

ЕЛЕКТРОННА ВЕРСІЯ ID ТА ID α -ДІАГРАМ

Розроблено електронну версію Id та Id α -діаграм для визначення вологовмісту і ентальпії як для повітря, так і для суміші продуктів згорання топкового мазуту 40 і дашавського природного газу.

Senior teacher M.V. Dendyuk; stud. P.P. Dzyurah – NUFWT of Ukraine

Electronic version of the Id and Id α diagrams

The electronic version of the Id and Id α -diagrams is developed for determination of moisture content and enthalpy both for air, and for the mixture of products of combustion of heating fuel oil 40 and of Dashav's natural gas.

Актуальність і аналіз відомих досліджень. Керування сучасними технологічними процесами гідротермічної обробки деревини з використанням мікропроцесорної техніки ґрунтується на впровадженні алгоритмів фізико-математичних моделей, адекватність яких залежить, в тому числі, від достовірності фізико-механічних властивостей деревини і параметрів агента сушіння. Однак реалізація достовірної моделі вимагає детальних досліджень у сфері термодинаміки вологого повітря та теплопередачі при горінні різних топлив. Достатньо прості графоаналітичні методи визначення параметрів вологого повітря за Id-діаграмою [1], запропоновані Л.К. Рамзіним у 1918 році, та параметрів топкових газів за Id α -діаграмою [2] і практично незмінні дотепер, не можуть бути застосовані у математичних моделях.

Апроксимаційні залежності для ентальпії і питомої ваги перегрітої водяної пари залежно від об'ємної частки продуктів згорання, закладені в Id α -діаграмах, отримано А.П. Капішниковим [3]. Ці дослідження спрямовані на визначення вологовмісту і ентальпії як для повітря, так і для суміші продуктів згорання топкового мазуту 40 і природного дашавського газу.

Математична модель та реалізація. Вологовмістом повітря d називають масу водяної пари, яка припадає на 1 кг сухої частини повітря, тобто

$$d = 1000 \cdot \rho_{\text{п}} / \rho_{\text{в}}, \quad (1)$$

де: d – вологовміст, г/кг; $\rho_{\text{п}}$ – густина пари, г/м³, $\rho_{\text{п}} = P_{\text{п}} / (R_{\text{п}} T)$; $\rho_{\text{в}}$ – густина сухого повітря, г/м³, $\rho_{\text{в}} = P_{\text{в}} / (R_{\text{в}} T)$; $P_{\text{п}}$ – тиск водяної пари, $P_{\text{п}} = P_{\text{н}} \phi$, Н/м²; $P_{\text{н}}$ – тиск насиченої водяної пари, Н/м²; $P_{\text{в}}$ – тиск сухого повітря, Н/м²; $R_{\text{п}}$ – газова постійна для водяної пари, $R_{\text{п}} = 461,58$ Дж/(кг·°C); $R_{\text{в}}$ – газова постійна для сухого повітря, $R_{\text{в}} = 287,14$ Дж/(кг·°C); T – абсолютна температура, $T = 273$ °C + t ; t – температура повітря, °C; ϕ – відносна вологість повітря, %.

Виходячи із закону Дальтона

$$P_{\text{а}} = P_{\text{в}} + P_{\text{п}}, \quad (2)$$

де $P_{\text{а}}$ – атмосферний тиск повітря, $P_{\text{а}} = 100\,000$ Н/м², отримаємо

$$P_{\text{в}} = P_{\text{а}} - P_{\text{п}}. \quad (3)$$

Тиск насиченої водяної пари $P_{\text{н}}$ залежно від температури, апроксимуємо поліномом 3-го степеня

$$P_n = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 \quad (4)$$

за табличними даними, наведеними у [2]. Значення коефіцієнтів апроксимації наведено в табл. 1.

