

УДК 338.662. 6/8: 658.254

Г.О. КУЦ, канд. техн. наук (Інститут загальної енергетики НАН України, Київ),

Є.І. ГАЛИНОВСЬКИЙ, канд. екон. наук (Рада з вивчення продуктивних сил України НАН України, Київ),

В.І. МЕЛЬНИК, канд. екон. наук (Науково-дослідний економічний інститут, Київ)

## МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА ТА ПЕРЕРАХУНКУ ЕЛЕКТРО- І ТЕПЛОЕНЕРГІЇ З НАТУРАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ НА УМОВНЕ ПАЛИВО

Запропоновано методичні положення розрахунку теплоти згоряння палива та перерахунку електро- і теплоенергії з натуральних одиниць на умовне паливо.

Розробка й аналіз енергетичних балансів на всіх рівнях господарської діяльності, звітування за вітчизняними і міжнародними формами енергетичної статистики, проведення енерготехнологічних розрахунків тощо потребують приведення потоків різних видів палива й енергії, виражених в натуральних одиницях, до єдиної облікової одиниці. В міжнародній практиці за таку одиницю прийнято джоуль (Дж) або його кратні (кДж, МДж, ГДж, ТДж, ПДж). В Україні частіше використовують одиницю, яку виражено в тоннах умовного палива (т у.п.) або тис. т у.п., млн т у.п. Еквівалент співвідношення між цими показниками: 1 т у.п. = 29310 МДж.

У цій роботі надано методичні положення щодо проведення розрахунку теплоти згоряння різних видів палива та перерахунку електро- і теплоенергії з натуральних одиниць на умовне паливо.

Перерахунок натурального палива на умовне здійснюється спочатку визначенням вищої або нижчої теплоти згоряння ( $Q_v$  або  $Q_n$ ) його одиниці маси. Пояснення фізичних понять теплоти згоряння [6] наведено нижче.

**Теплота згоряння палива** — кількість теплоти, що виділяється під час повного згоряння 1 моля, 1 кг, 1 м<sup>3</sup> палива. Для газоподібного палива застосовується поняття об'ємної теплоти згоряння. При цьому розрізняють теплоту згоряння 1 м<sup>3</sup> газу за нормальних (температура газу 0°C і тиск 0,1 МПа) і за стандартних умов (температура газу 20°C і тиск 760 мм рт. ст.). Значення теплоти згоряння газу за різних умов перераховується за формулою

$$Q_{ст.} = \frac{273}{293} Q_{норм.} \quad (1)$$

де  $Q_{ст.}$  і  $Q_{норм.}$  — значення теплоти згоряння газу відповідно до стандартних і нормальних умов.

**Вища теплота згоряння  $Q_v$**  — це кількість теплоти, що виділяється під час повного згоряння одиниці маси палива з утворенням CO<sub>2</sub> і SO<sub>2</sub> в газоподібному, а H<sub>2</sub>O у рідкому стані.

**Нижча теплота згоряння  $Q_n$**  — це кількість теплоти, що виділяється під час повного згоряння одиниці маси палива з утворенням CO<sub>2</sub> і SO<sub>2</sub> в газоподібному, а H<sub>2</sub>O у пароподібному стані.

Нижча теплота згоряння  $Q_n$  відрізняється від  $Q_v$  на величину витрати теплоти в кілоджоулях на кілограм палива на випарювання вологи, що міститься у паливі, а також виділеної під час згоряння водню:

$$Q_n^p = Q_v^p - 25(W^p + 9H^p), \quad (2)$$

де 25 — питома теплота пароутворення, кДж/кг; 9 — коефіцієнт перерахунку вмісту водню в паливі на кількість утвореної води під час його згоряння;  $W^p$  та  $H^p$  — масові частки вологи та водню в робочій масі палива, %.

Згідно з [1] одиницею теплоти згоряння палива визначається Дж/кг, Дж/моль, Дж/м<sup>3</sup>, або кДж/кг, кДж/моль, кДж/м<sup>3</sup>. У вітчизняній практиці користуються одиницею, вираженою в ккал/кг, ккал/моль чи ккал/м<sup>3</sup>.

