

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ПО КУРСУ
“ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ І УСТАНОВКИ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ, ВИРОБІВ І МАТЕРІАЛІВ”

для студентів спеціальності 7.092104
“Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів”

КИЇВ 2013

УДК
ББК

Укладачі: В.М. Кокшарьов, канд. техн. наук, доцент
В.П. Азутов, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: В.В. Павлюк, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний
за випуск: В.І. Гоц, докт. техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри ТБКВ. Протокол №8 від 16.04.2013 року.

Видається в авторській редакції.

Методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань по курсу
“Теплові процеси і установки у виробництві будівельних конструкцій, виробів і
матеріалів”/ Уклад.: В.М. Кокшарьов, В.П. Азутов – К.: КНУБА, 2013. – 15 с./

Методичні рекомендації містять завдання до виконання розрахунково-
графічної роботи та приклади їх розв’язання.

Призначено для студентів будівельно-технологічного факультету
спеціальності 7.092104 “Технологія будівельних конструкцій, виробів і
матеріалів”.

Загальні вказівки

Мета роботи – навчитися використовувати теоретичний матеріал лекцій з курсу для вирішення практичних розрахункових завдань.

Основні завдання роботи:

1. Виконати розрахунково – графічну частину методичних вказівок за варіантами завдань.
2. Побудувати $H-d$ діаграму за варіантами завдань.
3. Визначити питомі витрати теплоти при сушці в теоретичної сушарці за умов вправи №3.

При виконанні індивідуальних завдань студент має можливість закріпити теоретичні знання щодо закономірностей взаємного перетворення теплоти і роботи, способів отримання, передачі та використання теплоти, а також конструктивні особливості і методи розрахунку теплових установок та їх елементів.

При вивченні курсу студенти керуючись програмою курсу самостійно працюють над підручниками і навчальними посібниками, виконують розрахунково-графічні роботи.

Звітом про виконання індивідуальних завдань є зошит з рішенням вправ з необхідними графіками та поясненнями.

Завдання на розрахунково-графічні роботи

Вправа № 1. Властивості і процеси ідеального газу. Маса газу m , кг із початковим тиском $p_{1\text{абс.}} = 0,1$ МПа і початковою температурою t , °C стискається і зменшується в об'ємі в ε разів. Стиснення здійснюється по ізотермі, адіабаті, політропі з показником політропи n .

Визначити для кожного процесу:

- початковий і кінцевий об'єми газу;
- тиск і температуру газу наприкінці стиснення;
- зміну внутрішньої енергії, ентальпії і ентропії газу;
- роботу стиснення;
- кількість відведеної або підведеної теплоти в процесі.

Вказати, який процес стиснення є найбільш вигідним (по роботі, що витрачається).

Зобразити відносне розташування цих процесів в $p-v$ і Ts -діаграмах. На графіках процесів вказати числові значення отриманих параметрів.

Рід газу, ступінь стиснення ϵ і початкову температуру вибрати за останньою цифрою шифру залік. кн. з табл. 1.1. Масу газу m і показник політропи n вибрати за передостанньою цифрою шифру. залік. кн.

Результати розрахунків звести в табл.1.2.

Таблиця 1.1

Величина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Газ	Повітря	SO ₂	N ₂	He	Ne	CO	Ar	H ₂	O ₂	CH ₄
ε	17	6	9	11	8	15	14	4	7	13
$t, ^\circ\text{C}$	57	47	17	67	37	27	77	87	37	7
$m, \text{кг}$	6	5	7	9	5	11	20	13	15	14
n	1,55	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,45	1,5	1,6	1,1

Таблиця 1.2

Процес	Розрахункові величини								
	$v_1, \text{м}^3/\text{кг}$	$v_2, \text{м}^3/\text{кг}$	$p_2, \text{МПа}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$L, \text{кДж}$	$Q, \text{кДж}$	$\Delta U, \text{кДж}$	$\Delta H, \text{кДж}$	$\Delta S, \text{кДж/К}$
Ізотермічний									
Адіабатний									
Політропний									

Приклад вибору завдання по останнім двом числам залікової книжки (шифру) для варіанту 75 для **всіх завдань** позначено жирним шрифтом.

Вправа № 2. Газова суміш задана в об'ємних долях, знаходиться в балоні ємністю $v, \text{м}^3$ при тиску p_1 і температурі 27°C . Внаслідок випускання газу в атмосферу тиск в балоні падає до p_2 , а температура до 10°C .

