

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**Нетрадиційні та відновлювальні  
джерела енергії**

Методичні вказівки  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
для студентів спеціальностей 144 «Теплоенергетика»,  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Київ 2023

УДК 621.18

Н57

Укладачі: М. А. Кириченко, канд. техн. наук, доцент;

Н. В. Чепурна, канд. техн. наук, доцент;

С. В. Барановська, канд. техн. наук, доцент

Рецензент К. О. Габа, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О. В. Приймак, д-р техн. наук,  
професор, завідувач кафедри

*Затверджено на засіданні кафедри теплотехніки, протокол №3  
від 12 жовтня 2022 року.*

В авторській редакції.

**Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії**: методичні  
Н57 вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи. / уклад.:  
М. А. Кириченко, Н. В. Чепурна, С. В. Барановська. – Київ.: КНУБА,  
2022. – 24 с.

Містять завдання і рекомендації до виконання розрахунково-  
графічної роботи та приклади її розрахунку.

Призначені для студентів спеціальностей 144 «Теплоенергетика»,  
192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм  
навчання.

© КНУБА, 2023

## Зміст

Умовні позначення.....	4
Загальні положення.....	5
Формулювання завдання.....	6
Методичні вказівки до виконання завдання.....	7
Вихідні дані.....	11
Зразок оформлення .....	13
Список літератури.....	20

## Умовні позначення

$A^p$  – зольність робочого палива, %.

$S^p$  – вміст сірки у робочому паливі, %.

$C^p$  – вміст вуглецю у робочому паливі, %.

$H^p$  – вміст водню у робочому паливі, %.

$N^p$  – вміст азоту у робочому паливі, %.

$O^p$  – вміст кисню у робочому паливі, %.

$W^p$  – вологовміст робочого палива, %.

$Q_n^p$  – нижча теплота згорання робочого палива, ккал/кг(кДж/кг).

$V_n^o$  – теоретична кількість повітря, м<sup>3</sup>/кг.

$V_{N_2}^o$  – теоретичний об'єм азоту, м<sup>3</sup>/кг.

$V_{RO_2}^o$  – теоретичний об'єм трьохатомних газів, м<sup>3</sup>/кг.

$V_{H_2O}^o$  – теоретичний об'єм водяних парів, м<sup>3</sup>/кг.

$r_{RO_2}$  – об'ємна доля трьохатомних газів, %.

$r_{H_2O}$  – об'ємна доля водяних парів, %.

$G_2$  – маса димових газів, кг/м<sup>3</sup>.

$\mu_{зи}$  – концентрація золи в димових газах, кг/кг.

$I_2^o$  – ентальпія газів при надлишку повітря  $\alpha=1$  і температурі газів 0°C, кДж/кг (кДж/м<sup>3</sup>).

$I_n^o$  – ентальпія теоретично необхідної кількості повітря при нормальних умовах, кДж/кг (кДж/м<sup>3</sup>).

$I_2$  – ентальпія димових газів, кДж/кг (кДж/м<sup>3</sup>).

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії котла, %.

$\rho$  – густина середовища, кг/м<sup>3</sup>.

$\nu$  – питомий об'єм, м<sup>3</sup>/кг.

## Загальні положення

Мета роботи – опанування студентами методів розрахункового аналізу впливу складу твердого палива на ефективність генерування теплоти в котлі.

В ході виконання роботи студенти повинні навчитися користуватись науковою літературою і нормативними документами, поглибити знання наступних розділів програми навчальної дисципліни «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»: методи завдання складу палива та характеристики біопалива.

Робота складається з інженерних задач, пов'язаних між собою в певній послідовності. Кожне завдання завершується побудовою графіків, що характеризують окремі процеси, які відбуваються в котлі. Крім цього, необхідно провести порівняльний аналіз різних видів палива (солома, деревина, торф тощо), яке спалюється в топці котлоагрегату.