Розрізняють робочу (умовне позначення — р), аналітичну (а), суху (с), горючу (г) та органічну (о) маси палива і теплоту згоряння цих мас ( $Q^p, Q^a, Q^c, Q^g, Q^o$ ). Перерахунок однієї маси палива в іншу можна проводити, користуючись множниками, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Множники перерахунку маси палива

Вихідна маса палива	Визначувана маса палива				
	робоча (р)	аналітична (а)	суха (с)	горюча (г)	органічна (о)
Робоча	1	$\frac{100 - W^a}{100 - W^p}$	$\frac{100}{100 - W^p}$	$\frac{100}{100 - (W^g + A^g)}$	$\frac{100}{100 - (W^o + A^o + S_o^o)}$
Аналітична	$\frac{100 - W^p}{100 - W^a}$	1	$\frac{100}{100 - W^a}$	$\frac{100}{100 - (W^g + A^g)}$	$\frac{100}{100 - (W^o + A^o + S_o^o)}$
Суха	$\frac{100 - W^p}{100}$	$\frac{100 - W^a}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^g}$	$\frac{100}{100 - (A^o + S_o^o)}$
Горюча	$\frac{100 - (W^p + A^p)}{100}$	$\frac{100 - (W^a + A^a)}{100}$	$\frac{100 - A^g}{100}$	1	$\frac{100}{100 - S_o^o}$
Органічна	$\frac{100 - (W^p + A^p + S_o^p)}{100}$	$\frac{100 - (W^a + A^a + S_o^a)}{100}$	$\frac{100 - (A^g + S_o^g)}{100}$	$\frac{100 - S_o^g}{100}$	1

Перерахунок нижчої теплоти згоряння ( $Q_{it}^p$ ) у кілоджоулях на кілограм робочої маси до другої маси здійснюється за формулами:

$$Q_{it}^p = Q_{it}^c \frac{100 - W^p}{100} - 25 W^p \quad (3)$$

$$Q_{it}^p = Q_{it}^c \frac{100 - (A^p + W^p)}{100} - 25 W^p \quad (4)$$

$$Q_{it}^p = Q_{it}^c \frac{100 - (S_k^p + A^p + W^p)}{100} - 25 W^p + 109 S_k^p \quad (5)$$

За теплотехнічних розрахунків енерготехнологічних процесів, у яких використовується теплота пароутворення продуктів згоряння палива, слід користуватися значенням вищої теплоти згоряння палива, в інших випадках — значенням нижчої теплоти згоряння.

Нижча теплота згоряння палива вимірюється лабораторними методами, до яких належать калориметричний, хроматографічний, технічний та хімічний за стандартами [2-5]. Якщо це неможливо зробити в лабораторних умовах, що пов'язано з їх відсутністю на багатьох підприємствах, то згідно з [6, 7] значення нижчої теплоти згоряння розраховується за хімічним складом палива, який повинен надавати його постачальник. В цьому разі нижчу теплоту згоряння ( $Q_{it}^p$ ) у кілоджоулях на кілограм робочої маси твердого або рідкого палива за його елементарним складом обчислюють за формулою:

$$Q_{it}^p = 339C^p + 1030H^p - 109(O^p - S^p) - 25W^p, \quad (6)$$

де  $C^p$ ,  $H^p$ ,  $O^p$ ,  $S^p$  та  $W^p$  — масові частки вуглецю, водню, кисню, сірки та вологи в робочій масі палива, %.

Для мазуту нижчу теплоту згоряння  $Q_{it}^p$  у кілоджоулях на кілограм можна розраховувати за такою формулою:

$$Q_{it}^p = 34040,3 + 690,8H^p - 230,2S^p - 448O^p - 339(A^p + N^p), \quad (7)$$

де  $H^p$ ,  $S^p$ ,  $O^p$ ,  $A^p$ ,  $N^p$  — масові частки водню, сірки, кисню, золи та азоту в робочій масі палива, %.

Нижча теплота згоряння  $Q_{it}^p$  у кілоджоулях на кубічний метр для сухих газоподібних видів палива розраховується за формулою:

$$Q_{it}^p = 108H_2 + 126,3CO + 358,2CH_4 + 560,5C_2H_2 + 590,6C_2H_4 + 637,5C_2H_6 + 859,8C_3H_6 + 912,3C_3H_8 + 1134 C_4H_8 + 1186,2 C_4H_{10}, \quad (8)$$

де  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ... — вміст окремих газових компонентів у відсотках, за об'єму в нормальних умовах.