Табл. 1. Коефіцієнти апроксимації залежності тиску насиченої пари P_n від температури

a_0	a_1	a_2	a_3
17040,31	841,7784	-46,48213	1,364311

Підставляючи значення ρ_n і ρ_v у (1), отримаємо

$$d = 622 P_n / (P_a - P_n). \quad (5)$$

Ентальпія повітря визначається як повна кількість тепла у суміші повітря і пари, віднесена до маси сухої частини повітря, тобто, ентальпія I – це кількість тепла, яка міститься у $(1 + 0,001d)$ кг вологого повітря:

$$I = c_{Bt} + 0,001d(c_{pt} + r_0), \quad (6)$$

де: I – ентальпія, кДж/кг; c_B – теплоємність сухого повітря, дорівнює 1,01 кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$); t – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$; c_p – теплоємність пари, дорівнює 1,842 кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$); r_0 – прихована теплота пароутворення, $c_p = 2500$ кДж/кг при $t = 0^{\circ}\text{C}$.

Алгоритм обчислення вологовмісту та ентальпії топкових газів залежить від типу палива. На першому кроці знаходимо низьку теплотвірну здатність для:

- сухого газоподібного палива (кДж/кг):

$$Q_H^P = K_1 \cdot (5,32 \cdot \text{CH}_4 + 5,05 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 4,94 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 4,87 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} + 4,83 \cdot \text{C}_2\text{H}_2 + 5,07 \cdot \text{C}_2\text{H}_4 + 4,91 \cdot \text{C}_3\text{H}_6 + 4,84 \cdot \text{C}_4\text{H}_8 + 1,64 \cdot \text{H}_2\text{S} + 12,75 \cdot \text{H}_2 + 1,08\text{CO}); \quad (7)$$

- твердого або рідкого палива

$$\left. \begin{aligned} Q_H^P &= Q_B^P - 25,1(9H^P + W_0) \text{кДж/кг} \\ Q_H^P &= Q_B^P - 6(9H^P + W_0) \text{ккал/кг} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

та високу теплотвірну здатність за формулами для:

- природного газу (кДж/кг):

$$Q_B^P = Q_H^P + K_2 600 \sum \frac{0,09n}{12m + n} C_m H_n; \quad (9)$$

- твердого або рідкого палива

$$\left. \begin{aligned} Q_B^P &= 4,19 \left[81C^P + 300H^P + 26(S^P - O^P) \right] \text{кДж/кг} \\ Q_B^P &= 81C^P + 300H^P + 26(S^P - O^P) \text{ккал/кг} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

де: $C_m H_n$ – складові газів (%) за масою; m – індекс при C ; n – індекс при H ; K_1, K_2 – коефіцієнти розмірності (кДж/кг – $K_1=94$, $K_2=4,19$, ккал/кг – $K_1=22,4$, $K_2=1$); H^P, S^P, O^P, C^P – елементарний хімічний склад палива, W_0 – початкова вологість палива, (для мазуту $W_0 = 3\%$).

Теоретична кількість абсолютно сухого повітря для згорання 1 кг палива у кг/кг визначається за формулою

- твердого або рідкого палива (кДж/кг):

$$g_0 = 0.115 \cdot C^p + 0.345 \cdot H^p - 0.043 \cdot O^p + 0.043 \cdot S^p; \quad (11)$$

- газоподібного палива (кДж/кг):

$$g_0 = 1.38 \left[0,0179 \cdot CO + 0,248 \cdot H_2 + 0,44 \cdot H_2S + \sum \frac{m + (n/4)}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n - 0,2 \right]. \quad (12)$$

Коефіцієнт α надлишку повітря визначаємо із умов забезпечення температури газів у камері згорання

$$t_r = \frac{Q_H^p \eta_T + c_0 \alpha g_0 t_0 + c_T t_T}{c_{T,Г} g_{T,Г}}, \quad (13)$$

де: η_T – ККД камери згорання (0,85-0,95); c_0 – теплоємність повітря, яке поступає у камеру; c_T – теплоємність палива; $c_{T,Г} g_{T,Г}$ – питома теплота вологих топкових газів; t_0 – температура повітря ($t_0 = 20^\circ C$); t_T – температура палива.

