

УДК 620.92

ПОБУДОВА ГРАФІКА ТРИВАЛОСТІ ТЕПЛОГО НАВАНТАЖЕННЯ (ГРАФІКА РОСАНДЕРА) ДЛЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Крамар В.Г., канд. техн. наук

Институт технической теплофизики НАН Украины, ул. Желябова, 2а, Киев, 03680, Украина

<https://doi.org/10.31472/ihe.4.2018.06>

Представлено дані щодо тривалості температур зовнішнього повітря протягом опалювальних періодів 2005-2018 років в регіонах України. Наведено приклади використання отриманих даних для розрахунків. Теоретично оцінено потенціал енергозбереження при впровадженні погодозалежного регулювання виробництва теплової енергії для опалення

Представлены данные о продолжительности температур наружного воздуха в течение отопительных периодов 2005-2018 годов в регионах Украины. Приведены примеры использования полученных данных для расчетов. Теоретически оценен потенциал энергосбережения при внедрении погодозависимого регулирования производства тепловой энергии для отопления.

The data on the duration of ambient air temperatures during the heating periods of 2005-2018 in the Ukrainian regions are presented. Examples of using the received data for calculations are given. The theoretical potential of energy saving by implementation of weatherdependent regulation of heat energy production for space heating is estimated.

Библ. 7, табл. 2, рис. 3.

Ключові слова: графік Росандера, тривалість теплового навантаження, опалювальний період, температура зовнішнього повітря, виробництво теплової енергії.

 q – теплова потужність; Q – кількість теплової енергії; t – температура, °С; P – тривалість періоду опалення, днів; T – тривалість періоду опалення, тривалість стояння температур, год; τ – безрозмірна тривалість періоду опалення; z – частка тривалості стояння температур, вищих за +8°С, від загальної тривалості періоду опалення; K – коефіцієнт використання максимальної потужності; $a; b$ – коефіцієнти регресії; k – потенціал перевитрати/економії теплової енергії, %;

АРК – Автономна Республіка Крим;

Гкал – гігакалорія;

Гкал/год – гігакалорія за годину;

ТЗ-1 – температурна зона 1;

ТЗ-2 – температурна зона 2.

Вступ

Як відомо, графік Росандера, який ще називають «графіком витрат тепла по тривалості» [1] або «графіком тривалості теплового навантаження» [2], показує залежність теплових навантажень на опалення споживачів (наприклад, теплового району), розміщених у порядку зменшення, від тривалості цих навантажень, яка залежить, в свою чергу, від кліматичних характеристик опалювального періоду в тій чи іншій місцевості та встановлюється на основі багаторічних спостережень (рис. 1, а).

При цьому тривалість, що відповідає на графіку певному навантаженню, означає час, протягом якого теплове навантаження споживачів було більшим або рівним даному навантаженню. Корисною особливістю такого графіка є те, що площа під кривою в межах деякого періоду, відповідає кількості теплоти, відпущеної споживачам за цей період. На основі графіка Росандера можна побудувати інтегральну криву (рис. 1, б), що показує залежність кількості виробленої теплової енергії від потужності джерела теплової енергії.

Графік Росандера використовується для визначення кількості годин використання максимального теплового навантаження, а також у випадках, коли теплове навантаження забезпечується кількома джерелами теплової енергії – для визначення ступеня їх участі в загальному річному виробництві теплоти. Так, наприклад, якщо джерело тепловою потужністю q_1 (рис. 1) працює як основне, а джерело потужністю q_2 підключається для паралельної роботи лише коли необхідне теплове навантаження перевищує q_1 , тоді кількості теплової енергії, виробленої кожним з джерел q_1 та q_2 , будуть відповідати площам областей графіка, позначеним на рис. 1, а відповідно як Q_1 та Q_2 . Такі дані використовуються для техніко-економічної оцінки ефективності впровадження джерел теплової енергії, наприклад, нового котельного обладнання, в залежності від планованих режимів його використання.

Слід зазначити, що раніше в нормативних документах (наприклад, в посібнику до СНіП 2.01.01-82 «Будівельна кліматологія і геофізика» [3]), містилась інформація щодо тривалості стояння різних градацій тем-

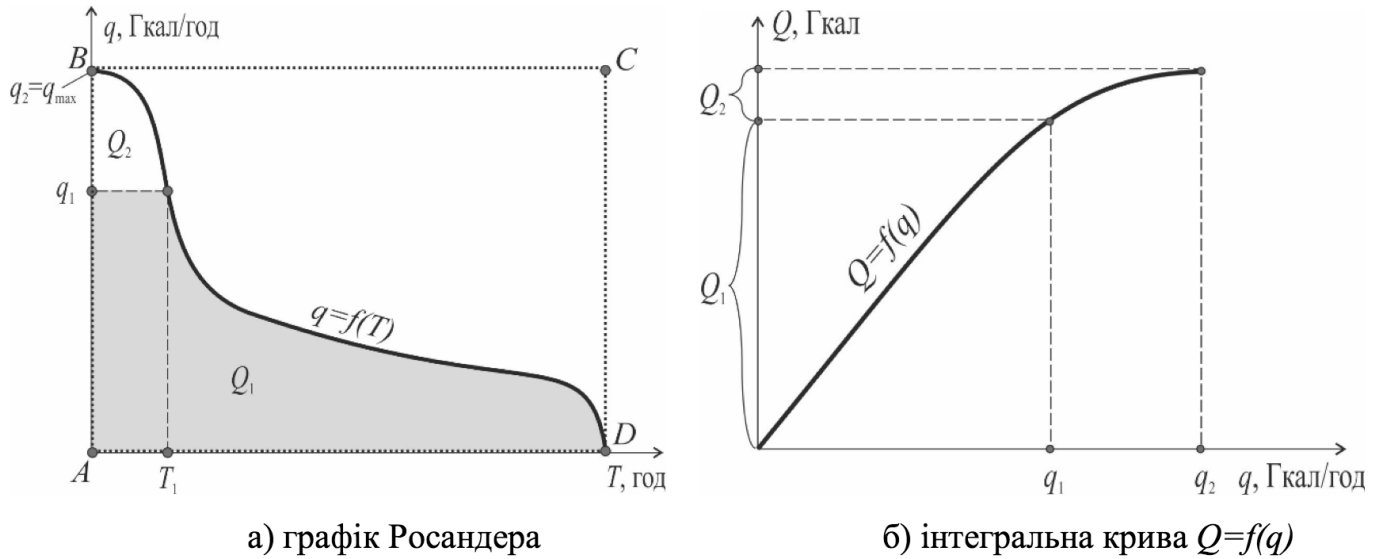


Рис. 1. Узагальнені дані опалювального періоду.

ператур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, що дозволяла побудувати графік Росандера принаймні для деяких міст України. Але ці дані базувались на кліматичних спостереженнях, проведених в період 1925-1975 р.р., тому, враховуючи кліматичні зміни останніх десятиліть, вони видаються дещо застарілими. На жаль, державний стандарт України «Будівельна кліматологія» [4], що прийшов на заміну СНіП 2.01.01-82 та базується на більш пізніх спостереженнях, не містить даних щодо тривалості стояння різних градацій температур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду.

Постановка завдання та методика проведення дослідження

Метою даної роботи є визначення тривалості стояння температур зовнішнього повітря різних градацій протягом опалювальних періодів в різних регіонах України на основі кліматичних даних метеорологічних станцій в період 2005-2018 р.р. [5] та побудова графіків Росандера для відповідних регіонів.

Для побудови графіка Росандера, залежність теплових навантажень на опалення від їх тривалості протягом періоду опалення визначалась в безрозмірному вигляді як $q = f(\tau)$, де τ є безрозмірною тривалістю стояння певної температури зовнішнього повітря, а q (безрозмірне теплове навантаження) визначалось в залежності від температури зовнішнього повітря за формулою:

$$q = (t_{\text{вн}} - t_3) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}), \quad (1)$$

де $t_{\text{вн}}$, t_3 , $t_{\text{р.о}}$ позначені, відповідно, внутрішня температура в опалюваних приміщеннях споживачів (прийнято

$t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}$), температура зовнішнього повітря, та температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 для даного населеного пункту, $^\circ\text{C}$. Формулу (1) легко отримати з відомої формули, за якою визначаються витрати теплової енергії на опалення [6]:

$$Q_p = Q_0 \cdot \Pi \cdot 24 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}), \quad (2)$$

де: Q_p – витрата теплової енергії за опалювальний період, Гкал;

Q_0 – максимальні погодинні витрати теплоти на опалення споживачів (при температурі зовнішнього повітря $t_{\text{р.о}}$), Гкал/год;

$t_{\text{с.о}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період (тобто за період зі стійкою середньою добовою температурою $+8^\circ\text{C}$ і нижче);

Π – нормативна тривалість опалювального періоду, діб; 24 – тривалість доби, год.

Поділивши обидві частини рівняння (2) на вираз $(Q_0 \cdot \Pi \cdot 24)$, та позначивши:

$$q = Q_p / (Q_0 \cdot \Pi \cdot 24), \quad (3)$$

отримаємо:

$$q = (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}), \quad (4)$$

де q в даному випадку означає відношення середнього за опалювальний період теплового навантаження на опалення (Гкал/год) до максимального.

Якщо у формулі (4) замість $t_{\text{с.о}}$ прийняти t_3 як довільну температуру зовнішнього повітря в межах температур в діапазоні від $t_{\text{р.о}}$ до $+8^\circ\text{C}$, отримаємо формулу

(1) як вираз відношення теплового навантаження на опалення при температурі t_3 до максимального теплового навантаження. Якщо проаналізувати можливий діапазон значень q у формулі (1), стане зрозуміло, що максимальне значення $q = 1$ при $t_3 = t_{p.o.}$.

Якщо позначити як T (год) тривалість опалювального періоду для даного населеного пункту, як загальну тривалість стояння температур в діапазоні від $t_{p.o.}$ до $+8^\circ\text{C}$, а тривалість стояння деякої температури зовнішнього повітря протягом опалювального періоду як T_3 (год), безрозмірна тривалість стояння даної температури зовнішнього повітря (τ) визначатиметься як:

$$\tau = T_3 / T. \quad (5)$$

Зрозуміло, що величина τ змінюється в межах від 0 до 1. Таким чином, функція $q = f(\tau)$ виражає залежність відносних теплових навантажень опалення за певних температур зовнішнього повітря, від тривалості цих навантажень, вираженої в частках від тривалості опалювального періоду для даного населеного пункту. Інтегральний графік $Q = f(q)$, побудований на основі графіка $q = f(\tau)$, виражатиме залежність безрозмірної кількості теплової енергії для потреб опалення, від відносних теплових навантажень опалення за певних температур зовнішнього повітря. Максимальне значення $Q = 1$ відповідає всій кількості теплової енергії, необхідної для опалення (наприклад, вся площа під кривою $q = f(T)$ на рис. 1, а).

Під коефіцієнтом використання максимальної потужності (K) будемо розуміти відношення кількості теплової енергії, необхідної протягом опалювального періоду, до її кількості, яка була би використана при умові, що протягом всього опалювального періоду теплове навантаження опалення дорівнює максимальному. Наприклад, для умов, показаних на рис. 1, а, величина K дорівнюватиме відношенню площі під кривою $q = f(T)$ до площі прямокутника $ABCD$.

Для визначення тривалості стояння різних температур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, було використано кліматичні дані метеорологічних станцій, що знаходяться в обласних центрах України та столиці Автономної Республіки Крим, або якнайближче до них. Розглядалися кліматичні дані опалювальних періодів, починаючи з осені 2005 по 2018 рік. Календарні межі опалювального періоду для кожного з міст приймалися згідно таблиці 3 ДСТУ «Будівельна кліматологія», як дати переходу температур зовнішнього повітря через $+8^\circ\text{C}$. За цей період, підраховувалась кількість годин стояння різних градацій температур зовнішнього повітря в діапазоні від температури найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 для даного міста (таблиця 2 ДСТУ «Будівельна кліматологія») до $+8^\circ\text{C}$, з інтервалом в 1°C .

При цьому, не всі температури зовнішнього повітря протягом опалювальних періодів були нижчими за $+8^\circ\text{C}$. Введено співвідношення (z):

$$z = \Pi_{\leq 8} / \Pi, \quad (6)$$

де $\Pi_{\leq 8}$ – тривалість періоду (в межах нормативного опалювального періоду Π), протягом якого температури зовнішнього повітря були не вищі за $+8^\circ\text{C}$.

Для обробки даних використовувалась програма Excel з програмного пакету Microsoft Office.

Результати дослідження

В результаті проведеного дослідження було знайдено тривалість стояння різних градацій температур зовнішнього повітря в опалювальний період для всіх обласних центрів України та столиці АРК. Середні дані для кожного з регіонів показано в табл.1. Тривалість стояння для кожної з температур в табл. 1 означає тривалість стояння температур, нижчих або рівних даній температурі. Таким чином, температурі $+8^\circ\text{C}$ відповідає фактична тривалість опалювального періоду в годинах.

Враховуючи суттєві кліматичні відмінності регіонів України, результати було проаналізовано окремо для двох груп регіонів, для яких, за усередненими даними, було побудовано графіки Росандера (рис. 2 і 3). Поділ регіонів на групи зроблено згідно розділення на температурні зони в Додатку В ДБН В.2.6-31:2006 [7]. До другої температурної зони (ТЗ-2) увійшли такі південні регіони України як Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області та АРК. Всі інші регіони було віднесено до першої температурної зони (ТЗ-1).

На рисунках 2 і 3 показано залежності, отримані для регіонів, що входять до ТЗ-1 та ТЗ-2.

Отримані криві для кожної температурної зони було апроксимовано поліномами виду:

$$q = a_0 \cdot \tau^0 + a_1 \cdot \tau^1 + \dots + a_n \cdot \tau^n;$$

$$Q = b_0 \cdot q^0 + b_1 \cdot q^1 + \dots + b_n \cdot q^n, \quad (7)$$

де $n = 14$.

Відповідні коефіцієнти регресій, а також інші отримані результати наведено в табл. 2.

При необхідності, залежність виду $q = f(\tau)$ можна побудувати для кожного з регіонів, користуючись даними табл. 1. Залежність виду $Q = f(q)$ можна отримати шляхом визначення площі під кривою виду $q = f(\tau)$, наприклад, проінтегрувавши залежність, що описує цю криву.

Також, від залежності виду $Q = f(q)$ можна перейти до визначення кількості теплової енергії в абсолютних величинах (наприклад, в Гкал). Приведення відносної теплової потужності q (де $0 \leq q \leq 1$) до дійсного значення:

Табл. 1. Характеристики опалювального періоду регіонів України.

Міста:	Вінниця	Дніпро	Донецьк	Житомир	Івано-Франківський	Київ	Кропивницький	Луганськ	Львів	Полтава	Рівне	Суми	Тернопіль	
$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-21	-24	-22	-22	-20	-22	-22	-25	-20	-19	-23	-21	-25	-20
П (діб)	182	172	176	184	179	176	175	172	180	179	178	182	187	178
z	0,876	0,883	0,877	0,864	0,853	0,882	0,877	0,890	0,869	0,863	0,892	0,883	0,904	0,891
K	0,496	0,461	0,491	0,474	0,500	0,477	0,482	0,455	0,493	0,504	0,480	0,494	0,470	0,507
$k, \%$	8,3	7,9	8,2	9,5	10,3	8,0	8,3	7,2	9,2	9,7	7,0	7,9	6,0	7,2
$t_3, ^\circ\text{C}$	$T_3, \text{ год.}$													
-25								9					5	
-24		3						15					10	
-23		7						20			9		17	
-22		11	36	11		7	16	27			15		25	
-21	21	18	46	16		11	24	37			21	29	35	
-20	28	26	58	21	31	14	31	50	25		32	35	48	30
-19	37	36	72	30	36	19	38	67	29	20	43	43	68	39
-18	47	46	91	40	46	27	46	86	35	26	58	55	91	50
-17	59	61	114	55	54	42	57	109	44	39	74	71	117	62
-16	73	79	138	68	72	57	74	131	58	49	99	86	147	79
-15	94	102	165	86	87	76	96	163	76	65	128	109	186	100
-12	188	196	270	173	166	175	182	266	148	130	244	200	324	185
-10	299	280	354	270	247	269	274	355	222	202	353	289	433	276
-7	524	488	555	485	433	472	496	539	425	386	564	517	694	499
-5	734	685	757	666	631	654	706	755	637	592	799	746	965	718
-2	1257	1182	1264	1156	1146	1159	1209	1232	1087	1103	1318	1245	1534	1232
-1	1518	1434	1502	1397	1398	1407	1459	1446	1295	1337	1580	1483	1809	1474
0	1841	1757	1786	1690	1681	1707	1741	1708	1561	1618	1909	1802	2132	1762
1	2244	2104	2120	2082	2045	2096	2096	2020	1981	1993	2295	2203	2570	2188
2	2560	2419	2444	2419	2347	2430	2413	2342	2346	2292	2603	2540	2895	2552
3	2835	2684	2727	2705	2624	2724	2688	2639	2649	2586	2865	2829	3164	2829
5	3305	3122	3174	3225	3120	3197	3144	3125	3183	3129	3306	3321	3581	3302
8	3827	3644	3704	3814	3665	3725	3683	3675	3755	3707	3811	3856	4057	3806

Табл. 1 (продовження).

Міста:	Ужгород	Харків	Хмельницький	Черкаси	Чернігів	Чернівці	Запоріжжя	Миколаїв	Одеса	Сімферополь	Херсон	ТЗ-1(сер.)	ТЗ-2(сер.)
$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-21	-24	-22	-22	-20	-22	-22	-25	-20	-19	-23	-21	-25
П (діб)	182	172	176	184	179	176	175	172	180	179	178	182	187
z	0,876	0,883	0,877	0,864	0,853	0,882	0,877	0,890	0,869	0,863	0,892	0,883	0,904
K	0,496	0,461	0,491	0,474	0,500	0,477	0,482	0,455	0,493	0,504	0,480	0,494	0,470
$k, \%$	8,3	7,9	8,2	9,5	10,3	8,0	8,3	7,2	9,2	9,7	7,0	7,9	6,0
$t_3, ^\circ\text{C}$	$T_3, \text{ год.}$												
-25													
-24													
-23		11			13								
-22		18			17								
-21		27	18	29	25		20						
-20		44	24	39	36	16	29	12					
-19		61	32	48	51	21	38	19			14		
-18	6	80	41	55	67	29	48	25	5		25		
-17	11	102	54	66	94	37	60	34	7		34		
-16	16	129	69	85	121	49	76	44	10		42		
-15	21	162	85	108	144	63	97	58	14	22	52		
-12	48	285	167	207	265	138	188	120	49	52	109		
-10	78	381	263	313	374	214	267	172	79	89	156		
-7	177	605	498	515	591	410	452	322	182	183	299		
-5	305	850	725	699	818	603	636	491	321	307	469		
-2	727	1403	1267	1182	1347	1080	1099	867	646	638	866		
-1	913	1652	1530	1426	1616	1303	1322	1041	807	802	1045		
0	1146	1931	1839	1687	1931	1584	1614	1265	1000	997	1292		
1	1459	2336	2256	2051	2384	1924	1949	1562	1243	1225	1584		
2	1713	2656	2577	2404	2724	2226	2252	1833	1506	1449	1855		
3	1973	2935	2872	2694	3004	2502	2516	2110	1794	1677	2116		
5	2477	3371	3348	3178	3452	3029	2963	2623	2360	2164	2604		
8	3080	3859	3872	3716	3986	3581	3494	3262	3162	2853	3257		

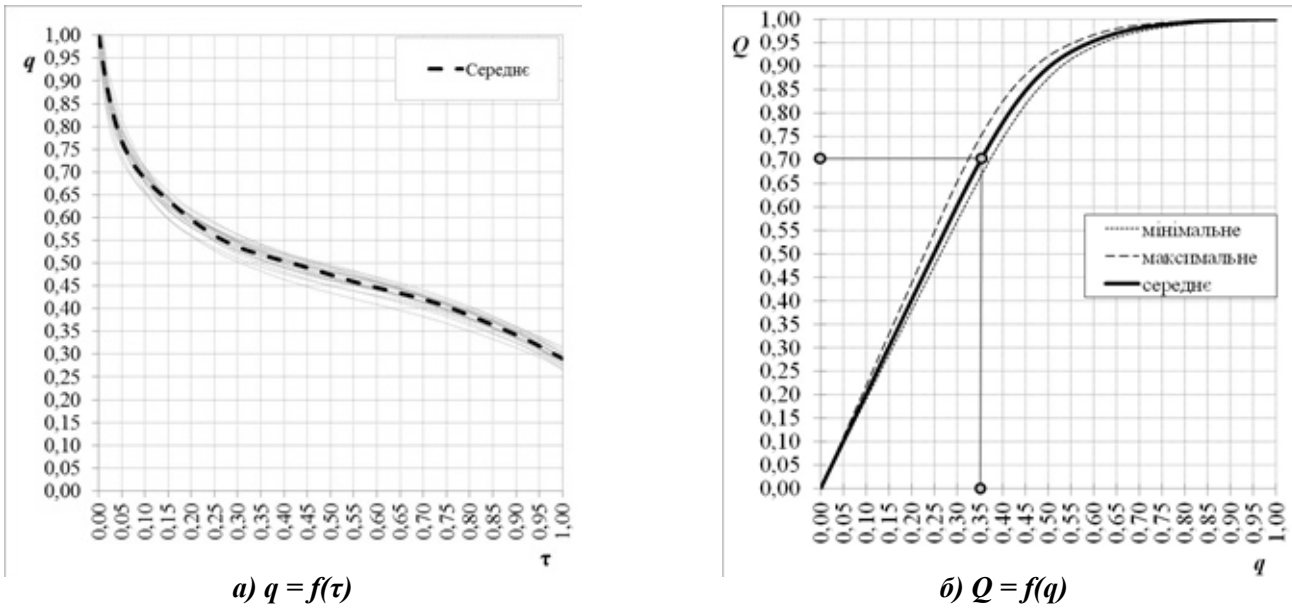


Рис. 2. Узагальнення отриманих результатів – температурна зона 1 (ТЗ-1).

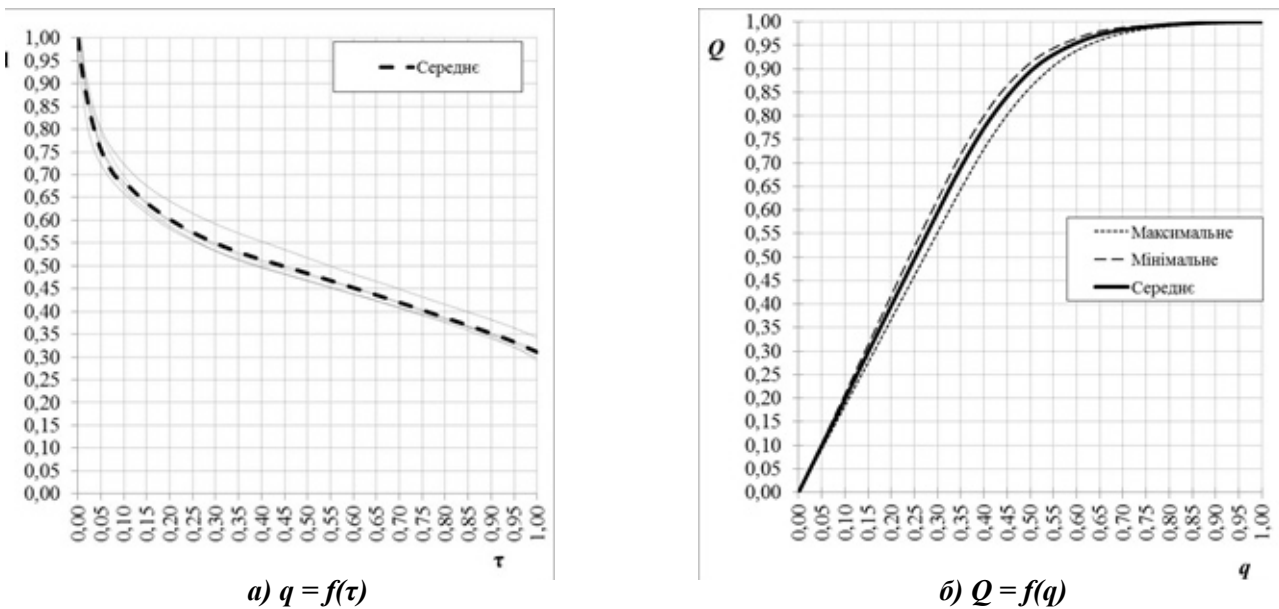


Рис. 3. Узагальнення отриманих результатів – температурна зона 2 (ТЗ-2).

$$q_d \text{ [Гкал/год]} = q \cdot q_{\max} \text{ [Гкал/год]}, \quad (8) \quad Q_d \text{ [Гкал]} = Q \cdot q_{\max} \cdot \Pi \cdot 24 \cdot z \cdot K. \quad (9)$$

де q_{\max} – максимальне теплове навантаження, що відповідає, в залежності від умов розрахунку, приєднаному тепловому навантаженню споживачів, або необхідній тепловій потужності джерела теплопостачання, при температурі зовнішнього повітря $t_{p.o.}$.

Дійсну кількість теплової енергії Q_d (наприклад, в Гкал), що відповідає певним значенням теплової потужності q та q_d , можна знайти за формулою:

Для прикладу, на рис. 2, б показано, що в середньому для ТЗ-1 значенню $q = 0,35$ відповідає значення $Q = 0,70$. Якщо для цього випадку значення q_{\max} становить, наприклад, 10 Гкал/год, тоді кількість теплової енергії, виробленої тепловим джерелом, для якого $q = 0,35$ (теплова потужність якого становить, відповідно, $0,35 \cdot 10 = 3,5$ Гкал/год), що працює протягом сезону опалення як базове, знаходимо з виразу:

Табл. 2. Коефіцієнти регресій, що описують залежності $q = f(\tau)$ та $Q = f(q)$.

ТЗ-1				ТЗ-2			
$q = f(\tau)$		$Q = f(q)$		$q = f(\tau)$		$Q = f(q)$	
a_{14}	-629,543404	b_{14}	493,6385145	a_{14}	34,7240199	b_{14}	200,2231587
a_{13}	2581,559015	b_{13}	-1731,909724	a_{13}	0	b_{13}	-646,0717805
a_{12}	-3229,49233	b_{12}	1836,759414	a_{12}	-216,891465	b_{12}	604,5819757
a_{11}	0	b_{11}	0	a_{11}	0	b_{11}	0
a_{10}	2219,391195	b_{10}	-902,8069594	a_{10}	611,1446687	b_{10}	-154,9283598
a_9	0	b_9	0	a_9	0	b_9	0
a_8	0	b_8	384,5404788	a_8	-1120,06311	b_8	-117,9497371
a_7	-5173,14908	b_7	0	a_7	0	b_7	0
a_6	8462,562444	b_6	-44,7743098	a_6	2344,785123	b_6	379,4831631
a_5	-6310,02192	b_5	-84,72821876	a_5	-2830,95236	b_5	-408,0705204
a_4	2642,631694	b_4	61,40218105	a_4	1588,448588	b_4	172,8221711
a_3	-649,796821	b_3	-14,46223164	a_3	-486,584779	b_3	-33,96708343
a_2	93,29782772	b_2	1,374877946	a_2	82,62734603	b_2	2,98494329
a_1	-8,15737895	b_1	1,965969831	a_1	-7,9234575	b_1	1,89189038
a_0	1,008335175	b_0	0,00014769	a_0	0,997702599	b_0	0,00029339

$$Q_{д1} = Q \cdot q_{\max} \cdot \Pi \cdot 24 \cdot z \cdot K = 0,70 \cdot 10 \cdot 177,8 \cdot 24 \cdot 0,876 \cdot 0,486 = 12717 \text{ Гкал}, \quad (10)$$

де відповідні значення Π , z та K взято для середніх значень ТЗ-1 з табл. 1.

Вся кількість теплової енергії, виробленої в такій системі (тобто при $q = 1$ і $Q = 1$), становить:

$$Q_{д2} = 1,0 \cdot 10 \cdot 177,8 \cdot 24 \cdot 0,876 \cdot 0,486 = 18167 \text{ Гкал} \quad (11)$$

На основі отриманих даних щодо відношення тривалості стояння температур зовнішнього повітря в межах від $t_{p.o.}$ до $+8^\circ\text{C}$ до нормативної тривалості періоду опалення в різних регіонах (що описується величиною z), було орієнтовно оцінено внесок виробництва теплової енергії джерелами тепlopостачання протягом опалювального періоду при температурах, вищих за $+8^\circ\text{C}$, тобто при умові, що таке джерело не має погодозалежного регулювання і не припиняє тепlopостачання за таких температур. При цьому було прийнято, що джерело тепlopостачання при температурах зовнішнього повітря, вищих за $+8^\circ\text{C}$, працює з навантаженням, що відповідає температурі зовнішнього повітря $+8^\circ\text{C}$. Теоретичне перевищення необхідної кількості виробленої теплової енергії позначено в табл. 1 величиною k (%), що показує процент перевитрати теплової енергії по-

рівняно з варіантом, коли виробництво теплової енергії відбувається лише при температурах зовнішнього повітря в межах від $t_{p.o.}$ до $+8^\circ\text{C}$. Величина k є теоретичною оцінкою можливої економії теплової енергії при усуненні так званих «перетоїв» шляхом впровадження погодозалежного регулювання при виробництві теплової енергії. В середньому для першої та другої температурної зон ця величина становить, відповідно, 8,4% та 13 %. Для врахування таких випадків, кількість теплової енергії, знайдена за формулою (11) для значення $Q = 1$ має бути скоригована шляхом множення на величину $(1+k/100)$. При паралельній роботі двох джерел теплової енергії, одне з яких є базовим, а друге – піковим, теоретична «перевитрата» теплової енергії, що характеризується величиною k , додається до теплової енергії, виробленої базовим джерелом, оскільки саме на нього припадатимуть ті частини опалювального періоду, коли можливе перевищення температури зовнішнього повітря $+8^\circ\text{C}$.

Наприклад, для випадку, розглянутого вище – див. формули (10) та (11), загальна кількість теплової енергії, виробленої за опалювальний період, визначиться з виразу:

$$Q_{д} = Q \cdot q_{\max} \cdot \Pi \cdot 24 \cdot z \cdot K \cdot (1+k/100) = 1,0 \cdot 10 \cdot 177,8 \cdot 24 \cdot 0,876 \cdot 0,486 \cdot (1 + 8,4/100) = 19693 \text{ Гкал} \quad (12)$$

Різниця порівняно з результатом розрахунку за формулою (11) становить: $19693 - 18167 = 1526$ Гкал, що додаються до виробництва «базового» джерела ($12717 + 1526 = 14243$ Гкал).

Висновки

В результаті проведеного дослідження отримано дані щодо тривалості стояння температур зовнішнього повітря різних градацій протягом опалювальних періодів в різних регіонах України. Регіони України умовно поділено на дві основні температурні зони, для яких побудовано графіки Росандера, а також інтегральні криві, що відображають частку джерела теплової енергії у її виробництві протягом опалювального сезону, в залежності від його теплової потужності. Завдяки отриманим даним, можна більш точно прогнозувати ступінь використання встановленої теплової потужності та кількість теплової енергії, що виробляється кожним з джерел теплової енергії у випадку їх паралельної роботи для потреб теплопостачання в різних регіонах України. Це дозволить, зокрема, проводити більш точну техніко-економічну оцінку результатів впровадження тих чи інших джерел теплової енергії.

На основі аналізу кліматичних даних теоретично оцінено потенціал енергозбереження при впровадженні погодозалежного регулювання виробництва теплової

енергії для потреб опалення в різних регіонах, що в середньому становить, відповідно, 8,4% для першої температурної зони (північ, центр) та 13% для другої зони (південь).

Результати проведеного дослідження надалі можуть бути уточнені шляхом обробки кліматичних даних за більш тривалий період.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Козин В.Е и др.* Теплоснабжение. М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
2. *Соколов Е.Я.* Теплофикация и тепловые сети. М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
3. *Справочное пособие* к СНиП 2.01.01-82 «Строительные климатология и геофизика». НИИСФ Госстроя СССР.
4. *ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010* «Будівельна кліматологія». К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
5. *Режим доступу:* <http://rp5.ua>.
6. *КТМ 204 Україна 244-94* Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні.
7. *ДБН В.2.6-31:2006* Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зміна No1. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій».

DETERMINATION OF LOAD DURATION CURVE (ROSSANDER GRAPH) FOR THE REGIONS OF UKRAINE

Kramar V.G.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

<https://doi.org/10.31472/ihe.4.2018.06>

The purpose of this work is to determine the duration of the ambient air temperatures of different gradations during heating periods in different regions of Ukraine, based on the climatic data for 2005-2018 and the construction of load duration curves for the respective regions. The load duration curve (Rossander graph) is used to determine the number of maximum thermal load using hours, as well as in cases where the thermal load is provided by several sources – to determine their level of participation in the total annual heat energy production. It is important for a more accurate technical and economic evaluation of implementation results for some thermal energy sources. The climatic data of meteorological stations located in the regional centers of Ukraine and the capital of Autonomous Republic of Crimea, or as close as possible to them, were used for the study. The climatic data of heating periods from the autumn of 2005 to 2018 were considered. As the result of study, the duration of various degrees of ambient air temperature in the heating period was determined for all the regional centers of Ukraine. Taking into account the significant climatic differences in the regions of Ukraine, the results were analyzed separately for two groups of regions, for which, according to averaged data, load duration curves were determined. The examples of using of obtained results for calculations are given. On the basis of obtained data regarding duration of ambient temperatures higher than $+8^{\circ}\text{C}$ during the heating season, the energy saving potential of implementation of weather-dependent regulation of heat energy production for heating purposes in different regions was theoretically estimated, which is, on average, 8.4% for the first temperature zone (north, center) and 13% for the second zone (south).

References 7, table 2, figure 3.

Key words: Rossander graph, duration of thermal load, heating period, ambient air temperature, thermal energy production.

1. Kozin V.E et. al. Teplosnabzhenie [Heat supply]. M.: Vyssh. shkola, 1980. – 408 s. (in Rus).
2. Sokolov E.YA. Teplofikatsiya i teplovye sety [District Heating and heat supply networks]. M.: Izd-vo MEI, 2001.– 472 c. (in Rus).
3. Spravochnoe posobie k SNiP 2.01.01-82 «Stroitelnye klimatolohyya i heofizika» [Reference book to SNiP 2.01.01-82 "Construction Climatology and Geophysics"]. NIISF Hosstroya SSSR. (in Rus).
4. DSTU-N B V.1.1-27:2010 «Budivelna klimatolohiya» [State Standard of Ukraine "Construction Climatology"]. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2011. (in Ukr).
5. Mode of access: <http://rp5.ua>
6. KTM 204 Ukraina 244-94 Normy ta vkazivky po normuvannyu vytrat palyva ta teplovoyi enerhiyi na opalennya zhytlovykh ta hromadskykh sporud, a takozh na hospodarsko-pobutovi potreby v Ukrayini [Norms and guidelines for standardization of fuel and heat energy costs for the heating of residential and public buildings, as well as for household and domestic needs in Ukraine]. (in Ukr).
7. DBN V.2.6-31:2006 Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Teplova izolyatsiya budivel. Zmina No1 [State Building Codes "Constructions of buildings and structures. Thermal insulation of buildings". Change No. 1]. DP «Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut budivelnykh konstrukttsii». (in Ukr).

Отримано 03.07.2018

Received 03.07.2018