Для вологого газоподібного палива нижчу теплоту згоряння  $Q_{it}^p$  у кілоджоулях на кілограм розраховують за формулою:

$$Q_{it}^p = \frac{Q_{it}^c}{P_{c.r.} + \frac{d+a}{1000}} \left(1 + \frac{d}{0.804}\right), \quad (9)$$

де  $d$  — вміст водяної пари у газоподібному паливі,  $кг/м^3$ ;  $P_{c.r.}$  — густина сухого газу,  $кг/м^3$ ;  $a$  — вміст пилу та золи в газоподібному паливі,  $кг/м^3$ ;

Нижчу теплоту згоряння  $Q_{it}^p$  у кілоджоулях на кубічний метр для природного та попутного нафтового газів з високим вмістом метану можна розрахувати за такою формулою:

$$Q_{it}^p = 358,4CH_4 + 628C_2H_6 + 921,1C_3H_8 + 1172,4C_4H_{10} + 1465,4C_5H_{12} + 251,2H_2, \quad (10)$$

де  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ...  $H_2$  — масові частки компонентів у складі палива, %.

Для спрощення розрахунків нижчої теплоти згоряння твердих видів палива, мазуту та природного газу згідно з формулами (6, 7 і 10) в табл. 2-7 наведено їх значення залежно від вмісту в них окремих хімічних елементів і сполук.

Перерахунок палива з натуральних одиниць на умовні здійснюється за вугільним еквівалентом, значення нижчої теплоти згоряння якого прийнято рівним 29310 кДж/кг (7000 ккал/кг). Для твердого і рідкого палива перерахунок виконується за формулою:

— якщо  $Q_{it}^p$  надана в кДж/кг

$$B_{ум.} = B_{нат.} \frac{Q_{it}^p}{29310} \text{ т у.п.}; \quad (11)$$

— якщо  $Q_{it}^p$  надана в ккал/кг

$$B_{ум.} = B_{нат.} \frac{Q_{it}^p}{7000} \text{ т у.п.}; \quad (12)$$

де  $B_{ум.}$  — кількість умовного палива, т у.п.;  $B_{нат.}$  — кількість натурального палива, т.

Для газоподібних видів палива, відповідно: при  $Q_{it}^p$  у кДж/м<sup>3</sup> і ккал/м<sup>3</sup>

$$B_{ум.} = B_{нат.} \frac{Q_{it}^p}{29310 \cdot 10^3} \text{ т у.п.}; \quad (13)$$

$$B_{ум.} = B_{нат.} \frac{Q_{it}^p}{7000 \cdot 10^3} \text{ т у.п.}; \quad (14)$$

де  $B_{нат.}$  — обсяг газоподібного палива в м<sup>3</sup>.

Для торфу та продуктів його переробки при перерахунках з натуральних одиниць на умовні необхідно спочатку їх вагу перерахувати на умовну вологість за формулою:

$$B_{ум.} = \frac{B_{нат.} (100 - W_{ф.с.})}{100 - W_{ум.с.}} \text{ т}, \quad (15)$$

Таблиця 2. Залежність нижчої теплоти згоряння твердого палива від вмісту в ньому вуглецю

Масова частка вуглецю у паливі, $C^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка вуглецю у паливі, $C^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка вуглецю у паливі, $C^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка вуглецю у паливі, $C^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг
20	6783	42	14236	63	21354	84	28472
21	7118	43	14613	64	21731	85	28848
22	7453	44	14948	65	22065	86	29183
23	7788	45	15283	66	22400	87	29518
24	8123	46	15618	67	22735	88	29853
25	8458	47	15952	68	23070	89	30188
26	8793	48	16287	69	23405	90	30523
27	9170	49	16622	70	23740	91	30858
28	9504	50	16957	71	24075	92	31193
29	9839	51	17292	72	24410	93	31528
30	10174	52	17627	73	24747	94	31905
31	10509	53	17962	74	25122	95	32240
32	10844	54	18339	75	25457	0,1	42
33	11221	55	18674	76	25792	0,2	84
34	11556	56	19009	77	26127	0,3	105
35	11891	57	19344	78	26462	0,4	125
36	12226	58	19679	79	26797	0,5	167
37	12561	59	20014	80	27132	0,6	209
38	12896	60	20349	81	27467	0,7	251
39	13231	61	20684	82	27802	0,8	272
40	13566	62	21019	83	28127	0,9	293
41	13901						

Таблиця 3. Залежність нижчої теплоти згоряння твердого палива від вмісту в ньому водню