Різні палива мають різний хімічний склад, але в теплотехніці не прийнято вдаватися до конкретних формул хімічного складу палив. Натомість задається так званий елементарний склад палива, що виділяє головні речовини: горючі  $C$ ,  $H$ ,  $S$  та негорючі  $O$ ,  $N$ ,  $W$ ,  $A$  тощо. Паливо яке використовується для спалювання, називається робочим, і перераховані елементи позначаються з індексом « $P$ », тобто на робочу масу палива. Розрахунки проводять на 1 кг палива.

Використання різних видів палива для генерування теплоти потребує котлів різної конструкції. Крім того, для отримання одної кількості теплоти необхідно спалювати різну кількість різного палива через різну теплоту згорання.

Питома витрата палива на генерування одиниці теплоти визначається тепловим балансом котлоагрегату, що серед інших чинників залежить від складу палива.

Результати розрахунків, оформлені комплексним чином у вигляді таблиць, графіків та пояснювальної записки, брошуруються і здаються на перевірку викладачу. Після перевірки роботи захищаються в ході обговорення роботи з викладачем.

## Формулювання завдання

### Тема: «РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМІВ І ЕНТАЛЬПІЙ ПРОДУКТІВ ЗГОРАННЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ БІОПАЛИВА»

1.1. Визначити нижчу теплоту згорання робочої маси палива  $Q_H^p$  залежно від робочого складу палива.

1.2. Визначити дійсний склад і нижчу теплоту згорання робочої маси палива за різної вологості відповідно до табл. 5. Побудувати графік залежності нижчої теплоти згорання палива  $Q_H^p$  від робочої вологості  $W^p$ .

1.3. Розрахувати теоретично необхідну кількість повітря для спалювання палива  $V_B^o$  і теоретичну кількість продуктів згорання (якщо  $\alpha = 1$ ) для різного складу робочої маси палива.

1.4. Для варіанта (для одного із значень  $W_i$ ), що задається викладачем, розрахувати об'єм димових газів, об'ємні частки трьохатомних газів і концентрацію золи в димових газах при значеннях коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha > 1$  відповідно до табл. 6.

1.5. Обчислити значення ентальпії димових газів при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha = 1$  (для складу палива заданого варіанту) для температурного інтервалу від 100 °С до 1500 °С через кожні 100 °С.

1.6. Розрахувати значення ентальпії димових газів при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha > 1$  (табл. 6) і температурах, які наведені в табл. 7. Побудувати графік  $I = f(t)$ .

## Методичні вказівки до виконання завдання

Паливо, для якого мають бути проведені всі зазначені в завданні розрахунки, вибирається для кожного студента з табл. 5.

З цієї таблиці виписуються всі характеристики палива (його елементарний склад), що є вихідними даними для проведення розрахунків.

Визначається нижчої теплоти згоряння палива  $Q_H^p$  за елементарним складом палива, за формулою :

$$Q_H^p = f(C^p, H^p, O^p, S^p, W^p), \text{ ккал/кг (кДж/кг)}$$

Перерахування елементарного складу палива здійснюється за вказівками п.2-05 (стор. 8) [1], шляхом визначення коефіцієнта перерахунку і множення усіх величин елементарного складу палива на цей коефіцієнт (сума величин елементарного складу повинна складати 100%). Після перерахунку треба шляхом підсумовування переконатися в правильності розрахунків.

У разі потреби виправлення вноситься в значення найбільшої складової (найчастіше в складову вуглецю).

Результати розрахунків оформляються у вигляді табл. 1.

Таблиця 1

**Таблиця розрахованого складу палива**

№	$W_i, \%$	$C^p_i, \%$	$H^p_i, \%$	$N^p_i, \%$	$O^p_i, \%$	$S^p_i, \%$	$A^p_i, \%$	$(100 - W^p_i)/$ $(100 - W^p)$	$Q_{H_i}^p, \text{ ккал/кг}$ $(\text{кДж/кг})$
1									
2									
3									
4									
5									

Теплота згоряння палива при зміні вологості визначається за вказівками п. 2-07 (стор.8) [1], формула (2-08).

Крім того необхідно побудувати графік залежності нижчої теплоти згоряння палива  $Q_H^P$  від робочої вологості  $W^P$ , що визначається за формулою :

$$Q_H^P = f(W^P)$$

Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного згоряння одного кілограма палива  $V_n^o$  і теоретичні (мінімальні) об'єми продуктів згоряння за умови  $\alpha=1$ , визначаються відповідно до вказівок п.4-02 (стор.16) [1], формули (4-02)÷(4-06).

Вважати, що парове дуття в котельному агрегаті відсутнє. Результати розрахунків оформляються у вигляді табл. 2.

*Таблиця 2*

**Склад розрахованих об'ємів продуктів згоряння при  $\alpha=1$**

Найменування	При відповідному складі палива (табл. 1)				
	1	2	3	4	5
$V_{II}^o, \text{ м}^3/\text{кг}$					
$V_{N_2}^o, \text{ м}^3/\text{кг}$					
$V_{RO_2}^o, \text{ м}^3/\text{кг}$					
$V_{H_2O}^o, \text{ м}^3/\text{кг}$					

Об'єми димових газів при умовах, коли коефіцієнт надлишку повітря більше одиниці ( $\alpha > 1$ ) визначаються за формулами (4-07)÷(4-11), п. 4-02, (стор.16) [1].

При цьому величину частки золи, яка потрапляє у газоходи котельного агрегату необхідно визначати за таблицею XXI стор. 202 [1] залежно від приведеної зольності палива  $A^n$  (для камерних топків з твердим шлаковидаленням) за формулою:

$$A^n = 10^3 \cdot A^P / Q_H^P.$$

Результати розрахунків оформляються у вигляді табл. 3.

Таблиця.3

**Склад розрахованих об'ємів продуктів згорання при  $\alpha > 1$**

Найменування	При відповідному складі палива (табл. 1)				
	1	2	3	4	5
$\alpha_i$					
$V_{H_2O}, \text{ м}^3/\text{кг}$					
$V_r, \text{ м}^3/\text{кг}$					
$r_{RO_2}$					
$r_{H_2O}$					
$G_r, \text{ кг/кг}$					
$\mu_{зл}, \text{ кг/кг}$					

Значення ентальпії димових газів за умови  $\alpha=1$  визначаються відповідно до п. 4-06 і 4-07, стор.17 [1] формули (4-21)÷(4-24).

При обчисленні ентальпії золи звернути увагу на вказівку п.4-07, яка визначає, у якому випадку величиною ентальпії золи можна знехтувати.

Таблиця ентальпії продуктів згорання ( $I - t$  - таблиця) складається у відповідності до п. 4-09 стр., 17 [1].

При побудові загальної діаграми  $I = f(t)$  звернути увагу на те, що по осі абсцис у цій діаграмі варто відкладати температури газів  $t$ .

Масштаб температур вибирається довільно, однак так, щоб з діаграмою було зручно працювати (бажано на аркуші формату А3).

Всі подальші обчислення буде необхідно виконувати по таблиці ентальпії (а не по діаграмі) із застосуванням інтерполяцій для визначення значень, що забезпечує виконання розрахунків з більшою точністю.

При складанні таблиці обсягів (див. табл.4-1 [1]) усі розрахункові величини необхідно округлити до другого знаку після коми (крім величини  $\mu_{зл}$ , яку округлити до четвертого знаку).

В  $I - t$  - таблиці усі величини ентальпії і їхньої різниці округляти до цілих чисел.

Результати розрахунків оформляються у вигляді табл. 4.

Таблиця 4

**Ентальпія продуктів згорання**

$T, ^\circ\text{C}$	$I_g^o, \text{ккал/кг}$	$I_n^o, \text{ккал/кг}$	$I_g, \text{ккал/кг}$	$\alpha$
1	2	3	4	5
100				$\alpha_5$
200				
300				
400				
400				$\alpha_4$
500				
600				
700				
700				$\alpha_3$
800				
900				
700				$\alpha_2$
800				
900				
1000				
900				$\alpha_1$
1000				
1100				
1200				
1300				
1400				
1500				

## ВИХІДНІ ДАНІ

В котельню, що працює на паливі (солома, деревина, тощо), завезли паливо (номер палива беремо з табл. 5 за **передостанньою цифрою номера залікової книжки**).

Таблиця 5

№	Паливо	Елементарний склад (робочий), %							Нижча теплота згорання, ккал/кг (кДж/кг)
		$C^p$	$H^p$	$S^p$	$O^p$	$N^p$	$A^p$	$W^p$	$Q_n^p$
0	Торф кусковий	24,7	2,6	0,1	15,2	1,1	6,3	50	розрахувати
1	Тирса	39,2	4,8	0,7	30,3	0,5	1,5	23	розрахувати
2	Верба	37,091	5,372	0	32,925	2,468	2,144	20	розрахувати
3	Відходи деревини №1	32,8	3,96	0	27,2	0,39	0,65	35	розрахувати
4	Відходи деревини №2	25,2	3,1	0	20,9	0,3	0,5	50	розрахувати
5	Солома№1	42,7	5,3	0,1	36,9	0,5	4,5	10	розрахувати
6	Дрова	30,3	3,6	-	25,1	0,4	0,6	40	розрахувати
7	Солома№2	37,7	5	0,16	37,3	0,35	4,5	15	розрахувати
8	Шрот ріпаку	42	6,63	0,85	35,65	0,57	4,3	10	розрахувати
9	Лушпиння соняшнику	42,5	4,9	0,2	34,6	0,4	2,4	15	розрахувати

У процесі зберігання на складі, що не обігривається, вологість палива збільшилася на величину, що вказана в табл. 6 (**береться за останньою цифрою номера залікової книжки**).

Таблиця 6

## Збільшення вологості палива

№	$\Delta W_1, \%$	$\Delta W_2, \%$	$\Delta W_3, \%$	$\Delta W_4, \%$	$\Delta W_5, \%$
0	3	5	7	9	12
1	4	6	8	10	13
2	15	11	8	7	4
3	14	10	7	5	3
4	5	7	9	11	14
5	2	4	6	8	12
6	6	8	10	12	14
7	7	9	11	13	15
8	8	10	12	14	16
9	9	11	13	15	17

При спалюванні твердого палива надлишок повітря приймається у відповідності до табл. 7 (береться за останньою цифрою номера залікової книжки).

Таблиця 7

## Надлишки повітря

№ вар.	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
0\5	1,20	1,25	1,30	1,35	1,4
1\6	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45
2\7	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35
3\8	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
4\9	1,20	1,25	1,35	1,40	1,50

Ентальпія продуктів спалювання  $I_2$  визначається за відповідними температурними інтервалами та відповідними коефіцієнтами надлишку повітря, що беруть згідно з табл. 8.

## Розрахункові надлишки повітря в температурних інтервалах

$\alpha$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
t, °C	900-1500	700-1000	700-900	400-700	100-400

Розраховуючи температуру дугтьового повітря, брати такою, що дорівнює 30 °C.

## ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ

Вихідні дані:

Паливо №....;

Робоча маса палива:

$W^p = \dots \%$ ;

$A^p = \dots \%$ ;

$S^p = \dots \%$ ;

$C^p = \dots \%$ ;

$H^p = \dots \%$

$N^p = \dots \%$ ;

$O^p = \dots \%$ .

Розрахунки:

1. Визначення нижчої теплоти згорання палива за вихідним елементарним складом:

$$Q_H^p = 340,13 C^p + 1256 H^p - 109(O^p - S^p) - 25 W^p, \text{ кДж/кг (ккал/кг)}.$$

2. Визначення дійсного складу і нижчої теплоти згорання палива.

2.1. У процесі зберігання вологість палива зростає на  $\Delta W_i$ , %, отримані значення заносимо до табл. 9.

Таблиця 9

**Нова вологість палива**

Найменування	1	2	3	4	5
$W_i^p$ , %	...	....	....	....	...

2.2. Перерахунок складу палива при новій вологості:

$$C_i^p + H_i^p + N_i^p + \dots + O_i^p + S_i^p + A_i^p + W_i^p = 100 \%.$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 10.

2.3. Перерахунок теплоти згорання палива у разі нової вологості:

$$Q_{hi}^p = (Q_{hi}^p + 6 \cdot W^p) \times \frac{100 - W_i^p - A_i^p}{100 - W^p - A^p} - 6 \cdot W_i^p = \dots$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 10.

Таблиця 10

**Розрахований склад палива при новій вологості**

№ п/п	$W_i^p$	$C_i^p$	$H_i^p$	$N_i^p$	$O_i^p$	$S_i^p$	$A_i^p$	$(100 - W_i^p)/(100 - W^p)$	$Q_{hi}^p$ , ккал/кг
0/9		....	....	....	....	....	....	....	....
1/8		....	....	....	....	....	....	....	....
2/7		....	....	....	....	....	....	....	....
3/6		....	....	....	....	....	....	....	....
4/5		....	....	....	....	....	....	....	....

2.4. Будуємо графік залежності нижчої теплоти згорання  $Q_{н}^p$  від вологості палива  $W^p_i$  (приклад побудови графіку наведено на рис. 1).

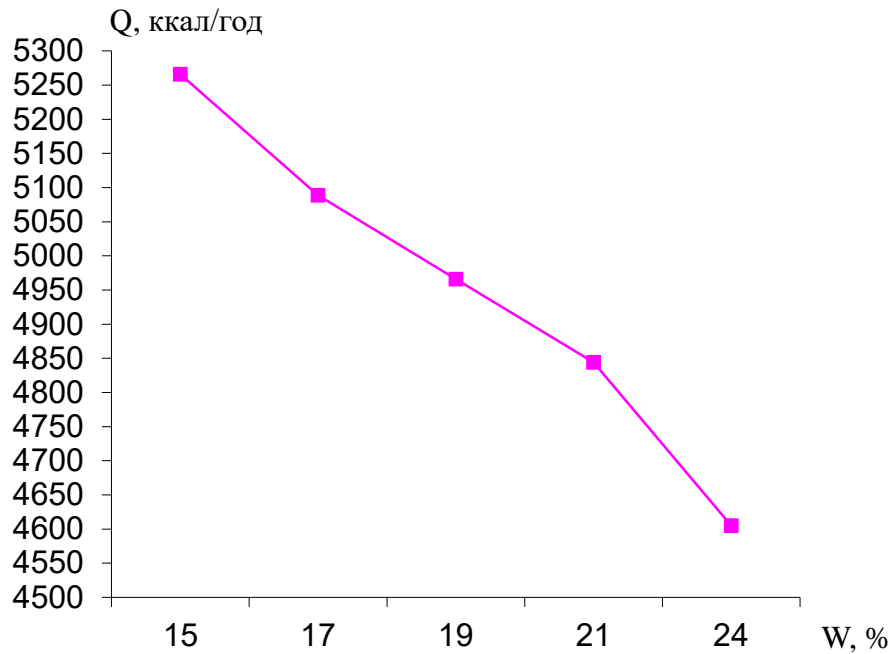


Рис. 1. Графік залежності нижчої теплоти згорання  $Q_{н}^p$  від вологості палива  $W^p_i$

3. Розрахунок теоретичної необхідної кількості повітря  $V_n^o$  для згорання палива і кількості продуктів згорання при  $\alpha=1$  для нового робочого складу палива (**береться за останньою цифрою номера залікової книжки з табл. 10**).

$$V_n^o = 0,0889 \cdot (C^p + 0,37 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p = \dots$$

Теоретично мінімальний об'єм продуктів згорання:

- теоретичний об'єм азоту:

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V_n^o + \frac{0,8 \cdot N^p}{100} = \dots$$

- теоретичний об'єм трьохатомних газів:

$$V_{RO_2}^o = 1,866 \cdot \frac{(C^p + 0,375 \cdot S^p)}{100} = \dots$$

- об'єм водяної пари:

$$V_{H_2O}^o = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^o = \dots$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 11.

Таблиця 11

**Результати розрахованих об'ємів продуктів згорання  $\alpha=1$**

Найменування	Для відповідного складу палива <i>табл.10</i>				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
$V_{\Pi}^o, \text{м}^3/\text{кг}$	...	...	...	...	...
$V_{N_2}^o, \text{м}^3/\text{кг}$	...	...	...	...	...
$V_{RO_2}^o, \text{м}^3/\text{кг}$	...	...	...	...	...
$V_{H_2O}^o, \text{м}^3/\text{кг}$	...	...	...	...	...

4. Розрахунок об'ємів димових газів, об'ємні частки трьохатомних газів і концентрація золи у димових газах, якщо значення коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha > 1$ .

Об'єм димових газів:

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2}^o + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V_{\Pi}^o = \dots$$

Об'єм водяної пари визначаємо за формулою:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^o + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V_{\Pi}^o = \dots$$

Об'ємні частки трьохатомних газів:

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_{\Gamma}} = \dots$$

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_2} = \dots$$

Концентрація золи в димових газах:

$$\mu_{зи} = \frac{A^p \cdot \alpha_{yh}}{100 \cdot G_{\Gamma}} = \dots$$

де  $\alpha_{yh}$  – частка золи палива, що виноситься, взяти 0,6 за [1, стор. 200-201]

$$G_{\Gamma} = 1 - \frac{A^p}{100} + 1,306 \cdot \alpha \cdot V_{\Pi}^o = \dots$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 12.

*Таблиця 12*

**Результати розрахованих об'ємів димових газів та водяної пари  
для підгрупи, якщо  $\alpha > 1$**

Найменування	Для відповідного складу палива <i>табл. 10</i>				
	1	2	3	4	5
$\alpha_1$					
$V_{H_2O}, \text{ м}^3/\text{кг}$					
$V_{\Gamma}, \text{ м}^3/\text{кг}$					
$r_{RO_2}$					
$r_{H_2O}$					
$G_{\Gamma}, \text{ кг/кг}$					
$\mu_{зи}, \text{ кг/кг}$					

5. Визначення ентальпії димових газів, якщо  $\alpha = 1$  для заданого варіанту в температурних інтервалах.

$$I_2^o = V_{RO_2} \cdot (c\vartheta)_{CO_2} + V_{N_2}^o \cdot (c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^o \cdot (c\vartheta)_{H_2O} + I_{3л},$$

де  $c\vartheta$  - ентальпія 1 м<sup>3</sup> газів, береться за таблицею XIII [1], ккал/м<sup>3</sup>.

У разі приведеної величині уносу золи з топки значенням ентальпії золи  $I_{3л}$  можна знехтувати:

$$\frac{10^3 \cdot \alpha_{yH} \cdot A^p}{Q_H^p} \leq 6;$$

$$\frac{10^3 \cdot \alpha_{yH} \cdot A^p}{Q_H^p} = \dots$$

Ентальпія теоретично необхідної кількості повітря:

$$I_n^o = V^o \cdot (c\vartheta)_{\Pi} = \dots, \text{ ккал/кг.}$$

5. Розрахунок ентальпії димових газів при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha > 1$ .

$$I_2 = I_2^o + (\alpha - 1) \cdot I_n^o = \dots$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 13.

## Результати розрахунків ентальпії продуктів згорання

$T, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$I_2^{\circ}, \text{ ккал/кг}$	$I_n^{\circ}, \text{ ккал/кг}$	$I_2, \text{ ккал/кг}$	$\alpha_i$
100				
200				
300				
400				
500				
600				
700				
800				
900				
700				
800				
900				
1000				
900				
1000				
1100				
1200				
1300				
1400				
1500				

Приклад побудови графіку залежності ентальпії продуктів згорання від температури при різних  $\alpha$  представлено на рис. 2.

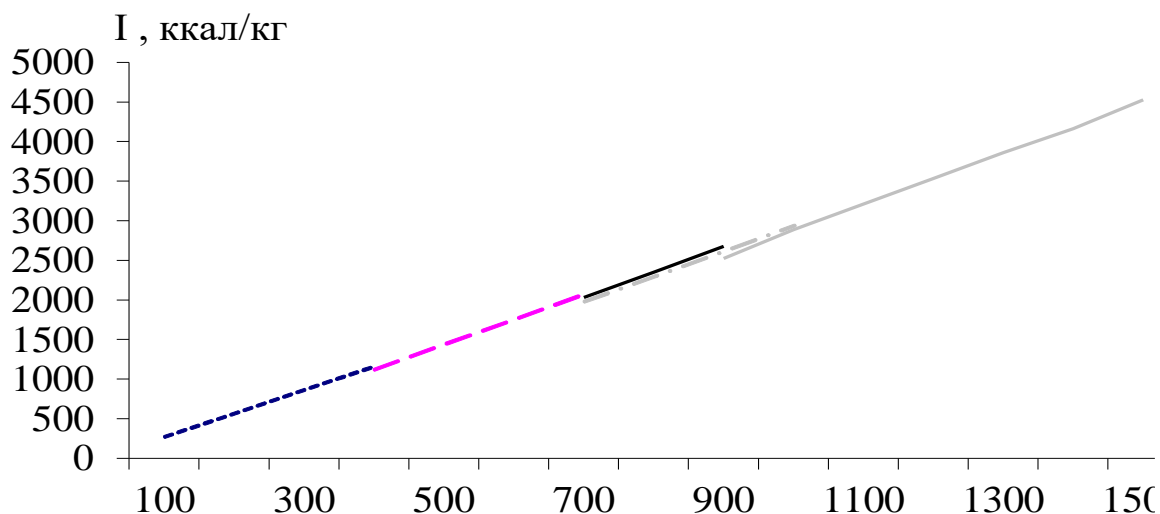


Рис. 2. Графік залежності ентальпії продуктів згорання від температури для різних  $\alpha$

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) /под ред. Н.В.Кузнецова и др. – М.; Энергия, 1973. – 295 с.
2. Гнатишин Я.М. Теплотехніка: навч. посіб. /Я.М. Гнатишин, В.І. Криштапович – К. : Знання, 2008. – 364 с.
3. Титко Ришард Відновлювальні джерела енергії (Досвід Польщі для України) : навч. посіб./ Р. Титко, В. Калініченко – Варшава : Вид-во OWG, , 2010. – 524 с.
4. «Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні» : практичний посібник / за ред. Г. Гелетука. – К.: «Поліграф плюс», 2015. –72 с.
5. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. – Київ : ІВЕ НАН України, 2020 – 163 с
6. Альтернативна енергетика : навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко та ін. – К : Аграр Медіа Груп, 2011. – 612 с
7. Курило В. Л. М. І. Енергетичні культури для виробництва біопалива : довідник / В. Л. Курило, М. І. Кулик. – Полтава: ПДАА, 2017. –7 4 с
8. Організація і економіка використання біоресурсів: підручник / Г. М.Калетнік, Д. М. Токарчук, О. П. Скорук. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Вінниця: ТОВ «Друк», 2020. – 372 с.

Навчально-методичне видання

## **Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії**

Методичні вказівки  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
для студентів спеціальностей 144 «Теплоенергетика»,  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Укладачі: **Кириченко** Михайло Анатолійович;  
**Чепурна** Наталія Володимирівна;  
**Барановська** Світлана Володимирівна

Комп'ютерне верстання *А.П. Селівестрової*

Підписано до друку 03.10. 2023. Формат 60 × 84<sub>1/16</sub>.

Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,25.

Електронний документ. Вид. № 135/III-23

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002

