

Tema №9: Howanyň fiziki häsiýetnamalary

Daltonyň kanunyna laýyklykda birnäçe gazyň garyndysy, durnukly ýagdaýda, garyşýan gazlaryň basyşlarynyň jemine deňdir. Şunlukda, çygly atmosfera howasynyň umumy basyşy P_6 howanyň gury böleginiň (P_c) we suw buglarynyň basyşynyň (P_{II}) jemine deňdir.

$$\mathbf{P}_{\text{6}} = \mathbf{P}_{\text{c}} + \mathbf{P}_{\text{II}} \quad \text{ýa-da} \quad \mathbf{P}_{\text{c}} = \mathbf{P}_{\text{6}} - \mathbf{P}_{\text{II}}$$

formulada $\mathbf{P}_{\text{c}}$ ululuk $(\mathbf{P}_{\text{6}} - \mathbf{P}_{\text{II}})$ ululyk bilen çalşyryldy.

Munuň sebäbi – bu ululyklar ýönekeý we ýeterlik takyklykda takyk ölçenip bilinýärler. Çygly howanyň umumy basyşy $\mathbf{P}_{\text{6}}$ atmosfera howasynyň basyşyny $\mathbf{P}_{\text{6}}'$ – ululygy barometriň kömegi bilen ölçäp we bu ululygy, düzediş koeffisiýentlerini girizmek arkaly kesgitleýärler.

$$\mathbf{P_6} = \mathbf{P_6^1} \pm \Delta \mathbf{H_{cm}} \pm \Delta \mathbf{P_1} \pm \Delta \mathbf{P_2} \pm \Delta \mathbf{P_3}$$

Bu formula: $\Delta \mathbf{H_{cm}}$ – ölçeg geçirilýän uçastokda atmosfera basyşy bilendeňeşdirileninde statiki basyşa bolan düzediş koeffisiýenti adatça (+) belgide, eger-de wakuum, bolsa onda minus (-) belgi bilen kabul edilýär.

$\Delta \mathbf{P_1}$ – howanyň temperaturasyna düzediş koeffisiýenti (ýörite tablisalar boýunça kabul edilýär).

$\Delta \mathbf{P_3}$ – priboryň pasporty boýunça kabul edilýän instrumental düzediş koeffisiýenti.

Suw baglarynyň parsial basyşy P_{II} , tablisalar esasynda, çygly doýgun halyndaky, howanyň temperaturasyna baglylykda kabul edilýär. Tehnikada howanyň basyşy adatça atmosfera ölçeginde aňladylýar.

Atmosfera basyşy P_6 , barometrini basyşy diýip hem atlandyrylýar, Daltonyň kanunyna laýyklykda atmosfera basyşy P_6 gury howanyň P_c we suw baglarynyň P_{II} parsial basyşlarynyň jemine deňdir, ýagny:

$$P_6 = P_c + P_{\text{II}} ;$$

Fiziki atmosferany (at), **10333 kg/m^2** ýa-da **$1,0333 \text{ kg/sm}^2$** deň bolan; we tehnik atmosferany (at), **10.000 kg/sm^2** ýa-da **1 kg/m^2** ululyklarda tapawutlandyrylýar. Basyş, şeýle hem haýsydyr bir suwuklygyň sütüniň beýikligi bilen aňladylýar, bu suwuklygyň massasy bu basyşy deňölçegeleşdirilýär. Bu belentlik köplenç iteriji güýç diýip atlandyrylýar.

Fiziki atmosfera, beýikligi **760 mm** bolan simap sütüniň massasy bilen, ýa-da beýikligi **10333 mm** suw sütüniň massasy bilen deňölçegeleşýär.

Howa çalyşmak tehnikasynda adatça uly bolmadyk basyşlar bilen iş salyşylýar, şonuň üçin basyşyň ölçeg birligi hökmünde tehniki atmosferdan **10.000** gezek kiçi bolan **$1\text{kg}/\text{sm}^2$** basyş kabul edilýär.