Масова частка водню у паливі, $H^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка водню у паливі, $H^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка водню у паливі, $H^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка водню у паливі, $H^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг
1,0	1047	2,4	2512	3,8	3936	5,2	5317
1,1	1172	2,5	2596	3,9	4019	5,3	5443
1,2	1256	2,6	2722	4,0	4103	5,4	5527
1,3	1382	2,7	2805	4,1	4187	5,5	5652
1,4	1465	2,8	2931	4,2	4313	5,6	5736
1,5	1549	2,9	3015	4,3	4396	5,7	5862
1,6	1675	3,0	3091	4,4	4522	5,8	5946
1,7	1759	зд	3182	4,5	4606	5,9	6071
1,8	1884	3,2	3308	4,6	4731	6,0	6197
1,9	1968	3,3	3391	4,7	4815	6,1	6280
2,0	2093	3,4	3517	4,8	4941	6,2	6406
2,1	2177	3,5	3601	4,9	5024	6,3	6490
2,2	2303	3,6	3726	5,0	5150	6,4	6615
2,3	2387	3,7	3810	5,1	5234	6,5	6699

Таблиця 4. Залежність нижчої теплоти згоряння твердого палива від вмісту в ньому кисню та сірки

Масова частка кисню та сірки у паливі, $(O^p - S^p)$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка кисню та сірки у паливі, $(O^p - S^p)$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка кисню та сірки у паливі, $(O^p - S^p)$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка кисню та сірки у паливі, $(O^p - S^p)$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг
1	136	11	1214	21	2303	0,1	—
2	269	12	1340	22	2428	0,2	42
3	335	13	1424	23	2512	0,3	42
4	419	14	1549	24	2638	0,4	42
5	544	15	1633	25	2722	0,5	42
6	670	16	1759	26	2847	0,6	84
7	764	17	1842	27	2931	0,7	84
8	879	18	1968	28	3057	0,8	84
9	963	19	2093	29	3140	0,9	126
10	1089	20	2177				

Таблиця 5. Залежність нижчої теплоти згоряння твердого палива від вмісту в ньому вологи

Масова частка вологи в паливі, $W^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка вологи в паливі, $W^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка вологи в паливі, $W^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка вологи в паливі, $W^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг
1	41	16	419	31	796	46	1172
2	42	17	419	32	796	47	1172
3	84	18	461	33	837	48	1214
4	84	19	461	34	837	49	1214
5	126	20	502	35	879	50	1256
6	167	21	544	36	921	51	1298
7	167	22	544	37	921	52	1298
8	209	23	586	38	963	53	1340
9	209	24	586	39	963	54	1340
10	251	25	628	40	1005	55	1382
11	293	26	670	41	1047	56	1424
12	293	27	670	42	1047	57	1424
13	335	28	712	43	1089	58	1465
14	335	29	712	44	1089	59	1465
15	377	30	754	45	1130	60	1507

Таблиця 6. Дані для розрахунку нижчої теплоти згоряння мазуту за його елементарним складом

Масова частка водню у паливі, $H^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка сірки у паливі, $S^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка кисню у паливі, $O^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка золи і азоту у паливі, $(A^p + N^p)$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг	Масова частка вологи у паливі, $W^p$ , %	Нижча теплота згоряння, $Q_H^p$ , кДж/кг
0,1	63	0,1	21	0,1	42	0,1	42	0,1	42
0,2	126	0,2	42	0,2	84	0,2	63	0,2	84
0,3	209	0,3	63	0,3	126	0,3	84	0,3	126
0,4	293	0,4	84	0,4	188	0,4	126	0,4	147
0,5	339	0,5	105	0,5	210	0,5	167	0,5	188
0,6	419	0,6	126	0,6	251	0,6	209	0,6	230
0,7	481	0,7	146	0,7	314	0,7	230	0,7	251
0,8	544	0,8	167	0,8	356	0,8	272	0,8	293
0,9	628	0,9	188	0,9	398	0,9	314	0,9	335
1	691	1	230	1	461	1	335	1	377
2	1382	2	461	2	900	2	670	2	733
3	2073	3	691	3	1340	3	1005	3	1088
4	2763	4	921	4	1800	4	1340	4	1465
5	3454	5	1151	5	2240	5	1696	5	1821
6	4145	-	-	6	2679	6	2031	6	2198
7	4836	-	-	7	3140	7	2366	7	2554
8	5527	-	-	8	3609	8	2701	8	2931
9	6218	-	-	9	4040	9	3056	9	3308
10	6909	-	-	10	4480	10	3391	10	3643
11	7599	-	-	-	-	-	-	-	-
12	8290	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 7. Дані для розрахунку нижчої теплоти згоряння природного газу