Кількість водяної пари, яка отримується при повному згоранні 1 кг

- твердого або рідкого палива (кг/кг палива):

$$g_{\Pi} = \frac{9H^p + W_0^p}{100} + \alpha g_0 d_0 / 1000; \quad (14)$$

- газоподібного палива (кг/кг палива):

$$g_{\Pi} = \sum \frac{0,09n}{12m + n} C_m H_n + \alpha g_0 d_0 / 1000, \quad (15)$$

де d_0 – вологовміст повітря (5).

Вологовміст топкових газів визначається як

$$d_{C,Г} = 1000 g_{\Pi} / g_{C,Г}, \quad (16)$$

де: $g_{C,Г}$ – кількість топкових газів при спалюванні, (кг/кг палива); $d_{C,Г}$ – вологовміст топкових газів, г/кг.

- твердого або рідкого палива

$$g_{C,Г} = 1 + \alpha g_0 - \frac{A^p + 9H^p + W_0^p}{100}; \quad (17)$$

- газоподібного палива

$$g_{C,Г} = 1 + \alpha g_0 - \sum \frac{0,09n}{12m + n} C_m H_n, \quad (18)$$

де: A^p , H^p – елементарний хімічний склад палива, W_0^p – початкова вологість палива, для мазуту $A^p = 0,2 \%$, $W_0^p = 3 \%$.

Ентальпія топкових газів (кДж/кг):

$$I_{C,Г} = (Q_B^p \eta_T + c_T t_T + \alpha g_0 I_0) / g_{C,Г}. \quad (19)$$

Програмна реалізація. Електронна версія Id та Id α -діаграм реалізована у середовищі VBA з використанням технології структурного програмування. Вхідними даними для визначення вологовмісту і ентальпії як повітря, так і суміші топкових газів, залежно від виду палива, є температура і відносна вологість (рис. 1).

Структура програми побудована так, що головний модуль можна було використовувати для обчислення згаданих вище вологовмісту і ентальпії в інших прикладних програмах.

Рис. 1. Діалогове вікно електронної версії *Id* та *Idα*-діаграм

Висновки. Розроблена програма дає змогу визначити за відомими відносною вологістю і температурою відображені на *Id*-діаграмі вологовміст і ентальпію. Крім того, залежно від способу сушіння, зокрема, при спалюванні теплоносіїв для отримання необхідних параметрів агента сушіння, розроблений і реалізований алгоритм визначення вологовмісту та ентальпії, які відображені на *Idα*-діаграмі.

Таке програмне забезпечення дає змогу здійснити розрахунок процесу сушіння деревини на ЕОМ та використовувати комп'ютерну техніку при керуванні технологічним процесом сушіння деревини.

Література

1. Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Стерлин Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 384 с.
3. Капишников А.П. Электронная версия *Idα*-диаграммы// Лесной журнал: Изв. ВУЗов России. – 2005, № 5. – С. 61-65.

УДК 634.9

*Проф. З.Й. Дячун, канд. техн. наук;
доц. В.Ф. Прусак – НЛТУ України*

СУЧАСНА МЕБЛЕВА ФУРНІТУРА

Наведено класифікацію сучасної меблевої фурнітури, її функціональність у меблевих виробках. Запропоновано нові взірці кріпильної фурнітури для кріплення задньої стінки-екрана і кутового з'єднання стінок корпусних виробів закругленим профілем.

Prof. Z.Yo. Dyachun; doc. V.F. Prusak – NUFWT of Ukraine

Modern furniture accessories

The author gives the classification of modern furniture accessories, their functionality in furniture goods. He also suggests new samples of fastening accessories for angle joining of case goods sides with rounded profile and fastening of screen back side.