

5-mavzu. Bug' hosil bo'lish termodinamika jarayonlari

Reja:

1. *Suv bug'i va uning asosiy xususiyatlari.*
2. *Bug' holati o'zgarish diagrammalari. Suv bug'i uchun "P-V" va "T-S" diagrammalari.*
3. *Nam havoning xususiyatlari. Nam havoning gaz doimiysi va entalpiyasi.*
4. *Nam havo uchun "h - d" diagramma. Nam havo holat ko'rsatkichlari.*

1. Suv bug'i va uning asosiy xususiyatlari

Muhitga otilib chiqayotgan molekulalar sonining suyuqlikka qaytib tushayotgan molekulalar soniga tenglashganida dinamik muvozanat sodir bo'ladi. Bu holatdagi bug'ni **to'yingan bug'** deb ataladi. To'yingan bug'ning zichligi maksimal bug' zichligiga ega.

Bug'ning to'yingan holatga kelishi muhit haroratiga bog'liq bo'lib, har bir muhit harorati uchun to'yinish harorati mavjud. Bug'lanish jarayonida muhitga otilib chiqayotgan molekulalar o'zlari bilan suvning mayda tomchilarini ham olib chiqishlari mumkin. Shuning uchun to'yingan bug'da mayda suv tomchilari ham bo'lib, bunday bug'ni to'yingan **nam bug'** deyiladi.

Agar bug'lanayotgan suvning ustki qismi (muhit) chegaralangan (aytaylik, qopqoq bilan yopilgan) bo'lsa, ma'lum sharoitda suv tomchilari qolmaydi. Bunday sharoitdagi bug'ni – quruq to'yingan bug' deb yuritiladi.

Ko'pincha bug' tarkibida ma'lum miqdorda suv tomchichalari bo'ladi. Shu sababli, bug'lar uchun quruqlilik darajasi degan tushuncha kiritilgan.

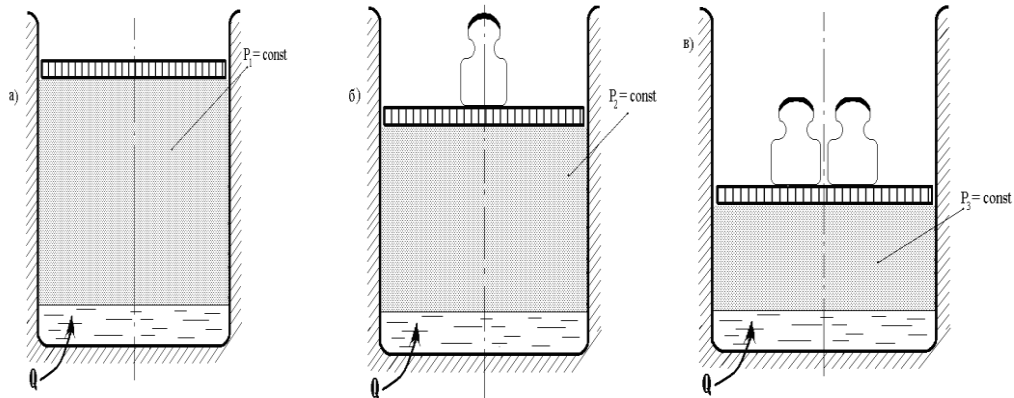
Agar, bug' uchun quruqlilik darajasi $x = 0,9$ bo'lsa, buning mazmuni-bug'ning tarkibida 10 % suv tomchilari bor degani bo'ladi.

Izoh; Bug'-moddaning gaz holati bo'lib, oddiy ko'z bilan ko'rinmaydi. Agar bug', bug'lanish jarayoni, ko'zga ko'rinayotgan ekan, demak, bug' tarkibida suv tomchichalari bor bo'lib, biz shu suv tomchichalarini ko'ramiz. To'yingan bug'ning haroratini yana oshirsak, ya'ni qizdirsak-o'ta qizigan bug' hosil bo'ladi. O'ta qizigan bug'largina to'la gaz holatiga o'tgan bo'ladi.