Визначити середню молекулярну масу суміші, газову постійну суміші, масу газу, випущену з балона в атмосферу, об'ємну теплоємність суміші (при $V=\text{const}$). Атмосферний тиск прийняти рівним 760 мм.рт.ст.

Необхідні дані взяти з табл. 2. Склад газової суміші в об'ємних долях взяти за останньою цифрою шифру, а v, p_1, p_2 - за передостанньою.

Таблиця 2

Величина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	3	8	9	0
$r_{\text{CO}_2}, \%$	12.0	10.1	10.2	6.3	-	47.5	6.6	-	13.8	4.9
$r_{\text{O}_2}, \%$	3.3	12.2	17.5	11.9	10.4	13.4	4.0	18.1	4.6	6.3
$r_{\text{N}_2}, \%$	80.7	72.7	70.3	75.8	81.2	-	86.4	76.2	-	-
$r_{\text{H}_2\text{O}}, \%$	4.0	-	-	6.0	2.2	25.0	3.0	-	40.0	60.0
$r_{\text{H}_2\text{O}}, \%$	-	5.0	2.0	-	6.2	14.1	-	5.7	41.6	28.8
$v, \text{м}^3$	4,0	5,1	16,2	8,3	25,4	12,4	3,6	9,3	14,8	27,9
$p_1, \text{МПа}$	4,0	2,5	2,0	1,6	1,2	1,0	0,8	0,3	0,6	0,4
$p_2, \text{МПа}$	1,0	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,08	0,06	0,02

Вправа № 3. Визначити питомі витрати теплоти (кількість теплоти, витрачену на m кг води) при сушці в теоретичній сушарці при таких умовах:

- а) температура зовнішнього повітря t_a , відносна вологість φ_a ;
- б) температура повітря після калорифера t_b ;
- в) в процесі сушки (адіабатного насичення повітря водяною парою при $h = \text{Const}$) температура вологого повітря зменшується на $\Delta t = 10^\circ\text{C}$;

Параметри повітря t_a і φ_a вибрати за останньою цифрою шифру, а t_b , m – за передостанньою.

Таблиця 3

Величина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	3	8	9	0
$t_a, ^\circ\text{C}$	25	20	15	30	25	10	35	20	15	10
$\varphi_a, \%$	15	10	25	20	35	15	10	25	20	35
$t_b, ^\circ\text{C}$	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
$m, \text{кг}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Методика виконання розрахунково-графічних робіт

Вправа 1. Ізотермічний процес ($T = \text{const}$).

1. З рівняння Клапейрона-Менделєєва: $p_1 V_1 = RT_1$; визначаємо V_1 :

$$V_1 = \frac{RT}{p_1}, \quad \text{м}^3/\text{кг},$$

де R – питома газова стала, $R = \frac{R_\mu}{\mu} = \frac{8314}{\mu}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$

2. Визначаємо питомий об'єм v_2 :

$$v_2 = \frac{V_1}{\varepsilon}, \quad \text{м}^3/\text{кг}.$$

3. З рівняння процесу: $p_1 V_1 = p_2 V_2$, визначаємо p_2 :

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}, \quad \text{Па}.$$

4. Визначаємо калоричні параметри процесу ΔU , ΔH :

$$\Delta U = c_v \Delta T = 0;$$

$$\Delta H = c_p \Delta T = 0.$$

5. Визначаємо питому роботу процесу:

$$l = \int_{v_2}^{v_1} p dv = RT \ln \frac{v_2}{v_1}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

6. Визначаємо питому кількість теплоти, необхідну для здійснення процесу:

$$q = \Delta U + l,$$

де $\Delta U = 0$, тоді $q = l, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$

7. Визначаємо зміну питомої ентропії в процесі:

$$ds = \int \frac{dq}{T} = \frac{1}{T} \int dq = \frac{q}{T}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}};$$

8. Визначаємо повні величини $L, Q, \Delta S$, помноживши питомі величини l, q, ds на масу m .

9. Графіки ізотермічного процесу схематично зображуємо в p, v, T, s -координатах

Адіабатний процес ($s = \text{const}; q = 0$)

1. Аналогічно ізотермічному процесу з рівняння: $p_1 v_1 = RT_1$; визначаємо v_1 .

2. Аналогічно ізотермічному процесу визначаємо v_2 .

3. З рівняння стану процесу $p_1 v_1^k = p_2 v_2^k$; визначаємо p_2 :

$$p_2 = p_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k, \quad \text{Па};$$

$$T_2 = \frac{p_2 v_2}{R}, \quad \text{K}.$$

де k – показник адіабати (коефіцієнт Пуассона), який має такі приблизні величини: для одноатомних газів-1,67; для двоатомних-1,4; для триатомних-1,29.

