

УДК 628.89

## Прогнозування залежності температури внутрішнього повітря від зміни робочих характеристик системи водяного опалення

В. Петренко<sup>1</sup>, А. Петренко<sup>2</sup>, І. Голякова<sup>3</sup>, В. Петренко<sup>4</sup><sup>1</sup> к.т.н., доцент, провідний інженер Підрозділу навчання та технічної підтримки HERZ Україна, Київ, Україна, petrenko@meta.ua, ORCID: 0000-0002-4331-6844,<sup>2</sup> к.т.н., доцент. Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна, petrenko\_ao@pdaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0406-9852<sup>3</sup> к.т.н., доцент. Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна, holiakova.ira@pdaba.edu.ua, ORCID:0000-0001-7185-7202<sup>4</sup> здобувач. Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна, vichkapetrenko@gmail.com, ORCID:0000-0001-9217-2827

*Вивід залежності, яка дозволить прогнозувати встановлення температури внутрішнього повітря в приміщенні, яке опалюється внаслідок зміни експлуатаційних характеристик систем водяного опалення. В основу рішення задачі з визначення температури в приміщенні за рахунок зміни експлуатаційних характеристик системи водяного опалення покладено основні рівняння гідравліки та теплообміну такі, як: рівняння Дарсі-Вейсбаха з визначення гідравлічних втрат у мережі; рівняння нерозривності потоку; рівняння з визначення теплового потоку від теплоносія до стінок опалювального приладу; рівняння з визначення тепловіддачі опалювального приладу. Отримана залежність дозволяє прогнозувати встановлення температури внутрішнього повітря в приміщенні, яке опалюється внаслідок зміни експлуатаційних характеристик систем водяного опалення. Дана залежність дозволить на стадії проектування та в процесі експлуатації систем водяного опалення прогнозувати зміни температури внутрішнього повітря для прийняття мір з її стабілізації. Теоретично визначено прогнозовану температуру внутрішнього повітря на основі базових рівнянь гідравліки та теплообміну при змінних експлуатаційних характеристиках мережі системи водяного опалення. Отримані результати розрахунків прогнозування встановлення температури внутрішнього повітря в приміщенні показують, що внаслідок зміни експлуатаційних характеристик систем водяного опалення (зміни витрат теплоносія, гідравлічних характеристик трубопроводів) змінюються параметри внутрішнього мікроклімату. Такий підхід дозволить приймати рішення з підвищення надійності систем водяного опалення процесу забезпечення параметрів мікроклімату в приміщенні.*

*Ключові слова: прогнозована температура, гідравлічні втрати, тепловий потік, тепловтрати, водяне опалення.*

**Вступ.** Наукова проблема питання, яке розглядається в цій статті полягає в прогнозуванні встановлення параметрів мікроклімату в приміщенні внаслідок зміни експлуатаційних характеристик систем водяного опалення. В процесі монтажу, а потім експлуатації мереж систем водяного (повітряного) опалення їх експлуатаційні характеристики внаслідок морального старіння відрізняються від розрахункових. Причини, які впливають на зміну експлуатаційних характеристик було розглянуто авторами в статті [1, 2].

**Аналіз літературних джерел** [3 - 8] за темою статті показав, що параметри мікроклімату в приміщенні залежать від багатьох факторів серед яких приділяється не дуже багато уваги впливу змін експлуатаційних характеристик системи водяного опалення на температуру внутрішнього повітря. Виконаний аналіз літературних джерел дав змогу сформулювати проблему, що вирішується в статті, а також виділити ряд задач, що сформульовані нижче.

Слідуючи сформульованій проблемі визна-

чення прогнозування встановлення параметрів мікроклімату в приміщенні внаслідок зміни експлуатаційних характеристик систем водяного опалення, виділимо задачі, які необхідно вирішити в даній статті, а це є:

- сформулювати вихідні дані;
- вивести залежність, за якою визначатиметься прогнозоване встановлення параметрів мікроклімату в приміщенні внаслідок зміни експлуатаційних характеристик систем водяного опалення;
- визначити ступінь звуженості трубопроводу системи водяного опалення в результаті його заростання солями в експлуатаційний період;
  - визначити втрати тиску в трубопроводах, які мають заростання різними солями, або мулом,  $\Delta P$ ,  $Pa$ ;
  - визначити тепловіддачу опалювального приладу при знижених витратах теплоносія перед опалювальним приладом  $Q$ ,  $Wm$ ;
  - визначити прогнозовану температуру внутрішнього повітря в зимовий період року за умови зниження гідравлічних характеристик

мережі системи водяного опалення,  $t_{\text{прог}}^{\text{заростання}}, ^\circ\text{C}$ ;

- узагальнити вид аналітичної формули
- розрахувати, оцінити й проаналізувати результати розрахунків.

Вихідні дані. Для аналітичного визначення прогнозованої температури внутрішнього повітря на основі базових рівнянь гідравліки та теплообміну при змінних експлуатаційних характеристиках мережі системи водяного опалення виділимо наступні дані та обмеження:

- задаємося типом трубопроводу системи водяного опалення та його шорсткістю внутрішньої поверхні;

- витрати теплоносія та його швидкість на ділянці, яка розглядається, не змінюється в часі ( $G = const, v = const$ )

- процес теплопередачі опалювального приладу стаціонарний, температури повітря постійні в часі і по поверхні теплообміну ( $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$ );

- коефіцієнти тепловіддачі від теплоносія до стінки опалювального приладу  $\alpha_1, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ , від

стінки до повітря, яке нагрівається  $\alpha_2, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ , не міняються в часі і по поверхні теплообміну.

**Основна частина.** Задачу з визначення прогнозованої температури внутрішнього повітря на основі базових рівнянь гідравліки та теплообміну при змінних експлуатаційних характеристиках мережі системи водяного опалення виконуємо наступними етапами:

- визначаємо втрати тиску ділянкою системи водяного опалення за рахунок зміни гідравлічних характеристик трубопроводів;
- визначаємо зниження витрат теплоносія перед опалювальним приладом за рахунок зміни гідравлічних характеристик трубопроводів;
- визначаємо прогнозовану температуру в приміщенні за рахунок зміни експлуатаційних характеристик системи водяного опалення.

В основу рішення задачі з визначення температури в приміщенні за рахунок зміни експлуатаційних характеристик системи водяного опалення покладемо основні рівняння гідравліки та теплообміну такі, як:

- рівняння Дарсі-Вейсбаха [9, 10] з визначення гідравлічних втрат у мережі;
- втрати тиску в мережі визначаємо при турбулентному русі рідини в трубопроводах;
- рівняння нерозривності потоку;
- рівняння з визначення теплового потоку від

теплоносія до стінок опалювального приладу [11, 12];

- рівняння з визначення тепловіддачі опалювального приладу (основне рівняння теплопередачі) [11, 12].

Загальні втрати тиску на якій-небудь ділянці трубопроводу з незмінною витратою теплоносія виражається рівнянням (1) (формула Дарсі-Вейсбаха), тобто

$$P_{\text{дйл}} = \frac{\lambda}{d} \cdot l \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho + \sum \zeta \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \quad (1)$$

де:  $\lambda$  – безрозмірний коефіцієнт тертя;  $d$  – діаметр трубопроводу, м;  $l$  – довжина трубопроводу розрахункової ділянки, м;  $v$  – швидкість руху переміщуваного середовища (води, пари), м/с;  $\rho$  – щільність теплоносія, кг/м<sup>3</sup>;  $\zeta$  – безрозмірний коефіцієнт місцевого опору, визначений дослідним шляхом.

Рівняння нерозривності потоку для стаціонарного руху рідини, яка не стискається [9, 10] в загальному вигляді представляється так

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

З даного рівняння отримаємо формулу (3), за якою визначаємо швидкість руху теплоносія в трубопроводі:

$$v = \frac{G}{3600 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho}, \quad \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3)$$

де:  $G$  – масові витрати теплоносія,  $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$ ;  
 $d$  – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

$\rho$  – щільність теплоносія,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Для визначення теплового потоку від теплоносія до стінок опалювального приладу приймаємо наступну формулу [11, 12]

$$Q_{\text{т.н}} = 0,278 \cdot G \cdot c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) \quad (4)$$

де:  $G$  – масові витрати теплоносія,  $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$ ;

$c$  – теплоємність теплоносія,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;  $t_{\text{вх}}$  – температура теплоносія на вході в опалювальний

прилад,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{вих}}$  – температура теплоносія на виході з опалювального приладу,  $^\circ\text{C}$ .

Також скористаємося основним рівнянням теплопередачі для опалювального приладу [11, 12]

$$Q_{\text{о.н}} = k_{\text{о.н}} \cdot F_{\text{о.н}} \cdot (t_{\text{о.н}} - t_{\text{е}}), \quad \text{Вт} \quad (5)$$

де:  $k_{o.n}$  - коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$ ;  $F_{o.n}$  - тепловіддаюча поверхня опалювального приладу,  $м^2$ ;  $t_{o.n}$  - середня температура поверхні опалювального приладу,  $^\circ C$ ;

$$t_{o.n} = \frac{t_{ex} + t_{eux}}{2}, \text{ } ^\circ C;$$

$t_e$  - температура внутрішнього повітря,  $^\circ C$ .

Прирівняємо формули (4) і (5) та отримаємо формулу для визначення прогнозованої температури внутрішнього повітря за рахунок зміни експлуатаційних характеристик системи водяного опалення

$$\begin{aligned} Q_{m.n} &= Q_{o.n} \rightarrow \\ 0,278 \cdot G \cdot c \cdot (t_{ex} - t_{eux}) &= k_{o.n} \cdot F_{o.n} \cdot (t_{o.n} - t_e) \\ t_e &= t_{o.n} - \frac{0,278 \cdot G \cdot c \cdot (t_{ex} - t_{eux})}{k_{o.n} \cdot F_{o.n}}, \text{ } ^\circ C \end{aligned} \quad (6)$$

В отриманій формулі (6) невідомою величиною є витрати теплоносія через опалювальний прилад, яку отримуємо з формули (3)

$$G = 3600 \cdot v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho, \quad (7)$$

де невідомою величиною є швидкість руху теплоносія, яку отримуємо з формули (1) і виразимо формулою (8)

$$v = \sqrt{\frac{P}{\frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right)}} \quad (8)$$

Підставимо формулу (8) у формулу (7) і отримаємо формулу (9)

$$G = 3600 \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{P}{\frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right)}} \quad (9)$$

Температуру на виході з опалювального приладу знаходимо з формули (4)

$$t_{eux} = t_{ex} - \frac{3,6 \cdot Q_{np}}{c \cdot G} \quad (10)$$

Температуру на виході з опалювального приладу  $t_{eux}$ ,  $^\circ C$ , знаходимо з формули (4).

Тепловіддачу опалювального приладу визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} Q_{np.d} &= Q_{np.d(ном)} \cdot \left( \frac{t_{ex} + t_{eux} - t_e}{70} \right)^{n+1} \times \\ &\times \left( \frac{G_{np}}{0,1} \right)^p \cdot b \cdot \psi \cdot Z \end{aligned} \quad (11)$$

де  $Q_{np.d(ном)}$  - номінальний тепловий потік від опалювального приладу при стандартних умовах,  $Вт$ ;  $n$  та  $m$  - емпіричні показники ступеня відповідно при відносних температурному напір і витрат теплоносія; 70 - нормований температурний напір,  $^\circ C$ ; 0,1 - нормовані масові витрати теплоносія через опалювальний прилад,  $кг/с$ ;  $c$  - поправочний коефіцієнт, за допомогою якого враховується схема руху теплоносія на тепловий потік і коефіцієнт теплопередачі приладу при нормованому температурному напорі, витраті теплоносія і атмосферному тиску;  $b$  - безрозмірний поправочний коефіцієнт на розрахунковий атмосферний тиск;  $p$  - безрозмірний поправочний коефіцієнт, за допомогою якого враховується специфіка залежності теплового потоку і коефіцієнта теплопередачі опалювального приладу від його довжини при різних схемах руху теплоносія.

Для опрацювання отриманої формули (6) прийемо, як приклад, підключення опалювального приладу на кінцевій ділянці циркуляційного кільця (див. рис. 1).

За вихідні дані прийемо величини наведені в таблиці 1.

Безрозмірний коефіцієнт тертя,  $\lambda$ , визначаємо за формулою Альтшуля (12) при

$$\begin{aligned} R &> 560 \cdot \frac{d}{\Delta_e} \\ \lambda &= 0,11 \cdot \left( \frac{\Delta_e}{d} \right)^{0,25} \end{aligned} \quad (12)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2 та відображаємо на рисунку 2.

Загальні втрати тиску на ділянці трубопроводу визначаємо за формулою 1 та зводимо до таблиці 3 і відображаємо на рис. 3.

Витрати теплоносія на ділянці трубопроводу, що розглядається, визначаємо по формулі 9 та зводимо до таблиці 4 і відображаємо на графіку рис. 4.

Температуру на виході з опалювального приладу знаходимо з формули 10 та зводимо до таблиці 5 і відображаємо на графіку рис. 5.

Тепловіддача опалювального приладу в залежності від зміни температури внутрішнього повітря та з урахуванням зміни витрат теплоносія при відповідних значеннях шорсткості знаходимо з формули 11 та зводимо до таблиці 6, 7, 8, відображаємо графіками на рис. 6, 7, 8.

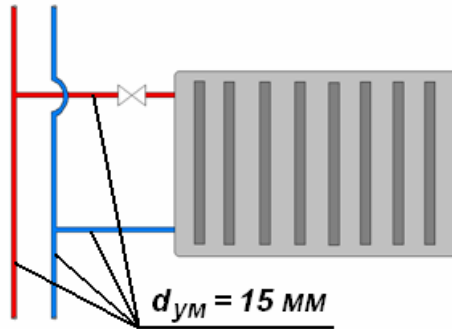


Рис. 1. Типовий вузол приєднання опалювального приладу до стояка двотрубної системи опалення

Таблиця 1

Вихідні дані до розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Діаметр сталюого трубопроводу	$d_y$	15 мм
Типова шорсткість сталюого трубопроводу	$\Delta_e$	від 0,02 мм до 4 мм
Довжина підводки	$l$	1,0 м
Опалювальний прилад	Korado VK-11	657 Вт
Щільність теплоносія	$\rho$	$970 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Середня температура теплоносія в опалювальному приладі	$t_{\text{сер}}$	82,5 °C
Швидкість теплоносія перед опалювальним приладом	$v$	від 0,1 $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ до 0,3 $\frac{\text{м}}{\text{с}}$

Таблиця 2

Результати розрахунків безрозмірного коефіцієнту тертя з урахуванням зміни шорсткості внутрішньої поверхні трубопроводу

Типова шорсткість, $\Delta_e$ , мм	Внутрішній діаметр трубопроводу, $d$ , мм	Безрозмірний коефіцієнт тертя, $\lambda$
0,02	0,01496	0,12
0,1	0,0148	0,18
0,5	0,014	0,27
1	0,013	0,33
2	0,011	0,40
3	0,009	0,47
4	0,007	0,54

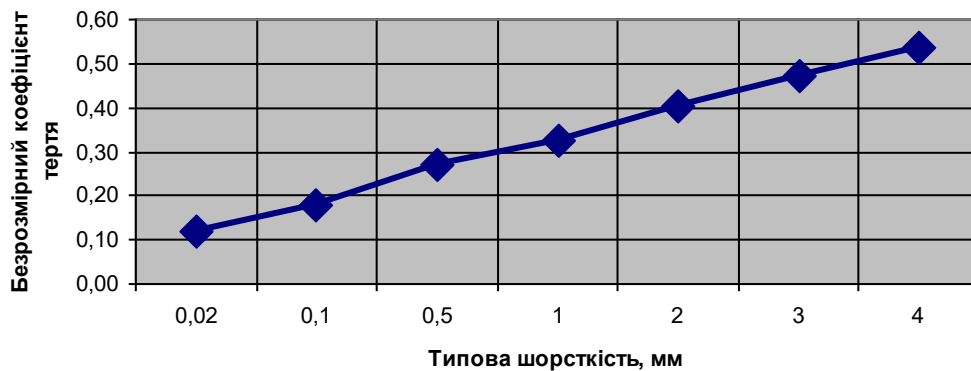


Рис. 2. Результати розрахунків безрозмірного коефіцієнту тертя в графічному вигляді

Таблиця 3

Загальні втрати тиску на ділянці трубопроводу, що розглядується, з незмінною витратою теплоносія та змінною шорсткістю внутрішньої поверхні трубопроводу

$\nu, \frac{M}{c}$	$\lambda$	$P, Pa$	$\nu, \frac{M}{c}$	$\lambda$	$P, Pa$	$\nu, \frac{M}{c}$	$\lambda$	$P, Pa$
0,025	0,12	26,8	0,05	0,12	107,2	0,1	0,12	428,9
	0,18	36,7		0,18	146,8		0,18	587,4
	0,27	54,3		0,27	217,1		0,27	868,3
	0,33	68,5		0,33	273,9		0,33	1095,8
	0,40	96,8		0,40	387,3		0,40	1549,2
	0,47	134,5		0,47	538,0		0,47	2152,0
	0,54	194,3		0,54	777,2		0,54	3108,7

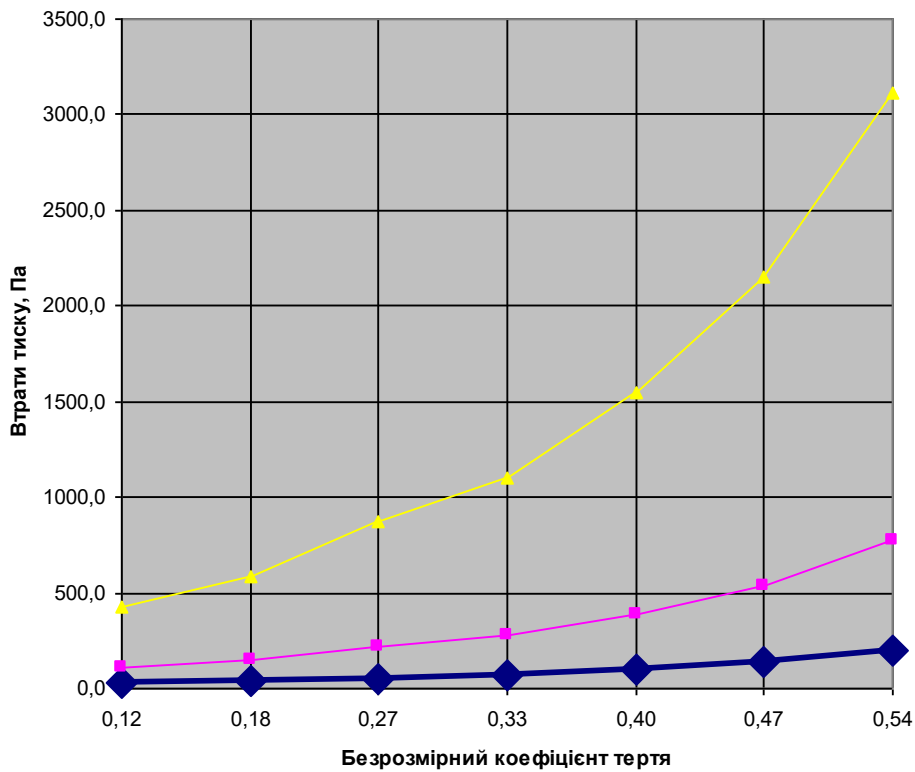


Рис. 3. Загальні втрати тиску на ділянці трубопроводу, що розглядується, з незмінною витратою теплоносія

Таблиця 4

Витрати теплоносія на ділянці трубопроводу, що розглядується, з незмінною швидкістю руху

$\nu, \frac{M}{c}$	$\lambda$	$G, \frac{kg}{год}$	$\nu, \frac{M}{c}$	$\lambda$	$G, \frac{kg}{год}$	$\nu, \frac{M}{c}$	$\lambda$	$G, \frac{kg}{год}$
0,025	0,12	22,6	0,05	0,12	45,2	0,1	0,12	90,4
	0,18	23,6		0,18	47,3		0,18	94,5
	0,27	22,6		0,27	45,2		0,27	90,4
	0,33	20,1		0,33	40,2		0,33	80,4
	0,40	15,0		0,40	29,9		0,40	59,8
	0,47	10,3		0,47	20,6		0,47	41,2
	0,54	6,4		0,54	12,7		0,54	25,5

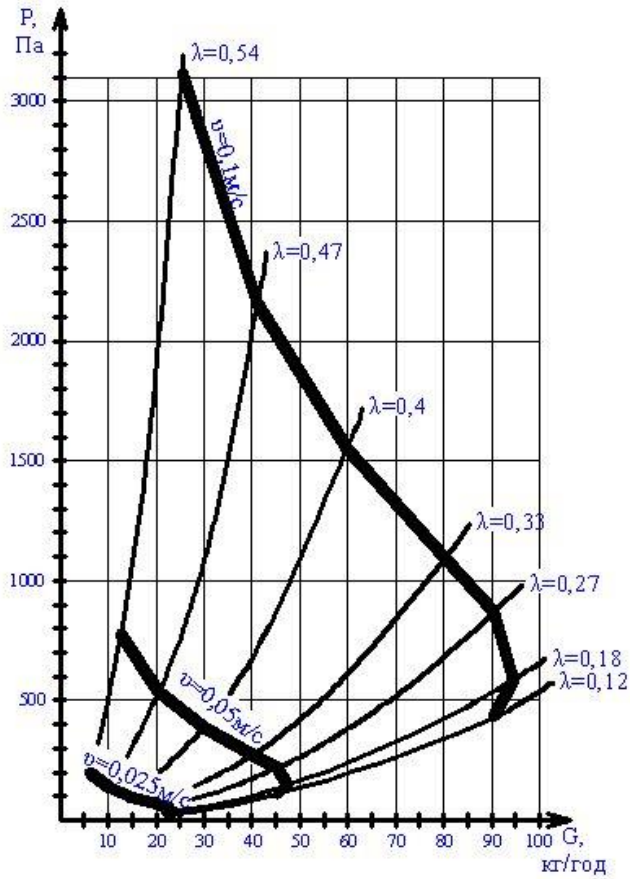


Рис. 4. Витрати теплоносія на ділянці трубопроводу, що розглядується, з незмінною швидкістю руху

Таблиця 5

Температуру на виході з опалювального приладу

$Q_{np}, Вт$	$t_{ex}, ^\circ C$	$v, \frac{м}{с}$	$G, \frac{кг}{год}$	$t_{вых}, ^\circ C$
1	2	3	4	5
657	95	0,025	22,6	70,0
			23,6	71,1
			22,6	70,0
			20,1	66,9
			15,0	57,2
			10,3	40,1
		0,05	6,4	6,3
			45,2	82,5
			47,3	83,0
			45,2	82,5
			40,2	80,9
			29,9	76,1
		0,1	20,6	67,5
			12,7	50,6
			90,4	88,7
			94,5	89,0
			90,4	88,7
			80,4	88,0
	59,8	85,6		
	41,2	81,3		
	25,5	72,8		

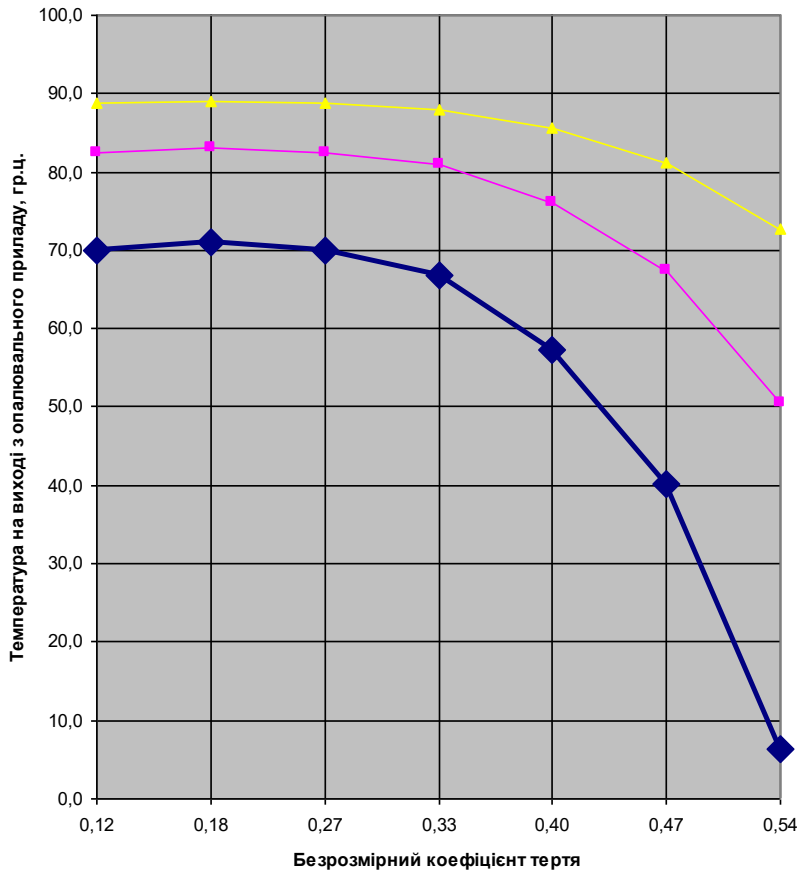


Рис. 5. Температура на виході з опалювального приладу

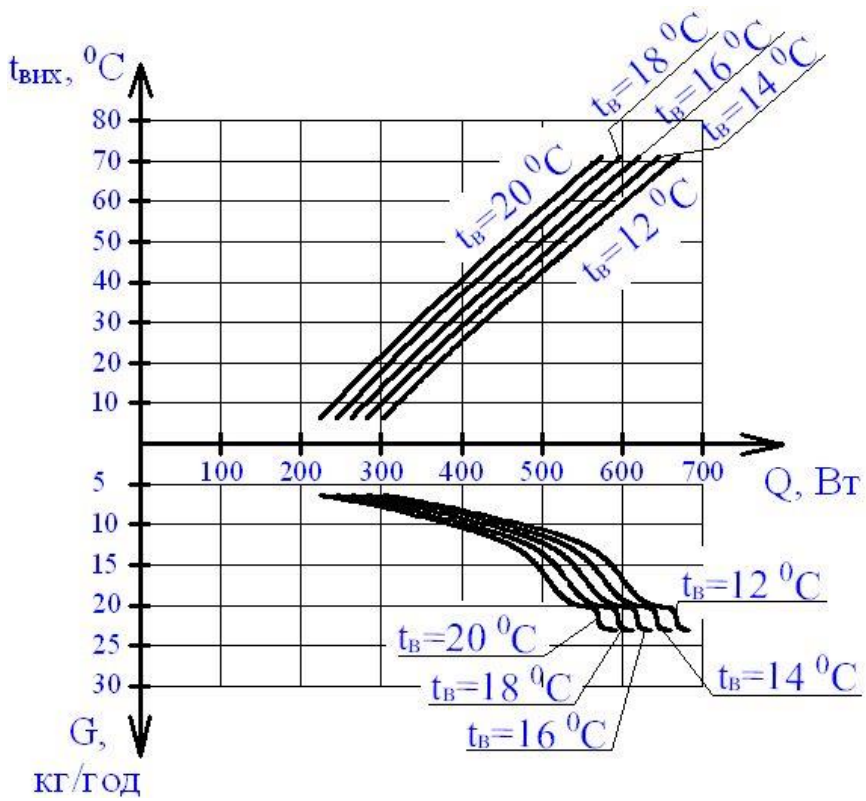


Рис. 6. Тепловіддача опалювального приладу в залежності від зміни температури внутрішнього повітря

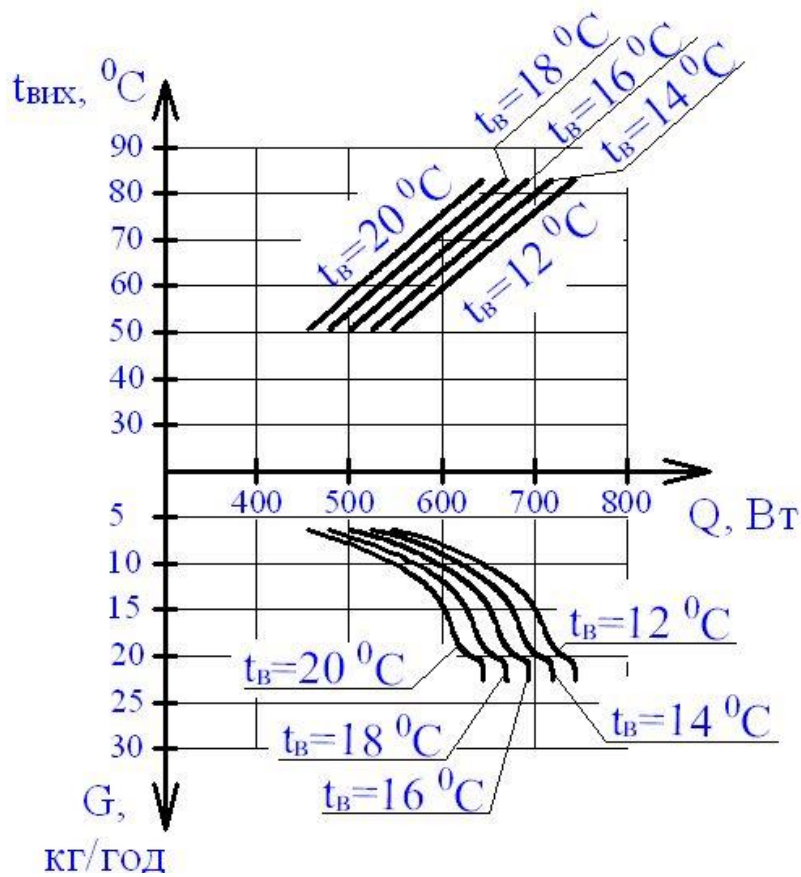


Рис. 7. Тепловіддача опалювального приладу в залежності від зміни температури внутрішнього повітря

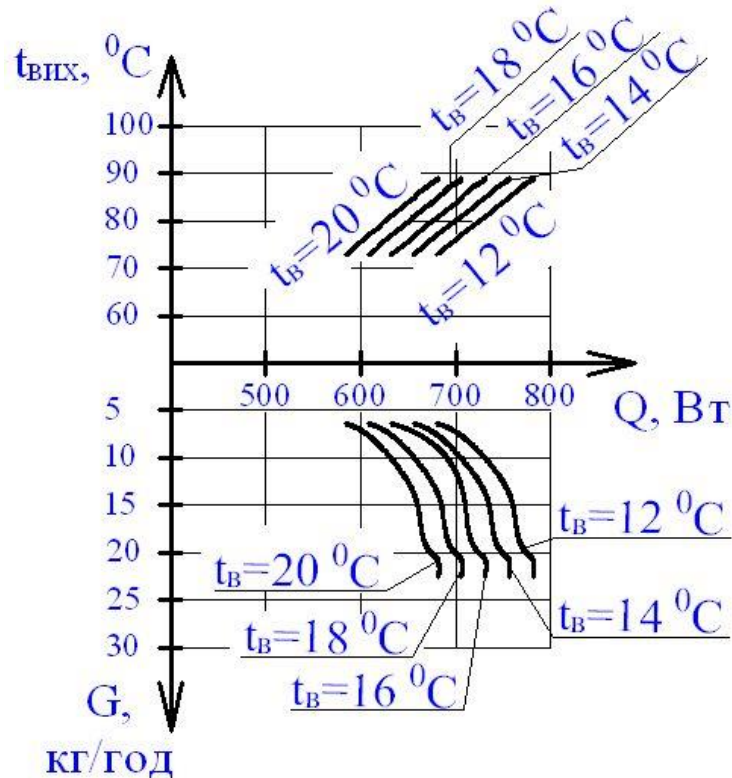


Рис. 8. Графік визначення температури внутрішнього повітря в залежності від витрат теплоносія, тепловіддачі опалювального приладу, температури теплоносія на виході з опалювального приладу



Таблиця 6

Тепловіддача опалювального приладу в залежності від зміни температури внутрішнього повітря

$Q_{np}, Bm$	657																				
$v, \frac{M}{c}$	0,025																				
$t_{в}, ^\circ C$	20							18							16						
$Q_{np,д}, Bm$	567	567	573	567	549	493	397	591	597	591	572	516	419	244	615	621	615	596	539	441	263

Продовження табл. 6

657																			
0,025																			
14										12									
639	645	639	620	562	464	283	663	670	663	644	586	486	303						

Таблиця 7

Тепловіддача опалювального приладу в залежності від зміни температури внутрішнього повітря

$Q_{np}, Bm$	657																				
$v, M/c$	0,05																				
$t_{в}, ^\circ C$	20							18							16						
$Q_{np,д}, Bm$	642	645	642	632	603	553	456	666	670	666	657	627	576	478	691	694	691	681	652	600	501

Продовження табл. 7

657																			
0,05																			
14										12									
716	719	716	706	676	624	524	741	744	741	731	701	648	547						

Таблиця 8

Тепловіддача опалювального приладу в залежності від зміни температури внутрішнього повітря

$Q_{np}, Bm$	657																				
$v, M/c$	0,1																				
$t_{в}, ^\circ C$	20							18							16						
$Q_{np,д}, Bm$	680	682	680	675	660	634	584	705	706	705	700	685	659	608	730	731	730	725	710	683	632

Продовження табл. 8

657																			
0,1																			
14										12									
755	756	755	750	735	708	656	780	782	780	775	760	733	680						

Тепловіддача опалювального приладу в залежності від зміни температури внутрішнього повітря

$Q_{np}, \text{Вт}$	657																				
$v, \text{м/с}$	0,1																				
$t_g, ^\circ\text{C}$	20						18						16								
$Q_{np,d}, \text{Вт}$	680	682	680	675	660	634	584	705	706	705	700	685	659	608	730	731	730	725	710	683	632

Продовження табл. 8

657																	
0,1																	
14									12								
755	756	755	750	735	708	656	780	782	780	775	760	733	680				

Дана методика дозволяє отримати графіки тепловиділення обігрівача в залежності від зміни температури повітря в приміщенні і при різних швидкостях руху витрати теплоносія в трубопроводах. Це важливо для енергозбереження [14 – 17].

**Висновки.** Ця стаття була присвячена теоретичному визначенню прогнозованої температури внутрішнього повітря на основі базових рівнянь гідравліки та теплообміну при змінних експлуатаційних характеристиках мережі сис-

теми водяного опалення. Отримані дані свідчать про те, що:

- дана методика дозволяє розрахунковим шляхом визначити зміни температури внутрішнього повітря за рахунок зміни експлуатаційних характеристик системи водяного опалення;
- неможливість уніфікації графічних залежностей для визначення зміни температури внутрішнього повітря за рахунок зміни експлуатаційних характеристик системи водяного опалення.

### Література

1. Viktor Petrenko, Konstantin Dikarev, Anatolii Petrenko, Irina Holiakova Impact of Changes of Performance Characteristics of Water Heating System on Indoor Air Temperature. Proceedings of EcoComfort 2022. - Lviv Polytechnic National University, 2022. - p.307-317. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6_31).
2. Фактори, які впливають на мікроклімат в приміщенні, що має дефекти огорожуючих конструкцій і систем ОВК / В.О. Петренко, А.О. Петренко, И.В. Голякова // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Безопасность жизнедеятельности. - 2016. - Вып. 93. - С. 286-291.
3. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений: Расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Пер. с венг. В.М. Беляева; под ред. В.И. Прохорова и А.Л. Наумова. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
4. Голякова И. В., Петренко В. О., Полищук С. З., Беликов А. С., Петренко А.О, Кушнир Е.Г. Микроклимат в помещениях с локальными тепловыделениями. Днепр – 2016. – 120 с.
5. Petrenko V., Dikarev K., Petrenko A., Papirnyk R. (2021) The Calculation of Indoor Air Forecast Temperature of a Space with the Replaceable Thermotechnical Characteristics of the Enclosure Structures While in Operation. In: Blikharskyi Z. (eds) Proceedings of EcoComfort 2020. EcoComfort 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 100. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_39).
6. Petrenko, V., Dykarev, K.: Evaluation of indoor temperature for various building envelopes damaged. In: Petrenko, V., Dykarev, K. (eds.) E3S Web of Conferences (2018), T. 32, pp. 01019. EDP Sciences (2018).
7. Petrenko, V., Dykarev, K., Skokova, A., & Kuzmenko, O. Estimation of indoor temperatures on condition that building envelope is damaged // REVISTA ROMANA DE INGINERIE CIVILA. – 2017. – №. 1. – С. 36-44.
8. Петренко В. О., Голякова И. В., Петренко А. О. Фактори, що впливають на зміну параметрів мікроклімату в результаті зміни експлуатаційних характеристик систем опалення / Сб. научн. Трудов: Строительство. Материаловедение. Машиностроение; Вып. 105. – Днепр: ГВУЗ ПГАСА, 2018. – с. 269-275.
9. Гидромеханика / В.А. Винников, Г.Г. Каркашадзе. - М.: Издательство Московского гос. горного ун-та, 2003. - 302 с.
10. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. - М.: Стройиздат. – 1987. – 329 с.
11. Тепломасообмін: підруч. для студ. теплотехн. спец. / В.Й. Лабай. - Л.: Тріада Плюс, 2004. - 260с.
12. Omelchenko, O.V., Tsvirkun, L.O.: Teplomasoobmin. Kryvyi Rih: DonNUET. 100-p. (2021).
13. Колесник, И.А., Петренко, В.О., Ветвицкий, И.Л., Ветвицкая, Д.А. Анализ влияния теплотехнических характеристик оконных блоков на состояние микроклимата помещений в отопительный период //

Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2016. – №. 92. – С. 67-73.

14. Myroniuk K, Voznyak O, Yurkevych Yu, and Gulay B. Technical and economic efficiency after the boiler room renewal. Springer, Proceedings of CEE 2020, Advances in Resource-saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering; 100, 311 – 318 (2020).

15. Savchenko O., Voznyak O., Myroniuk K. and Dovbush O. “Thermal renewal of industrial buildings gas supply system,” Proceedings of EcoComfort 2020, Lviv, Ukraine, September 16-18, 2020, Z. Blikharsky, Ed., Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 100, pp. 385–392 (2021).

16. Zhelykh V, Voznyak O, Yurkevych Yu, Sukholova I, and Dovbush O. Enhancing of energetic and economic efficiency of air distribution by swirled-compact air jets. Production Engineering Archives; 27(3), 171 – 175 (2021).

17. Voznyak O, Spodyniuk N, Yurkevych Yu, Sukholova I, and Dovbush O. Enhancing efficiency of air distribution by swirled-compact air jets in the mine using the heat utilizators. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu; 5 (179), 89–94 (2020).

## References

1. Viktor Petrenko, Konstantin Dikarev, Anatolii Petrenko, Irina Holiakova Impact of Changes of Performance Characteristics of Water Heating System on Indoor Air Temperature Proceedings of EcoComfort 2022. - Lviv Polytechnic National University, 2022. - p.307-317. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6_31) (Англійська).

2. Petrenko, V.O., Petrenko, A.O.: Faktory, yaki vplyvaiut na mikroklimat v prymyshchenni, shcho maie defekty ohorodzhuiuchykh konstruksii i system OVK. In: Petrenko, V.O., Petrenko, A.O. (eds.) Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie 2016, vyp. 93, pp. 286-291. Dn-sk, PGASA (2016) (Українська).

3. Banihid, L.: Teplovoj mikroklimat pomeshchenij. M.: Strojizdat (1981) (Російська).

4. I. Holiakova, V. Petrenko, S. Polischyk, A. Belikov, A. Petrenko & E Kyshnir. (2016). Microclimate in rooms with local heat releases. 120-с (Російська).

5. Petrenko V., Dikarev K., Petrenko A., Papirnyk R. (2021) The Calculation of Indoor Air Forecast Temperature of a Space with the Replaceable Thermotechnical Characteristics of the Enclosure Structures While in Operation. In: Blikharsky Z. (eds) Proceedings of EcoComfort 2020. EcoComfort 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 100. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_39) (Англійська).

6. Petrenko, V., Dykarev, K.: Evaluation of indoor temperature for various building envelopes damaged. In: Petrenko, V., Dykarev, K. (eds.) E3S Web of Conferences (2018), T. 32, pp. 01019. EDP Sciences (2018) (Англійська).

7. Petrenko, V., Dykarev, K., Skokova, A., & Kuzmenko, O. Estimation of indoor temperatures on condition that building envelope is damaged // REVISTA ROMANA DE INGINERIE CIVILA. – 2017. – №. 1. – С. 36-44 (Англійська).

8. VO Petrenko, IV Holiakova, AO Petrenko Factors influencing the change of microclimate parameters as a result of the change of operational characteristics of heating systems. – Dnipro, 2018 Construction, materials science, mechanical engineering. № 105, С. 269-275 (Українська).

9. Vinnikov, V.A., Karkashadze, G.G.: Gidromehanika. M.: Izdatelstvo Moskovskogo gos. gornogo un-ta. 302-p. (2003) (Російська).

10. Al'tshul', A.D.: Gidravlika i aerodinamika. M.: Stroyizdat. (1987) (Російська).

11. Labai, V.I.: Teplomasoobmin. L.: Triada Plus. Pidruch. dlia stud. teplotekhn. spets. 260-p. (2004) (Українська).

12. Omelchenko, O.V., Tsvirkun, L.O.: Teplomasoobmin. Kryvyi Rih: DonNUET. 100-p. (2021) (Російська).

13. Kolesnik, I.A., Petrenko, V.O., Vetskiy, I.L., Vetskiy, D.A. Analysis of the influence of the thermal characteristics of window blocks on the state of the microclimate of the premises during the heating period // Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. – 2016. – №. 92. – С. 67-73 (Російська).

14. Myroniuk K, Voznyak O, Yurkevych Yu, and Gulay B. Technical and economic efficiency after the boiler room renewal. Springer, Proceedings of CEE 2020, Advances in Resource-saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering; 100, 311 – 318 (2020) (Англійська).

15. Savchenko O., Voznyak O., Myroniuk K. and Dovbush O. “Thermal renewal of industrial buildings gas supply system,” Proceedings of EcoComfort 2020, Lviv, Ukraine, September 16-18, 2020, Z. Blikharsky, Ed., Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 100, pp. 385–392 (2021) (Англійська).

16. Zhelykh V, Voznyak O, Yurkevych Yu, Sukholova I, and Dovbush O. Enhancing of energetic and economic efficiency of air distribution by swirled-compact air jets. Production Engineering Archives; 27(3), 171 – 175 (2021) (Англійська).

17. Voznyak O, Spodyniuk N, Yurkevych Yu, Sukholova I, and Dovbush O. Enhancing efficiency of air distribution by swirled-compact air jets in the mine using the heat utilizators. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu; 5(179), 89–94 (2020) (Англійська).

UDK 628.89

## Prediction of the dependence of the indoor air temperature on the change in the working characteristics of the water heating system

V. Petrenko<sup>1</sup>, A. Petrenko<sup>2</sup>, I. Holiakova<sup>3</sup>, V. Petrenko<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph. D., Associate Professor, leading engineer of the Training and Technical Support Division HERZ Ukraine, Kyiv, Ukraine, petrenko@pdaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4331-6844,

<sup>2</sup> Ph. D., Associate Professor. Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine, petrenko\_ao@pdaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0406-9852

<sup>3</sup> Ph. D., Associate Professor. Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine, holiakova.ira@pdaba.edu.ua, ORCID:0000-0001-7185-7202

<sup>4</sup> student. Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine, vichkapetrenko@gmail.com, ORCID:0000-0001-9217-2827

*Abstract. This article was devoted to the theoretical determination of the predicted indoor air temperature based on the basic equations of hydraulics and heat exchange with variable operating characteristics of the water heating system network. Derive a relationship that will predict the indoor air temperature setting of the room that is being heated as a result of changes in the operating characteristics of the water heating systems. In basis the solution to the problem of determining the temperature in the room by changing the performance characteristics of the water heating system is based on the basic equations of hydraulics and heat transfer such as Darcy-Weisbach equation to determine the hydraulic losses in the network; flow continuity equation; equation to determine the heat flux from the coolant to the walls of the heater; equation for determining the heat transfer of the heater. The resulting dependence makes it possible to predict the setting of the indoor air temperature in the room heated as a result of changes in the operating characteristics of the water heating systems. This dependence will allow at the design stage and in the process of operation of water heating systems to predict changes in the indoor air temperature in order to take measures to stabilize it. The predicted indoor air temperature is theoretically determined based on basic equations of hydraulics and heat exchange with variable operational characteristics of the water heating system network. The obtained results of indoor air temperature prediction calculations show that the parameters of the indoor microclimate change due to changes in the operational characteristics of water heating systems (changes in coolant consumption, hydraulic characteristics of pipelines). This approach will allow you to make decisions to improve the reliability of water heating systems in the process of ensuring the parameters of the microclimate in the room.*

*Keywords: Forecast Temperature, Hydraulic Losses, Heat Flow, Heat Loss, Water Heating.*