2. Bug' holati o'zgarish diagrammalari. Suv bug'i uchun "P-V" va "T-S" diagrammalari.

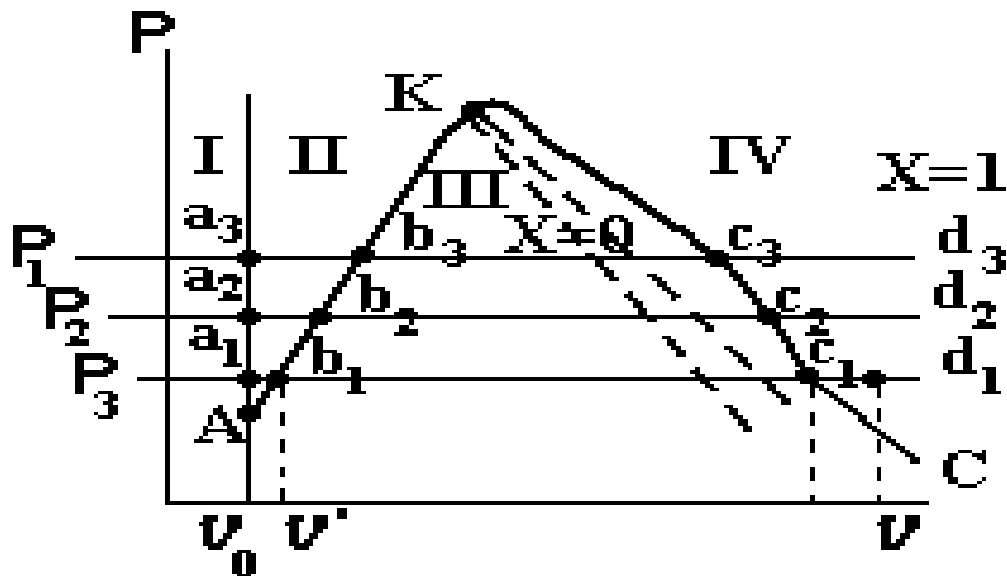
Ichida qo'zg'aluvchan porshen joylashtirilgan silindr ichiga suv quyilib, isitilmoqda. Bunday sharoitda gaz (bug') bosimining ortishi sodir bo'lmaydi, ya'ni jarayon - izobarik jarayondir .

Rasmlarda ham shu jarayon bo'lib, porshen ustiga qo'yilgan toshlar suyuqlik tepasidagi muhit bosimini orttiradi, ya'ni $p_2 = \text{const}$, $p_3 = \text{const}$ va x.k sharoitlar hosil qiladi.



Suvni har xil miqdordagi o'zgarmas bosimlarda isitish va bug'lantirish jarayonini koordinatalarida ifodalaymiz. O'ta qizigan tayyor bug' hosil bo'lish 3 ta bosqichda sodir bo'ladi: suvning qaynashgacha isishidagi izobarik kengayish - a_1 , v_1 , a_2 , v_2 , ..., izobarik qaynab bug'lanish v_1 , s_1 , v_2 , s_2 , ... va o'ta qizigan bug' hosil bo'lishi c_1 , d_1 , c_2 , d_2 , ... Shunday qilib, koordinata sistemasida 3 ta qator nuqtalar hosil bo'ldi. Mos nomlangan nuqtalarni o'zaro birlashtirsak, 3 ta chiziq hosil

bo'ladi.