CH sistemasynda basyşyň ölçeg birligi hökümünde **$1\text{H}/\text{sm}^2$** we **$1\text{H}/\text{m}^2$** kabul edilen, özi hem **$1\text{H}/\text{m}^2 = 0,102\text{kg}/\text{m}^2$** ýa-da takmynan **$0,1\text{kg}/\text{m}^2$** ; **$1\text{kg}/\text{m}^2$** bolsa **$10\text{H}/\text{m}^2$** deňdir.

Basyş: $1\text{kg/m}^2 = 1\text{mm suw.süt.}$ we $1\text{H/m}^2 = 0,1\text{mm suw. süt.}$ deňdir.

Birnäçe döwletlerde, deňeşdirme ululyk hökümünde “*standart atmosfera*” ýa-da köplenç “*fiziki atmosfera*” adyny alan ululuk kabul edilýär, ýagny: deňiz derejesinde, $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturada – basyş 760mm sim.süt deňdir.

Fiziki we tehnik atmosferanyň arasynda şu aşakdaky tapawut bardyr:

$1\text{ fiziki atmosfera} = 760\text{mm sim.süt} = 10333\text{ kg/m}^2 = 10333\text{ mm sim.süt}$
 $= 101325\text{ H/m}^2 = 1,01325\text{ bar.}$

$1\text{ tehnik atmosfera} = 735,6\text{ mm sim.süt} = 10 \cdot 103\text{ kg/m}^2 = 10,103\text{ mm sim.süt.}$

Howa çalyşmak we kondisionirleme ulgamlarynyň hasaplamalarynda atmosfera basyşyny adatça kg/m^2 ýa-da mm sim.süt hasabynda alýarlar. Halkara ölçegler birligi (CII), *ГОСТ 9867-61*, boýunça basyş N/m^2 ölçeginde alynýar.

Basyşyň ölçeg birligini öwürmeklik bolsa şu aşakdaky gatnaşyklar esasynda amala aşyrylýarlar:

$$\begin{aligned} 1\text{H/m}^2 &= 0,101972 \text{ kg/m}^2 = 7,5006 \times 10^{-3} \text{ mm.sim.süt} = \\ &= 10^{-5} \text{ bar.} \end{aligned}$$

Howanyň çygsaklajylygy diýip gury bölegi 1 kg bolan çygly howanyň özünde saklaýan suw buglarynyň massasyna $\left(\frac{d}{1000}\right)$ aýdylýar.

Ýagny çygly howanyň umumy massasy, onuň gury böleginiň we suw buglarynyň massasyna deňdir:

$$1 + \frac{d}{1000}, \quad kg$$

bu ýerde:

1-gury howanyň massasy, kg.

d-suw buglarynyň massasy, gram.

Howa çalyşmak ulgamlarynda howa işläp taýýarlanylanynda howanyň şertleri özgerýär, emma howanyň gury böleginiň mukdary üýtgemän galýar şonuň üçin howanyň ýylylyk-çyglylyk ýagdaýyna garalanynda, ähli görkezijiler gury bölegi 1 kg bolan çygly howa gatnaşdyrylýar. Çygly howa, düzüminde bar bolan suw buglarynyň mukdary bilen häsiýetlendirilýär. Gury bölegi 1 kg bolan çygly howanyň özünde saklaýan suw buglarynyň massasy-howanyň çygsaklaýjylygy (d) diýip atlandyrylýar we şu formula arkaly kesgitlenilýär:

$$d = 622 \frac{P_{\Pi}}{P_{\zeta} - P_{\Pi}} \quad g/kg \cdot g \cdot h.$$

Ýagny, çygly howanyň massasy deňdir:

$$1 + \frac{d}{1000}, \quad kg$$

bu ýerde

1-gury howanyň massasy, kg.

d-suw buglarynyň massasy, gram.

Howanyň çygsaklaýjylygy düşünjesini hasaplamalarda ulanmaklyk örän amatly hasaplanylýar, çünki bir temperatura we çyglylyk şertlerinden başga şertlere geçileninde howanyň göwrüminiň we massasynyň üýtgemekligine düzediş koeffisiýentlerini ulanmaklyk zerur bolmaýar.

Howanyň çyg saklaýjylygyny kesgitlemeklik üçin formula ýazalyň, munuň üçin howadaky suw buglary üçin we howanyň gury bölegi üçin Klapeýronyň-Mendeleyewiň haraketristiki deňlemelerini ýazalyň

$$\frac{P_c}{\gamma_c} = R_c \cdot T \quad (10)$$

$$\frac{P_n}{\gamma_n} = R_n \cdot T \quad (11)$$

10-njy deňlemäni 11-nji deňlemä bölýäris we tapýarys:

$$\frac{\frac{P_c}{\gamma_c} = R_c \cdot T}{\frac{P_n}{\gamma_n} = R_n \cdot T} = \frac{P_c}{P_n} \frac{\gamma_n}{\gamma_c} = \frac{R_c}{R_n} \quad (12)$$

12-nji deňlemeden $\frac{\gamma_n}{\gamma_c}$ gatnaşygyny tapýarys:

$$\frac{\gamma_n}{\gamma_c} = \frac{\frac{R_c}{P_n}}{\frac{R_n}{P_c}} = \frac{R_c}{R_n} \frac{P_n}{P_c} \quad (13)$$

Bu formulada:

$\frac{\gamma_n}{\gamma_c}$ -gury bölegi 1 kg bolan gury howadaky suw

buglarynyň kg ölçegindäki massasyny aňladýar, ýagny $\frac{d}{1000}$.

Onda 13-nji deňlemenden tapýarys:

$$\frac{d}{1000} = \frac{R_c}{R_n} \cdot \frac{P_n}{P_c} = \frac{2,153}{3,461} \frac{P_n}{P_c} = 0,622 \frac{P_n}{P_c} \quad (14)$$

ýa-da

$$d = 622 \frac{P_n}{P_c} = 622 \frac{P_{\Pi}}{(P_{\delta} - P_{\Pi})}, \text{ g/kg.g.h.} \quad (15)$$

$P_c = P_{\delta} - P_{\Pi}$ bolanyny göz öňünde tutmaklykda, gutarnykly ýazýarys:

$$d = 622 \frac{P_n}{P_{\delta} - P_n} \text{ g/kg.g.h.} \quad (16)$$

Howanyň çyglygy, howa çalyşmak we howa kondisionirleme prosesslerinde özgerýär. Şu sebäpli howanyň düzümindäki suw buglarynyň parsial basyşy hem özgerýär. Emma çygly howanyň islendik temperaturasynda, oňa laýyk bolan, suw buglarynyň iň ýokary mümkin bolan we suw buglarynyň doly doýgunlyk ýagdaýyna gabat gelýän anyk basyşy degişlidir.

Suw buglarynyň parsial basyşynyň doly doýgunlyk ýagdaýyndaky ululygy P_H diýip belgilenýär we doýgunlyk basyşy diýip atlandyrylýar.

P_H ululygyň san bahasy çygly doýgun howanyň temperaturasyna baglylykda tablisalar arkaly kesgitlenilýär.

Eger-de çygly howadaky suw buglary doýgun däl halatynda bolsa, onda biz aşagyzydyrylan suw buglary bilen iş salyşýarys we howanyň bu ýagdaýy doýgun däl çygly howa diýip atlandyrylýar.

Doýgundäl çygly howadaky suw buglarynyň basyşy P_{II} diýip belgilenilýär.

Suw buglarynyň parsial basyşynyň, çygly howanyň şol bir temperaturasynda, doýgunlyk basyşyna bolan gatnaşygy otnositel çyglylyk diýip atlandyrylýar we, adatça, prosent hasabynda alynýar:

$$\varphi = \frac{P_{\Pi}}{P_H} \cdot 100\%$$

Eger-de doýgun howa sowadylsa, onda ol doýgunlyk çäginden çykýar we onda göze görünyän ümür emele gelip suw damjalary damyp başlaýar.

Doýgun çygly howa üçin otnositel çyglylyk **100%**-te deňdir.

Eger-de doýgun howa gyzdyrylsa , onda çygly howa doýgun däl halyna geçýär we ondaky suw burglary aşagyzdyrylan ýagdaýda bolýarlar. Doýgundäl çygly howa üçin otnositel çyglylyk **100%**-den kiçidir.

Düzüminde mümkin bolan iň ýokary çäkde suw buglary bolan çygly howa-doýgun howa diýip atlandyrylýar, şol bir temperaturada howany doýgun halyna ýetirýän howanyň düzümindäki suw buglarynyň mukdary bolsa-howanyň çyglylyk sygymy diýip atlandyrylýar (d_H) we çygly howanyň ***I-d*** diagrammasy ýa-da tablisa esasynda kesgitlenilýär.

Howa çalyşmak we kondisionirleme tehnikasyndaky hasaplamalarda udel massa we udel göwrüm ýylylyk sygymy düşünjeleri ulanylýarlar (ýagny C_p we C_v).

Udel massa ýylylyk sygymy diýip **1 kg** howany **1°** gyzdyrmaklyk üçin zerur bolan ýylylyk mukdaryna düşünilýär (*0°-dan 1° gradusa çenli*). Udel massa ýylylyk sygymynyň san bahasy, üýtgemeyän basyşda, **$C_p=0,24 \text{ kkal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$** diýip kabul edilýär.

Göwrüm udel ýylylyksygymy diýip **1 m^3** howany 1° gyzdyrmaklyk üçin zerur bolan ýylylyk mukdaryna aýdylýar. Üýtgemeýän basyşda göwrüm udel ýylylyksygymynyň san bahasy **$C_v=0,31\text{ kkal/m}^3\text{ }^\circ\text{C}$** .

Suw buglarynyň ýylylyksygymy adaty howaçalysmak prosesslerindäki temperaturalar diapazonynda üýtgemeýär we hemişelik ululyk hökmünde kabul edilýär we **$C_n=0,45\text{ kkal/kg }^\circ\text{C}$** deňdir.

Çygly howanyň entalpiýasy diýip-gury böleginiň massasy 1 kg bolan, çygly howanyň özünde saklaýan ýylylyk mukdaryna aýdylýar. Ýagny çygly howanyň entalpiýasy bu -1 kg gury böleginde we d kg suw buglarynda saklanýan ýylylyk mukdarydyr, diýmek (1+d) kg çygly howa üçin:

$$I = I_c + I_n \text{ kkal/kg.g.h.} \quad (18)$$

I_c -çygly howanyň gury böleginiň entalpiýasy.

$$I_c = C_p \cdot t \quad (19)$$

t-howanyň temperaturasy, °C.

Çygly howa işläp taýýarlanylanda onuň umumy basyşy örän ujypsyz özgerýär, şonuň üçin C_p ululyk, gury howanyň üýtgemeýän basyşdaky ýylylyk sygymy diýip hasaplanylýar we onuň $-50\dots+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -sa çenli çäklerde san bahasy $c_p=0,24\text{ kkal/kg }^{\circ}\text{C}$ diýip kabul edilýär.

d kg mukdardaky *suw buglarynyň entalpiýasy:*

$$I_n=(597+0,45\ t_n)d\quad kkal/kg.g.h.\ (20)$$

bu ýerde:

597 - 0° temperaturaly 1 kg suwy bugartmaklygyň ýaşyryn ýylylygy, ýagny 0 °C temperaturadaky 1 kg suwy, şol bir temperaturada, buga öwürmeklik üçin zerur bolan ýylylyk mukdary, kkal/kg.

0,45 – suw buglarynyň ýylylyksygymy, kkal/kg, °C.

t_{II} – suw buglarynyň temperaturasy, °C.

Çygly howanyň temperaturasy bilen bagly ululyklary bileleşdirmeklik esasynda, alýarys:

$$I = (0,24 + 0,45d)t + 597d, \text{ kkal/kg.g.h.} \quad (21)$$

bu ýerde: $(0,24 + 0,45d)$ - ululyk, gury bölegi 1 kg bolan çygly howanyň ýylylyksygymyny aňladýar we C'_p - belgi bilen belgilenilýär. Şeýlelikde, çygly howanyň entalpiýasy onuň temperaturasyna we çyglylygyna baglydyr. Öz gezeginde çygly howanyň üýtgeşsiz umumy basyşynda 21-nji deňlemenden görnüşi ýaly, howanyň çyksaklaýjylygynyň ululygy gös-göni suw buglarynyň parsial basyşynyň ululygy bilen kesgitlenilýär.

Şeýle hem, çygly howanyň şertlerine baha berileninde ýenede iki sany görkeziji ulanylýar:

- howanyň nem düşürmeklik temperaturasy t_p we çygly termometr boýunça temperaturasy t_m .

Eger-de, çygly howa üýtgemeýän çygsaklaýjylykda ($d=\text{const}$) 100%-otnositel çyglylyga çenli sowadylsa, onda suw buglarynyň doly doýgunlyk ýagdaýyna laýyk bolan temperatura - howanyň nem düşürmeklik temperaturasy (t_p) bolar, çünki temperaturanyň peseldilmesi dowam etdirilse, howanyň düzümindäki suw buglary damja şeklinde düşüp başlaýarlar. Şunlykda, nem düşürmeklik temperaturasy t_p , çygly howany üýtgemeýän d ululykda ($d=\text{const}$), sowatmaklygyň mümkin bolan çäginä häsiýetlendirýär.

Çygly termometr (t_m) boýunça howanyň temperaturasy, belli bolşy ýaly, psihrometr gurallaryny ulanmaklykda kesgitlenilýär.

Şeýlelik bilen howanyň çygly termometr boýunça temperaturasy, suwy bugartmaklyk üçin ýylylygyň diňe daşky gurşaýan howadan alynýan ýagdaýynda doýgun howanyň temperaturasyny häsiýetlendirýär.

Çygly howa birmeňzeş temperaturaly (t) we birmeňzeş düzümlü garyndy hökmünde gurulýar. Onda çygly howanyň entalpiýasy:

$$I = 0,24t + (597 + 0,45t)d; \text{ kkal/kg.g.h.} \quad (22)$$

Deñlemeden görnüşi ýaly, atmosfera howasynyň entalpiýasy iki sany goşuljydan düzülýär: olaryň biri temperatura bagly, beýlekisi bolsa-howanyň çygsaklaýjylygyna. Entalpiýanyň birinji goşulyjysy – aýan ýylylyk diýip atlandyrylýar, ikinjisi bolsa – ýaşyryn ýylylyk.

Şeýlelik bilen atmosfera howasynyň entalpiýasy, üýtgemeyän basyşda, howanyň temperaturasyna we howadaky çygyň mukdaryna baglydyr.

Eger-de howanyň temperaturasy peselip, howadaky çygyň mukdary ulalýan bolsa, entalpiýasy bolsa üýtgemeyän bolsa, onda aýan ýylylygyň azalmaklygynyň öwezi ýaşyryn ýylylygyň köpelmekligi bilen doldurylýar. Atmosfera howasynyň entalpiýasynyň we çyglylyk mukdarynyň san bahalary tablisalarda berilýärler.