$k =$

4. Визначаємо питомі калоричні параметри процесу $\Delta h, \Delta u$:

$$\Delta h = c_p \Delta T, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}},$$

де c_p - масова ізобарна теплоємність газу, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, визначаємо з додатку 3 за середньою температурою;

$$\Delta u = c_v \Delta T, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}},$$

де c_v - масова ізохорна теплоємність газу, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, ;

5. Визначаємо питому роботу процесу:

$$l = \frac{R(T_2 - T_1)}{k - 1}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

6. Питома кількість теплоти в адіабатному процесі: $q=0$.

7. Зміна питомої ентропії в процесі: $ds = 0$.

8. Визначаємо повні величини L , ΔU , ΔH аналогічно ізотермічному процесу.

9. Графіки адіабатного процесу схематично зображуємо в pV , Ts -координатах;

Політропний процес ($C_n = \text{const}$)

1. Аналогічно ізотермічному процесу з рівняння: $p_1 V_1 = RT_1$; визначаємо V_1 .

2. Аналогічно ізотермічному процесу визначаємо V_2 .

3. З рівняння стану процесу $p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$; визначаємо p_2 :

$$p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^n, \quad \text{Па};$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{R}, \quad \text{К}.$$

5. Визначаємо питомі калоричні параметри процесу Δh , Δu аналогічно адіабатному процесу.

6. Визначаємо питому роботу процесу:

$$l = \frac{R(T_2 - T_1)}{n - 1}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

7. Питома кількість теплоти в адіабатному процесі:

$$q = c_n \Delta T, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}},$$

де c_n – теплоємність в політропному процесі, визначаємо за залежністю:

$$c_n = \frac{c_v (n - k)}{n - 1}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

8. Зміна питомої ентропії в процесі визначаємо за залежністю:

$$\Delta S = c_n \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

8. Визначаємо повні величини L , ΔU , ΔH , ΔS аналогічно ізотермічному процесу.

9. Графіки політропного процесу схематично зображуємо в pV , Ts -координатах. Зображення політропного процесу залежить від показника політропи n [1].

Розрахункові величини по всіх процесах зводимо в таблицю 1.2. Робимо висновок який процес стиснення є найбільш вигідним (по роботі, що витрачається).

Вправа 2.

1. Визначаємо середню молекулярну масу суміші $\mu_{\text{сум}}$ (за залежностями, наведеними в додатку 1.)

2. Визначаємо газову сталу суміші $R_{\text{сум}} = \frac{R_{\mu}}{\mu_{\text{сум}}}$,

де R_{μ} - універсальна газова стала, $R_{\mu} = 8314 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$.

3. Визначаємо об'ємну теплоємність суміші $C'_{\text{сум}}$, $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$ (за залежностями, наведеними в додатку 1. Об'ємні теплоємності окремих газів визначаємо за додатком 4.

4. Визначаємо масу газу, випущену з балона в атмосферу.

Газова суміш міститься в балоні при $V = \text{const}$. Для різних станів суміші рівняння Клапейрона – Менделєєва має вигляд:

$$P_1 \cdot V = m_1 R_{\text{сум}} \cdot T_1;$$

$$P_2 \cdot V = m_2 R_{\text{сум}} \cdot T_2,$$

де T - абсолютна температура. $T [^{\circ}\text{K}] = t [^{\circ}\text{C}] + 273.15$.

Розв'язавши обидва рівняння відносно мас, знаходимо величину:

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{V}{R_{\text{сум}}} \cdot \left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2} \right), \quad \text{кг}.$$

Вправа 3.

При розрахунках сушарки спочатку виконують побудову процесів (**a-b** – нагрівання і **b-c** – сушки), що відбуваються у вологому повітрі на **hd** – діаграмі (додаток 2). За допомогою діаграми знаходять значення вологовмісту **d** і ентальпії **h** вологого повітря в характерних точках **a**, **b** і **c**, враховуючи, що **d_a=d_b**, а **h_b = h_c**. Знаходимо зростання вологовмісту повітря:

$$\Delta d = d_c - d_a, \quad \text{г / кг сухого повітря}.$$

Вологовміст повітря збільшується за рахунок видаленої з матеріалу води, причому, цю кількість води відбирає 1 кг повітря. Це дає можливість знайти масу повітря, необхідну для видалення **1 кг** води з матеріалу:

$$M = \frac{1000}{\Delta d}, \quad \text{кг повітря}.$$

Кількість теплоти, витрачена на нагрівання 1 кг повітря:

$$\Delta h = h_b - h_a, \text{ кДж /кг сухого повітря.}$$

Загальна кількість теплоти, витрачена на нагрівання M кг повітря:

$$Q = M \cdot \Delta h, \text{ кДж.}$$

Вправа 4

Визначити опір газового тракту, виходячи з таких даних:

Номер варіанту	Довжина, м	Темпера- тура газів, °C	Темпера- тура повітря, °C	Висота каналу, м	Швид- кість газів, ω, м/с	Попе- речний переріз, мм (а х в)	Місце- вий опір (кільк прямих кутів)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	20	200	-20	10	2,0	200x300	5
2	40	250	-15	15	2,5	200x400	6
3	60	300	-10	20	3,0	300x400	7
4	80	350	-5	25	3,5	300x500	8
5	100	400	0	30	4,0	400x400	9
6	110	450	+5	35	4,5	400x500	10
7	120	500	+10	40	5,0	400x600	11
8	130	550	+15	45	5,5	500x500	12
9	140	600	+20	50	6,0	500x600	13
10	150	650	+25	55	6,5	500x700	14

Розв'язання вправи передбачає визначення повного аеродинамічного опору теплової установки або її вентиляційних систем.

Склад роботи і послідовність виконання.

- 1.Складання схеми повітропроводів і вентиляційних каналів.
2. Визначення опору ходу повітря і газів.

Для виконання роботи викреслюється схема газоходів і повітропроводів із зазначенням довжин і розмірів ділянок.

Опір руху повітря і газів складається із витрат на тертя і місцевого опору.

Витрати на тертя в прямих каналах $P_{\text{тер}}$ залежать від їх довжин і поперечного перерізу, динамічного тиску і дослідного коефіцієнту тертя, який залежить від жорсткості каналу й числа Рейнольдса, Н/м^2 :

$$0,573 \quad (1)$$

За відсутності теплового обміну на відрізку останній множник опускається.

При русі у каналі не круглого перерізу замість діаметру ставиться еквівалентний діаметр:

$$d_e = 4f/P, \quad (2)$$

де f – площа перерізу, m^2 ; P – периметр каналу, м.

Для каналів прямокутного перерізу $d_e = 2ab/(a+b)$, число Рейнольдса

$Re = \frac{\omega l}{\nu}$, де ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості газів, m^2/s , який залежить від температури.

Втрати місцевих опорів, H/m^2 :

$$P_m = \xi \cdot \rho_0 \cdot \omega^2 / 2 \cdot (1 + t/273) \quad (3)$$

Таблиця місцевих опорів ξ наведена в [1, с.54, рис.9].

Самотяга являє собою геометричний тиск вертикального або похилого відрізків газоходу. Її розраховують за формулою, H/m^2 :

$$(4)$$

Де H – висота каналу, м; ρ – густина повітря, kg/m^3 , t_1 – температура повітря, t_2 – температура газу, $^{\circ}C$.

Самотяга допомагає руху газів і перешкоджає йому, якщо газ проходить вниз вертикальною ділянкою.

Загальний опір руху газів теплової установки визначають як суму затрат місцевих і на тертя:

$$P_z = \Sigma P_{тер} + \Sigma P_m + \Sigma P_c \quad (5)$$

Приклад роз'язання вправи №4

Визначити опір прямокутного каналу $l = 40$ м перерізом 500х300 мм, якщо наведена швидкість руху газів $\omega = 2$ м/с при $t = 300$ °С, кількість прямих кутів – 5.

Вертикальний канал висотою 50 м, температура повітря +20 °С. Густина повітря і газів відповідно $= 1,2$ кг/м³, $= 1,3$ кг/м³

За умовами прикладу $P_{сад} = 0$. Затрати на тертя за довжиною газоходу визначають за формулою (1).

Для цегляних каналів $\beta = 0,05$.

Для металевих повітряпроводів $\beta = 0,045$.