2-rasm. Suv bug'ining "p-v" diagrammasi

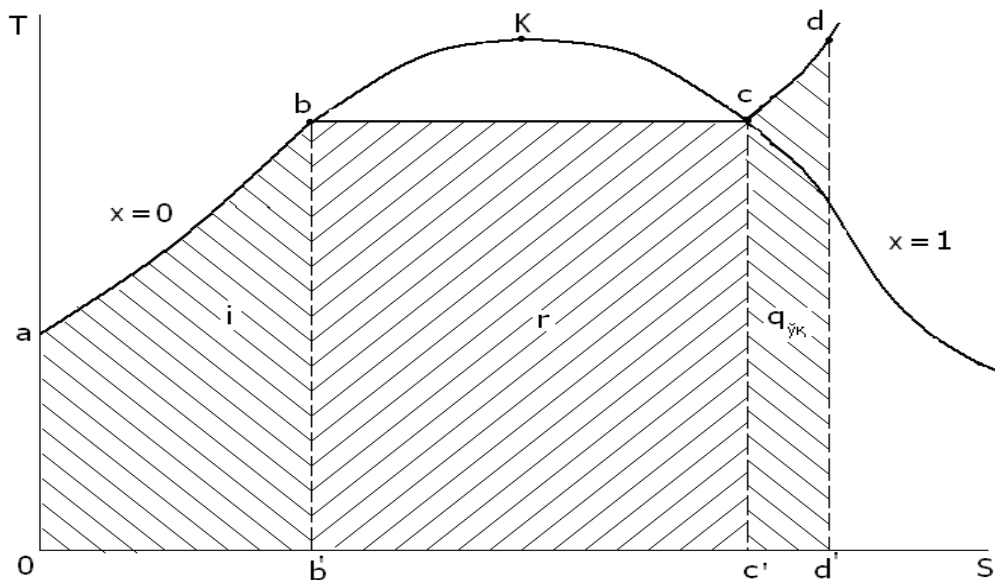
Suv bug'i uchun 3- ta (A,b,C) chiziqlarda "p-v" diagramma yuzasini 4 ta qismga ajratadi:

- 1- "a" nuqtalarni birlashtiruvchi chiziq - sovuq suv chizig'i;
- 2- "b" nuqtalarni birlashtiruvchi chiziq - issiq suv chizig'i, qaynashning boshlanishi quyi chegara chizig'i;
- 3- "C" nuqtalarni birlashtiruvchi chiziq - qaynash (bug'lanish)ning tugash chizig'i - yuqori chegara chizig'i.
- 4 - o'ta qizigan bug' qismi

Quyi va yuqori chegara chiziqlari o'zaro kesishgan "K" nuqta - kritik nuqta deyiladi. Suv uchun bu nuqta ko'rsatkichlari;

$p_{kr}=220 \text{ bar (225,5 at)}$, $T_{kr} = 647 \text{ °K (374°S)}$, $v_{kr} = 0,003 \text{ m}^3/\text{kg}$ kritik holatdagi suyuqlik uchun bug'ning va suyuqlikning xususiyatlari bir xil bo'ladi.

AK - quyi chegara chizig'ida bug'lanish boshlanadi, bug'ning quruqlik darajasi $X=0$, KC - yuqori chegara chizig'ida bug'lanish tugaydi, bug'ning quruqlik darajasi $X=1$, ya'ni 100% li bug' hosil bo'ladi



3-rasm. Suv bug'ining "T-S "diagrammasi

ak va **kc** - quyi va yuqori chegara chiziqlari;

a - izobara chizig'ining boshlanishi, $t=0^0\text{ C}$ (273^0 K);

ab - suvni qaynash haroratigacha izobarik isitish;

i - qaynashgacha isitish uchun sarflangan issiqlik miqdori;