Метан $CH_4$		Етан $C_2H_6$		Пропан $C_3H_8$		Бутан $C_4H_{10}$		Пентан $C_5H_{12}$		Пентан і вищі вуглеводи	
%	кДж/м <sup>3</sup>	%	кДж/м <sup>3</sup>	%	кДж/м <sup>3</sup>	%	кДж/м <sup>3</sup>	%	кДж/м <sup>3</sup>	%	кДж/м <sup>3</sup>
80	28681	0,1	42	0,1	42	0,1	84	0,1	126	0,1	167
81	29016	0,2	84	0,2	126	0,2	187	0,2	251	0,2	335
82	29393	0,3	126	0,3	209	0,3	293	0,3	377	0,3	502
83	29728	0,4	126	0,4	251	0,4	377	0,4	461	0,4	679
84	30105	0,5	167	0,5	335	0,5	461	0,5	586	0,5	837
85	30439	0,6	209	0,6	377	0,6	544	0,6	712	0,6	1005
86	30816	0,7	251	0,7	419	0,7	628	0,7	837	0,7	1172
87	31193	0,8	293	0,8	502	0,8	712	0,8	963	0,8	1340
88	31528	0,9	335	0,9	586	0,9	837	0,9	1089	0,9	1507
89	31905	—	—	1	629	1	921	1	1172	1	146
90	32240	—	—	2	1256	2	1800	2	2387	2	293
91	32617	—	—	3	1926	3	2722	3	3559	—	—
92	32952	—	—	4	2554	4	3643	—	—	—	—
93	33326	—	—	5	3182	5	4564	—	—	—	—
94	33662	—	—	6	3810	—	—	—	—	—	—
95	34040	—	—	7	4438	—	—	—	—	—	—
96	34417	—	—	8	5066	—	—	—	—	—	—
97	34752	—	—	9	5736	—	—	—	—	—	—
98	35129	—	—	10	6364	—	—	—	—	—	—
99	35464	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	35841	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

де  $B_{ум}$  — вага торфу або його продуктів переробки за умовної вологості, т;  $B_{нат}$  — вага торфу або його продуктів переробки за фактичної вологості, т;  $W_{ф.в.}$  — фактична вологість торфу або його продуктів переробки, %;  $W_{ум.в.}$  — умовна вологість торфу або його продуктів переробки, %.

Значення умовної вологості прийнято для: торфу кускового — 33%, торфу фрезерному — 40, торф'яних брикетів — 16 і торф'яних напівбрикетів — 28.

Електроенергія, теплоенергія (пара, гаряча вода), вироблені електричними чи тепловими станціями, котельними або іншим устаткуванням, що працюють на органічному паливі, перераховуються на умовне паливо за фактичними питомими витратами умовного палива на їх відпуск.

Електроенергія та теплоенергія, вироблені атомними електростанціями, гідроелектростанціями, станціями або установками, які використовують енергію вітру, сонячної радіації, морських приливів і відливів, інших нетрадиційних джерел, перераховуються на умовне паливо за середніми питомими витратами палива на відпуск електро- та теплоенергії електростанціями, які працюють на органічному паливі.

Перерахунок теплоенергії, відпущеної котельними чи іншими паливними установками, на умовне паливо здійснюється за фактичними питомими витратами палива на її відпуск за приладним обліком. Для тих підприємств і організацій, які не мають приладного обліку, допускається виконувати перерахунки за питомими витратами палива на відпуск 1 Гкал тепла, розрахованими за середнім коефіцієнтом корисної дії (ККД нетто) котельні.

При перерахунку електроенергії, отриманої зі сторони, на умовне паливо при складанні паливно-енергетичного балансу підприємства (організації) необхідно проводити за середніми питомими витратами палива на відпуск електроенергії на електростанціях загального користування, а при визначенні впливу ефективності використання електроенергії на економічні показники енергозбереження на підприємстві (організації) — за тепловим еквівалентом 1кВт·год = 123 г у.п.