Еквівалентний діаметр

$$d_e = 2ab/(a+b) = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,3 / (0,5 + 0,3) = 0,376$$

Густина повітря $\rho = 1,2$ кг/м³

$$P_{тер} = 0,05 \cdot 40 / 0,376 \cdot 4,2 \cdot 1,2 (1 + 300/273) = 26 \text{ Н/м}^2$$

Місцеві опори, Н/м²:

$$P_M = \sum \xi \cdot \omega^2 / 2 \cdot \rho (1 + t_2/273) = 1,2 \cdot 5 \cdot 4 / 2 (1 + 300/273) = 30,4 \text{ Н/м}^2$$

$$P_c = 509,8 [1,2 / (1 + 20/273) - 1,3 / (1 + 500/273)] = 364 \text{ Н/м}^2$$

Загальний опір

$$P_z = P_{тер} + P_M + P_c = 26,0 + 30,4 + 364 = 42,04 \text{ Н/м}^2$$

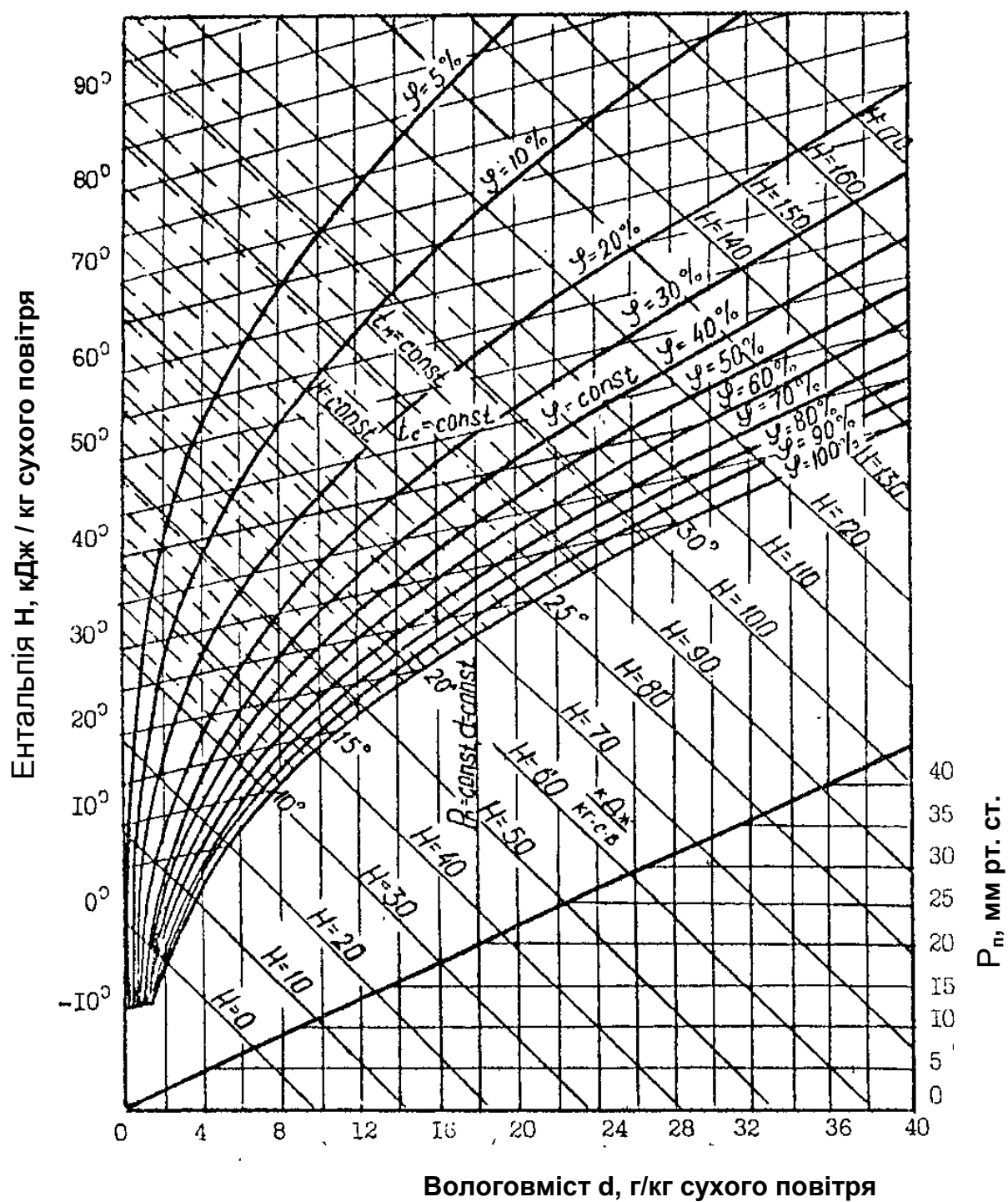
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алабовский А.Н., Недужий И.А. Техническая термодинамика и теплопередача. – К: Вища К., 1990. – 255 с.
2. Нащекин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш. шк., 1980. – 470 с.
3. Рабинович О.И. Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Машиностроение, 1969. – 305 с.

4. Кокшарьов В.М., Кучеренко О.О. Теплові установки: Підручник. –К.:Вища шк., 1990.-335 с.
5. Кучеренко О.О. Теплові установки заводів збірного залізобетону.–К.:Вища шк., 1977.-280 с.

Розрахункові залежності для газових сумішей

Заданий склад суміші	Визначуваний склад суміші	Середня молярна маса суміші, μ_c , кг/кмоль	Питома газова стала суміші, R_c , Дж/(кг·К)
Масовий g_i	$r_i = \frac{\frac{g_i}{\mu_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{\mu_i}}$	$\frac{8314}{R_c} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{\mu_i}}$	$\frac{8314}{\mu_c} \cdot \sum_{i=1}^n g_i R_i$
Об'ємний r_i	Масовий $g_i = \frac{r_i \mu_i}{\sum_{i=1}^n r_i \mu_i}$	$\frac{8314}{R_c} \cdot \sum_{i=1}^n r_i \mu_i$	$\frac{8314}{\mu_c} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{r_i}{R_i}}$



Nd – діаграма вологого повітря

Додаток 3

Середня масова теплоємність газів при сталому тиску

 $c_p, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	H ₂	SO ₂	Повітря
0	0,9148	1,0304	1,0396	0,8148	1,8594	14,195	0,607	1,0036
100	0,9232	1,0316	1,0417	0,8658	1,8728	14,353	0,636	1,0061
200	0,9353	1,0346	1,0463	0,9102	1,8937	14,421	0,662	1,0115
300	0,9500	1,0400	1,0538	0,9487	1,9192	14,446	0,687	1,0191
400	0,9651	1,0475	1,0634	0,9826	1,9477	14,477	0,708	1,0283
500	0,9793	1,0567	1,0748	1,0128	1,9778	14,509	0,724	1,0387
600	0,9927	1,0668	1,0861	1,0396	2,0092	14,542	0,737	1,0496
700	1,0048	1,0777	1,0978	1,0639	2,0419	14,587	0,754	1,0605
800	1,0157	1,0881	1,1091	1,0852	2,0754	14,641	0,762	1,0710
900	1,0258	1,0982	1,1200	1,1045	2,1097	14,706	0,775	1,0815
1000	1,0350	1,1078	1,1304	1,1225	2,1430	14,776	0,783	1,0907

Додаток 4

Середня об'ємна теплоємність газів при сталому об'ємі

 $c'_v, \text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	H ₂	SO ₂	Повітря
0	0,9349	0,9236	0,9282	1,2288	1,1237	0,9056	1,361	0,9261
100	0,9466	0,9249	0,9307	1,3293	1,1342	0,9198	1,440	0,9295
200	0,9642	0,9286	0,9362	1,4164	1,1514	0,9261	1,516	0,9362
300	0,9852	0,9357	0,9458	1,4918	1,1715	0,9282	1,587	0,9462
400	1,0065	0,9454	0,9579	1,5587	1,1945	0,9311	1,645	0,9579
500	1,0270	0,9567	0,9718	1,6178	1,2188	0,9341	1,700	0,9718
600	1,0459	0,9692	0,9864	1,6701	1,2439	0,9370	1,742	0,9856
700	1,0634	0,9826	1,0011	1,7174	1,2703	0,9412	1,779	0,9998
800	1,0789	0,9960	1,0153	1,7601	1,2971	0,9458	1,813	1,0132
900	1,0936	1,0086	1,0287	1,7982	1,3247	0,9516	1,842	1,0262
1000	1,1056	1,0207	1,0417	1,8326	1,3519	0,9579	1,867	1,0387

Додаток 5

Молекулярні маси газів, μ , кг/моль

O ₂ -32,00	N ₂ -28,026	CO-28,01	He-4,003	Ne-20,17
H ₂ -2,016	SO ₂ -64,06	CH ₄ -16,032	Ar-39,994	Повітря-28,96
H ₂ O-18,016	CO ₂ -44,01	NH ₃ -17,032		

Навчально-методичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ ПО КУРСУ
“ТЕПЛОТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ
ІНДУСТРІЇ”

для студентів спеціальності 7.092104
“Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів”

Укладачі: Кокшарьов В.М.
Азутов В.П.