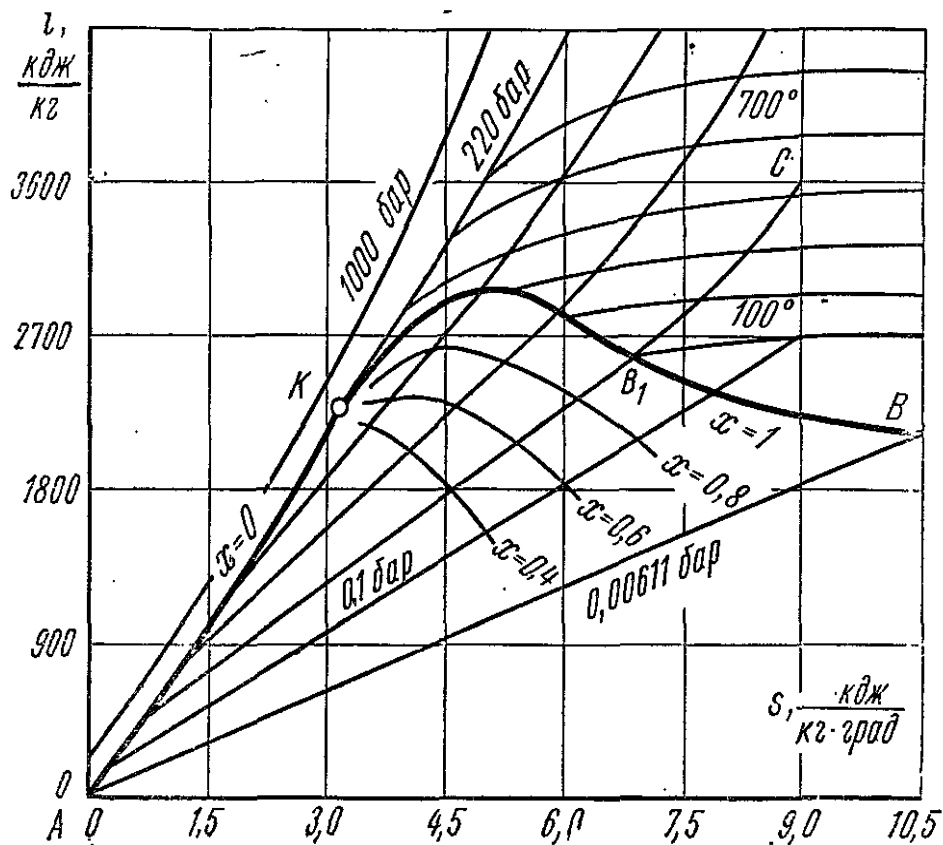
bc - izobarik qaynash jarayoni bo'lib, bir vaqtning o'zida izoterma bo'lib ham hisoblanadi, chunki, qaynashning boshlanishidan tugaguncha suvning harorati o'zgarmaydi;

r- yuza ma'lum mashtabda suvning to'la bug'lanib tugashi uchun sarflanadigan issiqlikni bildirib - bug'lanish issiqligi deyiladi;

q_{o'q}- to'yingan (quruq) bug'dan o'ta qizigan bug' hosil qilish uchun bug'ga berilgan qo'shimcha issiqlik miqdori.

Bug' hosil bulish jarayoniga sarflanadigan umumiy issiqlik miqdori quyidagiga teng.

$$q = i + r + q_{o'q} \quad (5.1)$$



4-rasm. Suv bug'i uchun «hs» diagrammasi

"0" nuqtadan chiqayotgan izobara chiziqlari $X=1$ chizig'igacha (qaynab tugaguncha) izoterma bilan birga ketadi. Yuqori chegara chizig'i ($X=1$) dan keyin izobara chizig'i yuqoriga tik ko'tariladi, izoterma chiziqlari esa pastroqqa qarab og'ib ko'tariladi.

Rasmda bug'ning quruqlik darajasi bir xil bo'lgan chiziqlar ham berilgan ($X_1=0,90$: $X_2=0,8$ va h.k). Rasmda kattaliklar MKGS birliklari sistemasida berilgan. Kerakli paytda SI sistemasiga o'tish uchun olingan qiymatlarni $1 \text{ kkal} = 4,19 \text{ kJ}$ ga ko'paytirsak yetarli bo'ladi.

3. Nam havoning xususiyatlari. Nam havoning gaz doimiysi va entalpiyasi

Tabiatda odatda har doim havo tarkibida ma'lum miqdorda suv bug'i mavjud bo'lib, quruq havo bilan suv bug'idan tashkil to'gan aralashma **nam havo** deyiladi.

Amaliyot uchun atmosfera havosi bosimidagi (yoki unga yaqinlashgan) nam havo e'tiborga havola bo'lib, uning harorati unchalik past bo'lmagan hollarda (0-100 °C) qiziqarli. Havo tarkibidagi suv bug'ini Parsial (xususiy) bosimi unchalik katta emas – bir necha o'n millimetr simob ustuniga teng. Shu sababli texnikaviy hisoblar uchun yetarli darajada aniqlik bilan nam havo va suv bug'i uchun ideal (keltirilgan) gazlar tenglamasini qo'llash mumkin, ideal gaz tenglamasi

$$PV=MRT \quad (5.2)$$

Dalton qonuniga ko'ra nam havoning bosimi - quruq havo partsial (bosim ulushi) bosimi bilan bug'ning partsial bosimlarining yig'indisiga teng:

$$P_{\text{bar}}=P_x+P_b \quad \text{yoki} \quad B=P_x+P_b \quad (5.3)$$

bu yerda P_{bar} - nam havoning barometrik bosimi;

P_x - quruq havoning partsial bosimi;

P_b -suv bug'ining partsial bosimi (bosim ulushi).

Agar nam havo tarkibidagi suv bug'i qizigan holatda bo'lsa, uning zichligi quruq to'yingan bug' zichligidan kamroq bo'lib, bug'ning bosimi P_b ham to'yinish bosimi P_t dan kamroq bo'ladi. Bunday havo namlikka to'yinmagan hisoblanadi.

Agar nam havo tarkibida quruq to'yingan bug' bo'lsa, uning zichligi $P_b = P_t$, ya'ni bug'ning zichligi to'yinish zichligi bilan barobar. Bu holatda quruq bug'ning partsial bosimi, shu harorat uchun to'yinish bosimiga teng bo'ladi. Bunday havo namlikka to'yingan bo'lib, tarkibida shu sharoit uchun maksimum suv bug'i mavjud bo'ladi.

Agar nam havo tarkibida nam to'yingan bug' bo'lsa, uning zichligi (P_b) shu harorat uchun quruq to'yingan bug' zichligidan ortiq bo'lib, bunday havo tarkibida bug' miqdori to'yinish miqdoridan ham ortiqcha bo'ladi.

Suv bug'ining partsial bosimidagi (P_b) to'yinish haroratini "**shudring nuqtasi**" deyiladi. Shundan harorat sal pasayganda havoda suv kondensatsiyalanadi, ya'ni shudring tomchilari hosil bo'ladi. 1m^3 havodagi suv bug'ining grammlarda ifodalangan miqdori "**mutloq (absolyut) namlik**" deyiladi.

Bir xil haroratda havodagi mavjud bug' massasining shu harorat va bosimda havoga sig'ishi (to'yinmasdan) mumkin bo'lgan bug' massasiga nisbati "**nisbiy namlik**" deyiladi:

$$\varphi = \frac{P_{\sigma}}{P_T} \quad (5.4)$$

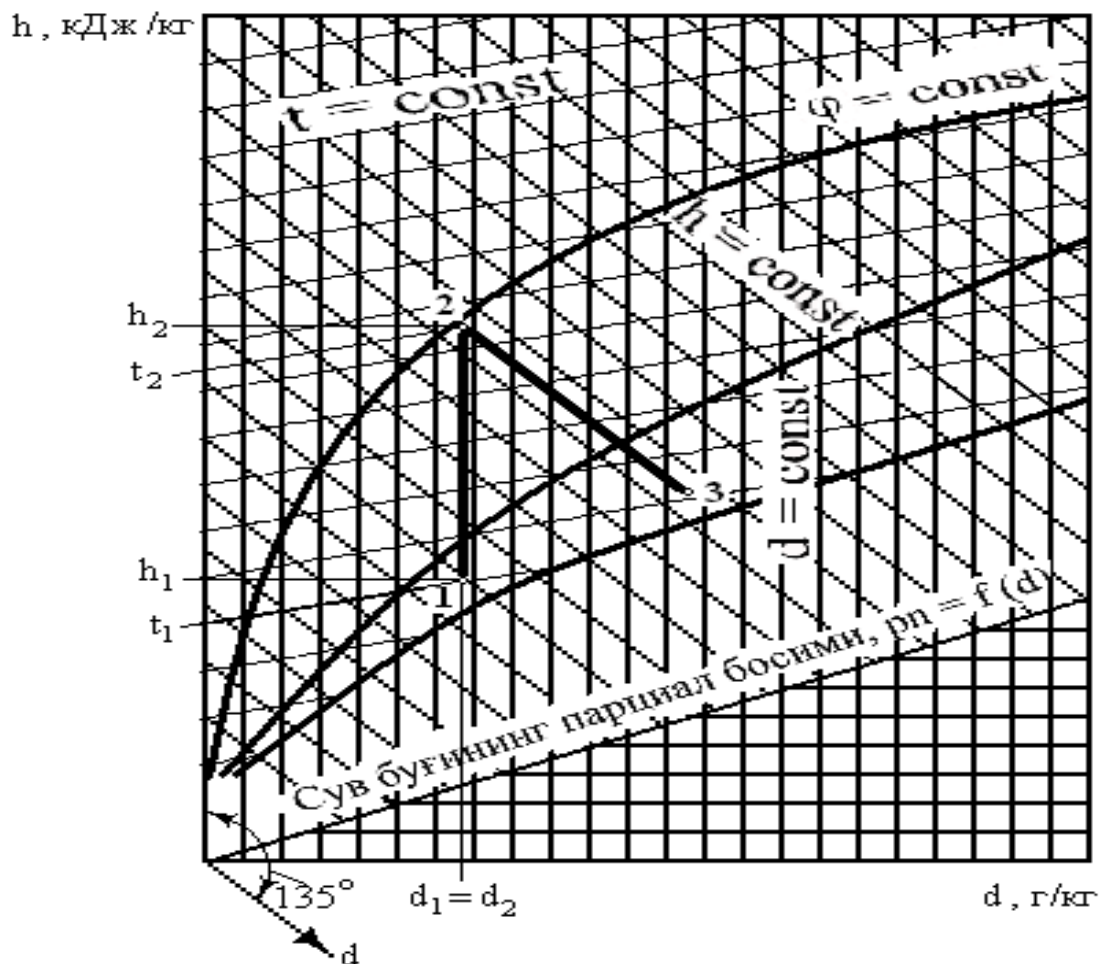
1kg quruq havodagi suv bug'ining kg lardagi ifodasi "**namlik miqdori**" deyiladi:

$$d = \frac{m_{\sigma}}{m_x} \quad d = 0,622 \frac{P_{\sigma}}{B - p_{\sigma}}$$

Nam havo uchun "**hd**" diagrammasi. Mahsulotlarni quritish jarayonida qurituvchi ishchi jism (havo)ning fizik ko'rsatkichlarini formulalar yo'li bilan emas, grafikdan foydalanib hal qilish ancha qulaylik tug'diradi (5-rasm). Mahsulotni quritishda quriyotgan moddada namlikning kamayishi hisobiga havo namligi ortib boradi, natijada umumiy entalpiya miqdori o'zgarmay qoladi ($h = \text{const}$).

L.K.Ramzin nam havo uchun quyidagi «hd» diagrammasini taklif qilgan. Kaloriferda qurituvchi havo $d = \text{const}$ holatda T_2 haroratgacha qizdiriladi (1—2-jarayon). Kaloriferda havoni isitishga sarflangan issiqlik miqdori $h_2 - h_1$ koordinata bilan ifodalanadi. T_2 harorat va nisbiy namlikka ega bo'lgan havo quritish kamerasiga haydaladi, u yerda mahsulot $h = \text{const}$ sharoitida quriydi. Qurituvchi havoning nisbiy namligi ortib boradi, harorati esa kamayadi. Quriyotgan mahsulotdan 1 kg havoga chiqqan namlik $d_3 - d_2$ ayirmaga teng. Quritish kamerasidan chiqayotgan havoning harorati hd diagrammasida 3 nuqtadagi harorat bo'lib hisoblanadi.

L.K.Ramzin nam havo uchun quyidagi "**hd**" diagrammasini taklif qilgan



5- rasm. Nam havo uchun “*hd*” diagrammasi

Nam havoning gaz doimiysi . Nam havo ilgari aytganimizdek, havo va bug' aralashmasi bolgani uchun gaz aralashmasi sababli universal gaz doimiysiifodasidan foyda- lanamiz:

$$\mu_{ap} \cdot R_{ap} = 8314$$

yoki

$$R_{ap} = \frac{8314}{\mu_{ap}} = \frac{8314}{\mu_x \cdot r_x + \mu_b \cdot r_b} = \frac{8314}{\mu_b \frac{p_x}{B} + \mu_b \frac{p_b}{B}} \quad (5.5)$$

(5.5) tenglikdagi havo va bug'ning molekulyar massalari

$\mu_x = 29$ va $\mu_b = 18$ bo'lganligi uchun hamda parsial bosimlar $p_x = B - p_b$ bo'lganligini hisobga olib, tenglikka bir oz o'zgartirish kiritamiz:

$$R = \frac{8314}{28,3 - 10,3 \frac{\varphi \cdot p_T}{B}} \quad (5.6)$$

Nam havoning entalpiyasi quruq havo entalpiyasi bilan d kg suv bug'i entalpiyasining yig'indisiga teng:

$$h = h_x + dh_{tr} \quad (5.7)$$

Quruq havo uchun o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi $C_p = 1006 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$ bo'lganligi uchun:

$$h = 1006 t + dh_k. \quad (5.8)$$

Nam havoning entalpiyasi. Entalpiya ham 1kg quruq havoga nisbatan qaraladi,

ya'ni $\left(1 + \frac{d}{1000}\right)$ kilogramm nam havoga nisbatan.

Qavs ichidagi bir soni bir kilogramm quruq havo qo'shilgan bir kilogramm quruq havoga to'g'ri keladigan suv bug'i ekanligini bildiradi, ya'ni nam saqlash xususiyati d o'lchov birligi $\frac{gr \cdot bug'}{kg \cdot q.h.}$, shu sababli entalpiya quyidagicha belgilanadi:

$$H; \quad \frac{kJ}{kg \cdot q.h.}$$

Entalpiya H 1kg quruq havo entalpiyasi va $\left(\frac{d}{1000}\right)$ kg bug' entalpiyalari yig'indisidan iborat, ya'ni

$$H = h_{q.h.} + 0,001d \cdot h_b. \quad (5.9)$$

$h_{q.h.}$ – 1kg quruq havo entalpiyasi;

h_b - 1kg suv bug'i entalpiyasi.

Quruq havo uchun
$$h = c_p \cdot t \quad (5.10)$$

bunda c_p – massaviy izobarik issiqlik sig'imi, uni quyidagicha qabul qilish mumkin:

$$c \approx 1 \frac{kJ}{kg \cdot K} = 0,24 \frac{kcal}{kgk \cdot grad}.$$

Bug` entalpiyasi (1kg uchun) quyidagi emperik formuladan topilishi mumkin:

$$h_{b.} = 2490 + 1,97 \frac{kJ}{kg} \quad (SI \quad sistemasida) \quad (5.11)$$

$$h_{b.} = 595 + 0,46 \frac{kcal}{kgk} \quad (MKGSS \quad systemsida) \quad (5.12)$$

(5.9) va (5.10) formulalarga issiqlik sig`imi qiymatlarini va (5.11) va (5.12) ifodalar qiymatlarini qo`yib, hosil qilamiz:

$$H = t + 0,001d \cdot (2490 + 1,97) \frac{kJ}{kg \cdot q.h.} \quad (5.12)$$

$$H = t + 0,001d \cdot (595 + 0,46) \frac{kcal}{kgk \cdot q.h.} \quad (5.13)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. pv, Ts-, hs-kordinatalarda bug` hosil bo`lish jarayonlarini tahlil qiling. Ularning umumiy bir xilligini va farq qiluvchi xususiyatlarini ko`rsating.
2. Nam to`yingan, quruq to`yingan va qizdirilgan bug` nima ? Suvni qizdirish, bug` hosil bo`lish va qonuniyatlarini ko`rsating.
3. Bug` holati o`zgarishi jarayonlari (izoxorik, izobarik, izotermik va adiabatik) tahlilini qiling. Nam va qizdirilgan bug` sohalari jarayonlarining xususiyatlarini ko`rsating.
4. To`yingan va to`yinmagan nam havo haqida aniqlik bering. To`yingan nam bug` turli mumkin bo`lgan yo`llarini ko`rsating (va aks incha).
5. Havoning namlik saqlash xususiyati, absolyut va nisbiy namligiga aniqlik bering. $\varphi < 100\%$ va $\varphi > 100\%$ bo`lgan sohalaridagi jarayonlar xususiyatlarini keltiring.
6. Hd-diagramma yordamida aniq masalalar yeching.