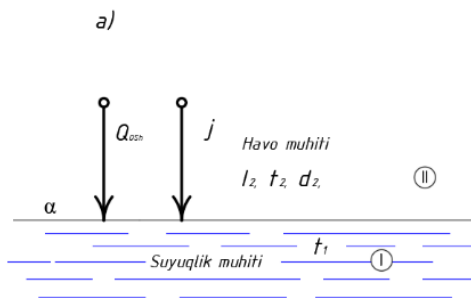
Annotatsiya: Maqolada kontakt qurilmalarida havoga issiqlik va namlik orqali ishlov berishning fizik mohiyati suv fazasi harorati t_w va quruq termometrda havo harorati t , nam termometrda havo harorati hamda havoning shudring nuqtasi harorati $t_{sh.n.}$ nisbatiga bog'liqligi, havo bilan suvning o'zaro issiqlik va massa almashinuvida havoni sovutish va namlash jarayonlarida o'xshashlik nazariyasining Reynolds analogiyasi, Nusseltning issiqlik va diffuziya mezonlari, Lyuis nazariyasi tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: adiabatik namlash, issiqlik va massa almashinuv, Nusselt mezoni, Reynolds analogiyasi, Lyuis nazariyasi, havoning shudring nuqtasi harorati, quruq va nam termometr harorati,

Havoni mo'tadillash tizmlaridagi asosiy jarayonlar turli xil kontakli apparatlar (qurilma) yordamida havoga kerakli harorat va nisbiy namlikni berish uchun issiqlik va namlik bilan ishlov berish orqali amalga oshiriladi. Suv va havoning o'zaro issiqlik va massa almashinuv printsipligiga asoslangan namlash-sovutish kameralari shu maqsadda keng qo'llaniladi. Termodinamik nuqtai nazardan, havoga suv bilan issiqlik-namlik jarayoni orqali ishlov berilganda, 7 ta asosiy issiqlik va massa uzatish jarayonlari ro'y berishi aniqlangan. Adiabatik havo namlash va sovutish, politropik havoni quritish va sovutish, havoni izotermik namlash jarayonlari amaliy ahamiyatga ega. Ammo quyidagi 3 ta jarayonni (1-havoni quritish va bir vaqtning o'zida isitish, 2-namlik miqdorini o'zgartirmasdan havoni isitish, 3-havo haroratini o'zgartirmasdan quritish) amalga oshirish mumkin emas [1, 5].

Issiqlik oqimi q va massa j o'rtasidagi kontakt o'rtacha massaviy harorat va potentsial hamda sirtning birlik yuzasi orqali quyidagi munosabatlar bilan belgilanadi:

$$q = \alpha_t \cdot (t_{SIRT} - t); \quad j = \beta_\theta \cdot (\theta_{SIRT} - \theta) \quad (1)$$

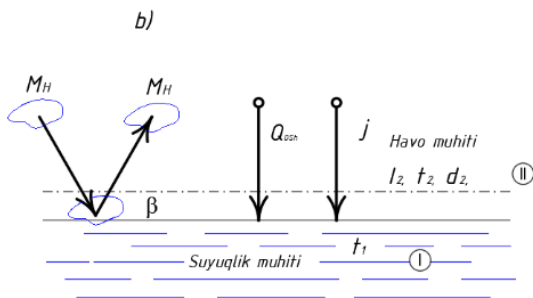


Havodagi namlik oqimini hisoblashda potentsiallar o'rniga odatda namlik miqdori d yoki partsiyal bosim p ishlatiladigan bo'lsa:

$$j = \beta_d \cdot (d_{SIRT} - d); \quad j = \beta_p \cdot (p_{SIRT} - p) \quad (2)$$

$\alpha_t, \beta_\theta, \beta_d, \beta_p$, o'lchamli kattaliklar issiqlik uzatish va massa uzatish koeffitsiyentlari deb ataladi va ularning bir o'lchovli formulasida real jarayonlardagi mumkin bo'lgan farqlarni hisobga oladi. Issiqlik uzatish koeffitsiyentlari α , massa uzatish β_d va energiyani yo'qotilish R koeffitsiyenti real jarayonlar bilan bog'liq va eksperimental tarzda aniqlanadi [2, 3].

Issiqlik va massa almashish o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni (Lyuis soni) aniqlashda, suyuqlikning turbulent oqimida issiqlik uzatish va ishqalanish o'rtasidagi o'xshashlikni aniqlash uchun taklif qilingan Reynolds analogiyasi mezoni bilan Nyuton qonunidan foydalanish qulay [6]. 1-rasmda almashinuv jarayonlarining ikkita talqini ko'rsatilgan. Ulardan birinchisi Nyuton qonuniga asoslanadi, unga ko'ra $q_o = \alpha_t \cdot (t_1 - t_2); \quad j_o = \beta_d \cdot (d_1 - d_2) \quad (3)$



1- rasm. Nyuton qonuni (a) va Reynolds analogiyasi (b) asosida suv I va havo II o'rtasidagi issiq-massa almashinuv jarayonlari: I- suv yuzasi, II - sirtga bevosita tegib turgan havo qatlami

Ikkinchi talqin Reynoldsning analogiyasiga asoslanadi, unga ko'ra almashinuv, massalarning molyar almashinuv tufayli sodir bo'ladi. Suv yuzasi yaqinidagi chegara qatlamidan ($t_1; d_1$) havo oqimiga ($t_2; d_2$) o'tkazilgan nam havoning massasi M_{HAVO} ya'ni havo oqimining chegara qatlamiga o'tkazilgan nam havoning massasi, muhitning uzluksizligi tufayli bir xil massa bilan qoplanadi. [22; 56-59 b.]

$$q_o = M_{HAVO} \cdot c_H \cdot (t_1 - t_2); \quad j_o = M_{HAVO} \cdot (d_1 - d_2) \quad (4)$$

Bu yerda kontakt sirtidagi va oqimning markazidagi nam havo massasining farqi e'tiborga olinmaydi. Agar almashinuv jarayonlari to'liq ravishda nam havoning molyar massa almashinuv bilan aniqlansa, u holda Lyuis soni jarayonning issiqlik va gidrodinamik sharoitlaridan qat'iy nazar, haqqoniydir [7].

Kontakt apparatlarining statsionar ish rejimida harorati t_H bo'lgan havo oqimidan t_S haroratli suvga, dF yuz elementiga vaqt birligi ichida o'tkaziladigan oshkora issiqlik dQ_{OSH} miqdorini Nyuton formulasi bilan aniqlash mumkin.

$$dQ_{OSH} = \alpha \cdot (t_H - t_S) \cdot dF \quad (5)$$

Suvning konvektiv massa almashinuvi tenglamasi

$$dG_M = \beta \cdot (P_H - P_S) \cdot dF \quad (6)$$

bu yerda: α – issiqlik uzatish koeffitsiyenti, $Vt/(m^2 \cdot K)$; t_H – havo oqimi harorati, °C; t_S – suv harorati, °C; F – issiqlik beruvchi sirt, m^2 ; β – massa uzatish koeffitsiyenti, s/m ; P_H – mos ravishda havoning partzial bosimi, Pa; P_S – mos ravishda suv bug'ining partzial bosimi, Pa.

Massa almashinuvining mavjudligi, odatda yashirin issiqlik oqimi dQ_{YA} deb ataladigan fazali o'zgarishlar (kondensatsiya, bug'lanish) tufayli issiqlik almashinuvini keltirib chiqaradi. Olingan oshkora issiqlik dQ_{OSH} va yashirin issiqlik dQ_{YA} oqimi odatda umumiy issiqlik dQ_{UM} oqimi deb ataladi. Havo va suvning cheksiz kichik sirt elementiga tegishida umumiy issiqlik almashinuvi quyidagi differensial tenglama bilan tavsiflanadi.

$$dQ_{UM} = [\alpha \cdot (t_H - t_S) + r \cdot \beta \cdot (P_H - P_S)] \cdot dF \quad (7)$$

Merkelning taklifiga ko'ra, nisbatan qisqa harorat oralig'ida partzial bosimlar farqi quruq havo namligidagi farq bilan almashtiriladi, tegishli proporsionallik koeffitsiyenti σ kiritiladi:

$$\beta \cdot (P_H - P_S) = \sigma \frac{(d - d_S)}{1000} \quad (8)$$

α va β qiymatlari mos ravishda issiqlik va massa uzatish koeffitsiyentlarini ifodalaydi. Ushbu koeffitsiyentlar uch o'lchovli fazoda sodir bo'ladigan haqiqiy jarayonlar bilan bog'liq va bir o'lchovli model yordamida o'rnatilishi mumkin emas. Ma'lum bo'lgan F kontakt yuzasiga ega bo'lgan α, β, σ koeffitsiyentlarining qiymatlari quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$\alpha = \frac{Q_{OSH}}{(t_1 - t_2) \cdot F} \quad (9)$$

$$\beta = \frac{G_M \cdot \Delta d}{(P_1 - P_2) \cdot F} \quad (10)$$

$$\sigma = \frac{Q_{UM}}{(I_1 - I_2) \cdot F} \quad (11)$$

Stasionar holatda havoning izentalpik namlanish jarayonlarini ko'rib chiqib, Lyuis o'z nazariyasida

yoki

issiqlik va massa o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlarining nisbatlari o'zgarmas degan xulosaga kelgan. Demak dF kontakt sirti uchun izentalpik jarayonda oshkora va yashirin issiqlik oqimlarining tengligi haqqoniy bo'ladi: $r \cdot \beta_d (d_S - d_1) \cdot dF = \alpha \cdot (t_1 - t_S) \cdot dF$ (12)

o'zgarishdan so'ng quyidagilarni olishimiz mumkin:

$$r \cdot (d_S - d_1) = \frac{\alpha}{\beta_d} \cdot (t_1 - t_S) \quad (13)$$

Boshqa tomondan, havo oqimidan suvga berilgan oshkora issiqlik suv bug'i bilan birga havoga beriladigan issiqlikka teng bo'ladi:

$$r \cdot (d_2 - d_1) = c_H \cdot (t_1 - t_2) \quad (14)$$

bu yerda: c_H – nam havoning issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; $d_1 - d_2$ – mos ravishda, jarayonning boshidagi va oxiridagi namlik miqdori, gr/kg quruq. havo; $t_1 - t_2$ – mos ravishda, issiqlik uzatishning boshidagi va oxiridagi havoning harorati, °C; r – suv bug'ining yashirin issiqlik oqimi, J/kg ;

Sirkulyatsiya qilinadigan suv bilan uzoq vaqt kontaktda bo'lishi natijasida havo to'yintiriladi, uning oxirgi harorati t_2 suvning harorati t_S bilan va shunga mos ravishda havo namligi $d_2 = d_S$ bilan taqqoslanadi.

Demak (13) va (14) ifodalarni bir-biriga bog'liq holda quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin.

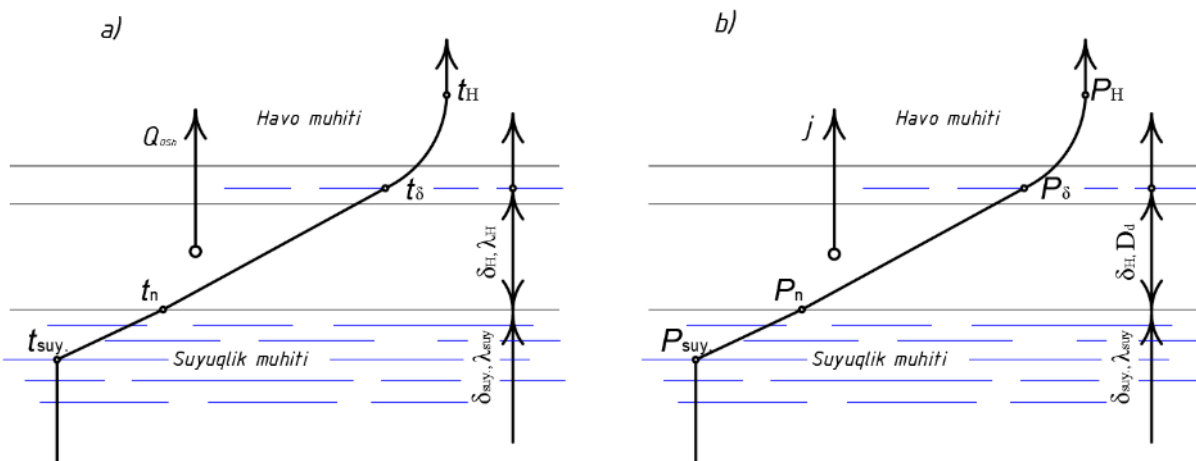
$$(d_2 - d_1) = \frac{\alpha}{r \beta_d} \cdot (t_1 - t_2) \text{ va } (d_2 - d_1) = \frac{c}{r} \cdot (t_1 - t_2) \quad (15)$$

V.Lyuisning bu nazariyasi keyinchalik suv yuzasi bilan bevosita kontaktda bo'ladigan havoga ishlov berishning boshqa usullariga ham tatbiq etildi. Biroq, adabiyotlarda keng yoritilganligiga qaramay, issiqlik va massa uzatish jarayonlarining o'xshashligi va massa almashinuvining issiqlik uzatish intensivligiga ta'siri masalalari ochiqlicha qolmoqda.

Bir chegaraviy qiymatdan ikkinchisiga o'tishning fizik xususiyatini o'rnatish uchun chegara qatlamini hisobga olgan holda 2.3-rasmda ko'rsatilgan almashinuv jarayonlarining sxemasini ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, δ_H qalinlikdagi havoning chegara qatlami ichida (t_δ haroratgacha) faqat molekulyar issiqlik oqib o'tishi sodir bo'ladi va bu qatlam chegarasidan faqat molyar o'tish sodir bo'ladi. Demak:

$$q_{OSH} = \frac{1}{\frac{\delta_H}{\lambda_H} + \frac{1}{M_{HAVO} \cdot c_H}} (t_{SR} - t_H) = \alpha \cdot (t_{SR} - t_H) \quad (16)$$

$$q_{OSH} = \frac{\lambda_H}{\delta_H} (t_{SR} - t_\delta) = M_{HAVO} \cdot c_H \cdot (t_\delta - t_H) \quad (17)$$



2.3-rasm. Havoning va suvning chegara qatlamlarida issiqlik (a) va namlikning (b) molekulyar va molyar almashinuvini hisobga olgan holda Lyuis munosabatini aniqlash.

Suv qatlami yuzasi sirtidan gidrodinamik chegara qatlami orqali havoga massa oqib o'tish jarayoniga nisbatan xuddi shunday fikr yuritadigan bo'lsak, unda

$$j = \frac{1}{\frac{1}{M_{HAVO}} + \frac{\delta_H^*}{D_d}} (d_{SR} - d_H) = \frac{M_{HAVO}}{1 + \frac{\delta_H^*}{D_d} \cdot M_{HAVO}} (d_{SR} - d_H) = \beta_d \cdot (d_{SR} - d_H) \quad (18)$$

O'xshashlik nazariyasiga asoslangan nazariy va eksperimental ma'lumotlarning natijalari issiqlik o'tkazuvchanlik α va massa almashinuvini β_d koeffitsiyentlarini o'z ichiga olgan hisoblash formulalarini olish imkonini beradi.

O'xshashlik mezonlari o'rtasida ma'lum funktsional bog'liqliklar belgilanadi, bunda Ar, Re, Pr, Pr', Gu mezonlari issiqlik va massa almashinuvini jarayoniga o'ziga xos omillarning ta'sirini aks ettiradi, buning natijasida ushbu mezonlarga kiritilgan barcha fizik miqdorlar ma'lum bo'ladi. Nusseltning issiqlik (Nu) va diffuziya (Nu') mezonlari, birinchi holatda harorat maydonlarining o'xshashligini, ikkinchisida - suyuqlik chegarasida bug'ning partsiyal bosimi maydonining o'xshashligini belgilaydi, mos ravishda issiqlik o'tkazuvchanlik α va massa uzatish β koeffitsientlarini o'z ichiga oladi [8].

A.V.Nesterenko, L.V.Petrovlarning tadqiqotlarida havoning tabiiy harakati hisobga olgan holda izotermik bo'lmagan sharoitda sodir bo'ladigan majburiy havo harakati paytida bug'lanish jarayonlari ko'rib chiqilgan. Massa almashinuvini bilan murakkablashgan issiqlik uzatish holati uchun Nusselt (Nu), (Nu') mezonlarning umumiy shakli quyidagi shaklda yozilishi mumkin:

tabiiy konveksiya sharoitlari uchun

$$Nu = f(Ar \cdot Pr) \quad (19)$$

$$Nu' = f(Ar \cdot Pr') \quad (20)$$

majburiy konveksiya sharoitlari uchun

$$Nu = f(Re \cdot Pr \cdot Gu \cdot \Theta) \quad (21)$$

$$Nu' = f(Re \cdot Pr' \cdot Gu \cdot \Theta) \quad (22)$$

S.M.Boboyev maxsus to'ldirish zichligi 10-12 kg/m³ bo'lgan yog'och paraxa (qipi) ko'rinishidagi 0,005 – 0,008 kg suv/kg havo koeffitsiyenti bilan namlanadigan gigroskopik materilalli namlantiriladigan

(sug'oriladigan) qatlamdan foydalanish bo'yicha tadqiqotlar olib borgan [48; 1-5 b.]. Barcha o'zgaruvchan sharoitlarda eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash natijasida quyidagi umumlashtirilgan funktsional bog'liqliklar olingan [22; 96-97 b.]:

$$Nu = 0,527 \cdot Re^{0,49} \cdot Gu^{-0,121} \cdot Pr^{0,33} \quad (23)$$

$$Nu' = 0,5206 \cdot Re^{0,49} \cdot Gu^{-0,11} \cdot (Pr')^{0,33} \quad (24)$$

O.Ya.Kokorin maxsus tayyorlangan uzun va yupqa yog'och bo'laklaridan tashkil topgan to'ldirish hajmiy og'irligi 20 – 60 kg/m³ bo'lgan sug'oriladigan qatlamlar, qadoqlangan yog'och qipiqlari va to'ldirish zichligi 80–100 kg/m³ shisha tolali to'plamlar bo'yicha tadqiqotlar olib borgan. Eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash asosida u quyidagi kritrial bog'liqliklarni olgan.

$$Nu = 0,0926 \cdot Re^{0,81} \cdot Gu^{-0,11} \cdot Pr^{0,33} \quad (25)$$

$$Nu' = 0,0976 \cdot Re^{0,8} \cdot Gu^{-0,11} \cdot (Pr')^{0,33} \quad (26)$$

Xulosa: Adiyabatik namlanish rejimlarini hisoblash usullarini ikkita asosiy guruhga bo'lish mumkin. Ulardan biri kontakt apparatlarida bir muhitdan ikkinchisiga o'tkaziladigan issiqlik va massaning umumiy miqdorini, shuningdek, muhitning yakuniy parametrlarini aniqlash imkonini beradi. Boshqasi esa apparatdagi jarayon ko'rsatkichlari va muhit parametrlarini aniqlash imkonini beradi: tomchilarning diametri, ularning massasi, tezligi, harorati, bosimi va boshqalar. Ular issiqlik va massa balansining differensial tenglamalarining chegaraviy masalalarini yechish va issiqlik va massa almashinuvini koeffitsiyentlarini hisoblash uchun empirik formulalardan foydalanishga asoslangan.

Adabiyotlar

1. Toshtemirov, M. «Suvpurkagich (apparat) qurilmalarida havoni namlash va sovutishni tahlil qilish». Interpretation and Researches, май 2024 г., <https://interpretationandresearches.uz/index.php/iar/article/view/2609>.

2. Boboyev S.M. Nauchno-texnicheskie osnovy sozdaniya sistem mikroklimata v jivotnovodcheskix pomesheniyaх v usloviyaх suxogo i jarkogo klimata : dissertatsiya doktora texnicheskix nauk : 05.23.03 / Tash. arx.-stroit. in-t im. - Tashkent, 2000. - 299 s.

3. Бобоев С.М., Тоштемиров М. Э., Эшматов М.М. «Разработка контактных аппаратов адиабатного охлаждения воздуха» Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. Материалы XXII Международной научной конференции. Волгоград, 2024. С. 233-237. <https://elibrary.ru/item.asp?id=69147038>

4. Toshtemirov, M. E., S. M. Boboev, and A. I. Ismoilov. "Analysis of traditional systems for creation of microclimate in livestock and poultry premises." Journal of engineering, mechanics and modern architecture (2023): 264-273.

5. Toshtemirov, M., и S. Boboyev. «Havoni mo'tadillash tizimlarining (hmt) havoni namlash-sovutish kameralarida qo'llaniladigan suv purkash usullari tahlili». Interpretation and Researches, май 2024 г.,

<https://interpretationandresearches.uz/index.php/iar/article/view/2608>.

6. Богословский, В.Н. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение [Текст]: учеб. для вузов / В.Н. Богословский, О.Я. Кокорин, Л.В. Петров. - М.: Стройиздат, 1985. - 416 с.

7. Богословский В. Н., Новожилов В. И., Симаков Б.Д., Титов В. П. Отопление и вентиляция. В 2-х ч. Часть 2. Вентиляция. Под ред. В. Н. Богословского. - М.: Стройиздат, 1976. 339 с

8. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. - М.: Высшая школа, 1971. - 458 с.