Щодо теплових вторинних енергетичних ресурсів (ТВЕР), то обліку підлягають ці ресурси за таких умов:

— відходячі гази печей з температурою від 200°С і вище за витрат палива від 0,1 т у.п./год на агрегат і вище;

— гаряча вода і забруднений конденсат за безперервних витрат 1м<sup>3</sup>/год і більше;

— інші види ТВЕР обліковуються при виході з агрегату — джерела ВЕР не менше 0,05 Гкал/год.

Фактичну величину використання теплової чи електричної енергії, одержаних на утилізаційних установках, на умовне паливо необхідно перераховувати за методикою [8] як економію палива. При цьому економія палива розраховується за формулою:

$$B_{ек} = \frac{0,143}{\eta_{зам}} Q, \text{ т у.п./рік}, \quad (16)$$

де  $Q$  — фактично використана теплова енергія від ВЕР, Гкал/рік;  $\eta_{зам}$  — ККД нетто енергетичної установки, з показниками якої порівнюється ефективність використання ВЕР.

Означені енергетичні установки називаються "заміщені установки". Згідно з умовами енергозабезпечення це можуть бути промислові котельні, ТЕЦ та інші.

Для підприємств, тепlopостачання яких відбувається від заводських чи районних ТЕЦ, використання ТВЕР може спричинити зниження економічних показників роботи. В цьому випадку економію палива від ТВЕР розраховують за величиною витрат палива на ТЕЦ:

$$B_{ек} = \left[ \frac{0,143}{\eta_{зам}} - e(b_k - b_T) \right] 10^{-6}, \text{ т у.п.}; \quad (17)$$

де  $\eta_{зам}$  — ККД нетто ТЕЦ;  $e$  — показник виробництва електроенергії за теплофікаційним циклом на заміщеній ТЕЦ, кВт·год/Гкал;  $b_k$  — питомі витрати палива на виробництво електроенергії в енергетичній системі чи теплофікаційній турбіні за конденсаційним циклом, г у.п./кВт·год;  $b_T$  — питомі витрати палива на виробництво електроенергії на заміщеній ТЕЦ за теплофікаційним циклом, г у.п./кВт·год.

При виробництві утилізаційною установкою електричної енергії, економія палива розраховується:

$$B_{ек} = b_e W_e \cdot 10^{-6} \text{ т у.п.}; \quad (18)$$

де  $W_e$  — відпуск електричної енергії від установок ВЕР, кВт·год/рік;  $b_e$  — питомі витрати палива на відпуск електроенергії в енергетичній системі чи на заміщеній установці, з показниками якої порівнюється ефективність утилізації ВЕР, г у.п./кВт·год.

За комбінованого виробництва утилізаційними установками тепла і електроенергії економія

палива за рахунок ВЕР дорівнює сумі економії палива від використання тепла і електроенергії розрахованої за формулами (16)-(18).

При використанні ВЕР як палива економію палива розраховують за формулою:

$$B_{\text{сп}} = 0,143Q \frac{\eta_{\text{ВЕР}}}{\eta_n} \text{ т у.п./рік}; \quad (19)$$

де  $Q$  — величина використання горючих ВЕР, Гкал/рік;  $\eta_{\text{ВЕР}}$  — ККД паливного агрегату при його

роботі на горючих ВЕР, %;  $\eta_n$  — ККД паливного агрегату при його роботі на первинному паливі, %.

Для підприємств, які не мають своїх ТЕЦ чи котельних, припускається здійснювати перерахунок теплоенергії від утилізації теплових ВЕР на умовне паливо за середньою питомою витратою палива на виробництво тепла в енергетичній системі, яка забезпечує тепlopостачання підприємства.

1. ГОСТ 8.417.-81. Единицы физических величин.
2. ГОСТ 147-74 (СТ СЭВ 1463-78). Топливо твердое. Метод определения теплоты сгорания и вычисления низшей теплоты сгорания.
3. ГОСТ 21261-91. Нефтепродукты. Метод определения высшей теплоты сгорания и вычисления низшей теплоты сгорания.
4. ГОСТ 22667-82 (СТ СЭВ 3359-81). Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа "Воббе".
5. ГОСТ 27193-86 (СТ СЭВ 3360-81). Газы горючие природные. Метод определения теплоты сгорания водяным калориметром.
6. ДСТУ 3581-97 (ГОСТ 30517-97). Енергозбереження. Методи вимірювання і розрахунку теплоти згоряння палива.
7. ГОСТ 147-95 (ИСО 1928-76). Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и вычисления низшей теплоты сгорания.
8. ДСТУ 4090-2001. Енергозбереження. Ресурси енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання.