

Основні властивості вологого повітря

Атмосферне повітря являє собою суміш різних газів і водяної пари. З технічної точки зору суміш цих газів (без водяної пари) припустимо називати "сухе повітря", а атмосферне повітря представляти як суміш сухого повітря і водяної пари. Кількість водяної пари, що міститься в повітрі, може бути виражена різними способами, зокрема, через:

- пружність, або парціальний тиск парів води;
- абсолютну вологість;
- відносну вологість, або гігрометричний показник.

Тиск атмосферного повітря (P_6) являє собою суму парціальних тисків сухого повітря P_c і водяної пари P_n (закон Дальтона): $P_6 = P_c + P_n$ (1)

Якщо гази можуть змішуватися в будь-яких пропорціях і кількостях, то повітря може вмістити лише певну кількість водяної пари, тому що парціальний тиск парів води в суміші не може бути вище парціального тиску насичення цієї пари при даній температурі. Існування граничного парціального тиску насичення виявляється в тому, що уся надлишкова пара води понад цю кількість буде конденсуватися. При цьому волога може випадати у вигляді крапель води, кристалів льоду, туману або паморозі.

Абсолютна вологість - кількість пари (кг), що міститься в одному кубічному метрі вологого повітря. Для практичних розрахунків за одиницю виміру, що характеризує вміст пари у вологому повітрі, приймають вологовміст.

Вологовміст вологого повітря (d) - кількість пари, що міститься в об'ємі вологого повітря, що складається з 1 кг сухого повітря і M_n пари:

$$d = M_n / M_c \times 1000 \text{ або } d = 622 \times P_n / (P_6 - P_n), \quad (2)$$

де M_c - маса сухої частки вологого повітря, кг.

Відносною вологістю (ϕ), або ступенем вологості, або гігрометричним показником, називають відношення парціального тиску парів води до парціальному тиску насичених парів, виражене у відсотках:
 $\phi' = P_n / P_n \times 100\%$. (3)

Для практичних розрахунків використовують співвідношення $\phi = d_n / d_n \times 100\%$, (4) проте ϕ' хоч і незначно, але відрізняється від ϕ .

Відносну вологість можна визначити, вимірюючи інтенсивність випаровування води. Природно, чим нижче вологість, тим активніше буде йти випаровування вологи. Якщо термометр обмотати вологою тканиною, то покази його будуть зменшуватися щодо сухого термометра. Різниця показників температур сухого і вологого термометрів дають певне значення ступеня вологості атмосферного повітря. У даному випадку воно визначається за психрометричною номограмою або по таблиці.

Вимірювання парціальних тисків на практиці пов'язане з технічними труднощами, тому при розрахунках частіше користуються співвідношенням (4).

Густина (об'ємна вага) вологого повітря - вага 1 м³ вологого повітря може бути визначена за формулою: $\gamma = 1,293 \times 273 / T \times (P_6 / 760 - 0,378 \times P_n / 760)$, кг/м³ (5). Об'ємна вага вологого повітря при тих же значеннях температури і тиску. Однак їх різниця незначна, і в практичних розрахунках об'ємна вага вологого повітря приймається рівною об'ємній вазі сухого повітря. Так, об'ємна вага насиченого повітря при $t = 20^\circ\text{C}$ і $P_6 = 760$ мм.рт.ст. складає 1,178 кг/м³, а сухого повітря при тих же умовах - 1,205 кг/м³.

Питома теплоємність повітря (c) - це кількість тепла, необхідного для нагрівання 1 кг повітря на 1°K. Питома теплоємність сухого повітря при постійному тиску залежить від температури, проте для практичних розрахунків питому теплоємність як сухого, так і вологого повітря вважають рівною:

$$c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг K}) = 0,24 \text{ ккал}/(\text{кг K}) \quad (6).$$

Питома теплоємність водяної пари приймають рівною 0,44 ккал / (кг K).

Сухе або явне тепло - тепло, яке додається або відводиться від повітря без зміни агрегатного стану пари (змінюється тільки температура).

Приховане тепло - тепло, що йде на зміну агрегатного стану пари без зміни температури (наприклад, осушення).

Ентальпія (тепловміст) вологого повітря I_6 - це кількість тепла, яке міститься в об'ємі вологого повітря, суха частина якого важить 1 кг. Інакше кажучи, це кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання від нуля до даної температури такої кількості повітря, суха частина якого дорівнює 1 кг.

Ентальпія сухого повітря рівна:

$$I_{cv} = ct = 0,24t, \text{ккал}/\text{кг} \quad (7)$$

де c - питома теплоємність повітря, рівна 0,24 ккал/(кг K)

Ентальпія 1 кг водяної пари рівна:

$$I_{vp} = 597,3 + 0,44t, \text{ккал}/\text{кг} \quad (8)$$

де 597,3 - прихована теплота випаровування 1 кг води при температурі нуль градусів, ккал/кг;

0,44 - теплоємність водяної пари, ккал/(кг*K)

При температурі вологого повітря t і вологовмісті d ентальпія рівна:

$$I = 0,24t + (597,3 + 0,44t) \times d / 1000, \text{ккал}/\text{кг}, \quad (9)$$

де $d = \phi / 100 \times d_n$, г/кг.

На практиці прихована теплота випаровування водяної пари складає значну частину тепла, а теплоємністю водяної пари можна знехтувати. Наближений вираз для практичних розрахунків має наступний вигляд:

$$I = 0,24t + 0,6t. \quad (10)$$

Точка роси.

При нагріванні або охолодженні вологого повітря відбувається зміна його температури і ентальпії, але зберігається вологовміст. Відносна вологість при цьому змінюється, оскільки змінюється його вологоємність.

Якщо вологе повітря охолоджувати при незмінному вологовмісті, то буде знижуватися ентальпія і температура, а відносна вологість буде збільшуватися. Настане момент, коли повітря стане насиченим і його відносна вологість досягне 100%. При подальшому охолодженні повітря почнеться випаровування з повітря води у вигляді роси - *конденсація пари*. Ця температура називається *точкою роси*. Точка роси є межею можливого охолодження вологого повітря при незмінному вологовмісті. Для визначення точки роси необхідно знайти таку температуру, при якій вологовміст повітря d дорівнюватиме його вологоємності d_n .

t, °C	Відносна вологість, %										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Точка роси, °C											
0	-9,2	-8,2	-6,5	-5,7	-4,9	-3,7	-3,0	+2,2	+1,5	+0,6	0
+2	-7,1	-5,7	-4,8	-3,7	-2,5	-1,9	-0,9	0	+0,9	+1,5	+2
+4	-5,3	-4,1	-2,9	-1,9	-0,9	0	+0,9	+1,8	+2,4	+3,2	+4
+6	-3,7	-2,2	-1,3	0	+0,9	+1,8	2,9	+3,8	+4,5	+5,1	+6
+8	-1,9	+0,5	+0,6	+1,8	+2,7	+3,8	+4,5	+5,5	+6,4	+7,2	+8
+10	0	+1,5	+2,5	+3,7	+4,5	+5,8	+6,8	+7,6	+8,5	+9,2	+10
+12	+2	+3,2	+4,3	+5,5	+6,8	+7,8	+8,5	+9,6	+10,5	+11,3	+12
+14	+3,7	+4,8	+6,2	+7,4	+8,5	+9,6	+10,5	+11,4	+12,3	+13,1	+14
+16	+5,6	+7	+8,3	+9,4	+10,5	+11,6	+12,6	+13,5	+14,4	+15,2	+16
+18	+7,4	+8,9	+10	+11,3	+12,4	+13,5	+14,6	+15,5	+16,5	+17,2	+18
+20	+9,2	+10,5	+11,9	+13,1	+14,4	+15,5	+16,5	+17,4	+18,3	+19,2	+20

