

7. Aziz, A. K. *Mathematical Foundations of the Finite Element Method with Applications to Partial Differential Equations* [Text] / A. K. Aziz, I. M. Babuska. — New York: Academic Press, 1972. — P. 12–32.
8. Мухин, В. Н. Особенности экспертизы промышленной безопасности биметаллических сосудов и аппаратов [Текст] / В. Н. Мухин, Ю. Н. Самохин, А. В. Гришин // Химическая техника. — 2010. — № 5. — С. 20–24.
9. Киричевский, В. В. Нелинейные деформации термомеханики конструкций из слабосжимаемых эластомеров [Текст] / В. В. Киричевский, А. С. Сахаров. — К.: Будівельник, 1992. — С. 209–215.
10. Сахаров, А. С. Моментная схема конечных элементов (МСКЭ) с учетом жестких смещений [Текст] / А. С. Сахаров // Сопротивление материалов и теория сооружений. — К.: Будівельник, 1974. — Вып. 24. — С. 147–156.
11. Tiercan, M. Computing of Stress Intensity Factor using J-Integral Method with F.E.A [Text] / M. Tiercan, L. Baltes // Annals of DAAAM 2009, Proc of the 20th Int. DAAAM Symp, 2009. — P. 1105–1106.
12. Броек, Д. Основы механики разрушения [Текст]: пер. с англ. / Д. Броек. — М.: Высш. школа, 1980. — С. 365–368.
13. Герц, Е. В. Пневматические устройства и системы в машиностроении [Текст]: справочник / Е. В. Герц. — М.: Машиностроение, 1981. — С. 281–288.

#### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИН В БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В работе, на базе комплекса АПРОКС, путем интегрирования уравнений движения во времени, в зависимости от параметров трещинообразования, выполняется численное моделирование процесса распространения трещины в многослойных оболочечных конструкциях. Расчеты, на примере колонны ректификации, проводились при номинальном и испытательном режиме нагрузки. На основе полученных результатов были обнаружены нелинейные зависимости параметров распространения трещин.

**Ключевые слова:** АПРОКС, трещина, численное моделирование, многослойные оболочечные конструкции, колонна ректификации.

*Гондляр Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор, кафедра химического, полимерного та силікатного машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: avg\_ru@mail.ru.*

*Нікітін Роман Євгенович, кафедра химического, полимерного та силікатного машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: nromik@gmail.com.*

*Онопrienko Владислав Юрійович, кафедра химического, полимерного та силікатного машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: ixtofobius@mail.ru.*

*Гондляр Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор, кафедра химического, полимерного и силикатного машиностроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.*

*Никитин Роман Евгеньевич, кафедра химического, полимерного и силикатного машиностроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.*

*Онопrienko Владислав Юрьевич, кафедра химического, полимерного и силикатного машиностроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.*

*Gondlyakh Alexander, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: avg\_ru@mail.ru.*

*Nikitin Roman, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: nromik@gmail.com.*

*Onoprienko Vladyslav, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: ixtofobius@mail.ru.*

УДК 621:311

**Мартиняк М. А.,  
Мисак Й. С.**

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

*Актуальною задачею на сьогоднішній день є вибір оптимального джерела енергії для забезпечення ефективного її використання, а також дослідження та визначення ефективності використання теплової енергії в децентралізованих системах теплопостачання. В статті приведений аналіз роботи децентралізованої системи теплопостачання та метод розрахунку ефективності її роботи.*

**Ключові слова:** децентралізована система теплопостачання, джерело енергії, тепловий споживач, коефіцієнт корисної дії системи.

### 1. Вступ

Призначення систем теплопостачання полягає в забезпеченні тепловою енергією побутових та промислових об'єктів з відповідними параметрами енергоносія.

В децентралізованих системах теплопостачання система генерації теплової енергії та тепловий споживач

об'єднанні в один об'єкт або розміщені один від одного на незначній відстані.

Дослідження та визначення ефективності використання теплової енергії в децентралізованих системах теплопостачання є важливою задачею забезпечення ефективного використання енергії. Мінімізація витрати теплової енергії та визначення економічності роботи

децентрализованної системи теплопостачання об'єктів є важливою складовою загальної проблеми теплопостачання промислових та побутових об'єктів.

Враховуючи ці проблеми потрібно розробити метод визначення ефективності роботи системи та проводити її систематичний моніторинг.

## 2. Аналіз літературних даних

Основне призначення систем теплопостачання полягає в забезпеченні теплових споживачів енергією відповідних параметрів [1]. В залежності від розміщення джерела енергії по відношенню до теплових споживачів системи теплопостачання діляться на централізовані та децентралізовані. Децентралізовані системи теплопостачання відрізняються від централізованих тим, що джерело енергії та тепловий споживач об'єднані в один об'єкт або розміщені достатньо близько один до одного.

Аналіз роботи та метод визначення ефективності роботи централізованих систем теплопостачання розглянуто в [2].

Згідно [3, 4] системи децентралізованого теплопостачання можна поділити на індивідуальні та місцеві.

В індивідуальних системах теплопостачання кожний об'єкт забезпечується теплом індивідуально від окремого джерела енергії. До таких систем, як правило, можна віднести офісне (поквартирне) та покімнатне опалення. В місцевих системах теплопостачання забезпечення теплом об'єктів (побутових або промислових) відбувається від окремого джерела енергії, наприклад котельні. До них часто відносять системи центрального опалення будинків [3, 4].

З розвитком теплотехнічної інженерії вдосконалюється система децентралізованого теплопостачання.

Ряд наукових досліджень та інженерних розробок присвячений питанням підвищення економічної та екологічної ефективності генераторів теплоти систем теплопостачання [5–8].

Можна відмітити наступні тенденції та напрямки удосконалення устаткування: економічність, екологічна безпека, точність регулювання, раціональна технологія монтажу, зменшення габаритних розмірів та покращення дизайну, підвищення надійності та зручності для споживачів. Окрім того, сучасне технологічне устаткування відрізняється зменшенням об'ємів монтажних операцій у споживача за рахунок основного складання на заводі.

Так, на сьогоднішній день, паралельно з роботою потужних ТЕЦ і котельень на внутрішній ринок України пропонуються теплоагрегати різного призначення та потужності, які виробляються як підприємствами європейських фірм, так і спільними підприємствами, розташованими в Україні.

## 3. Постановка проблеми

На сьогоднішній день в системах децентралізованого теплопостачання актуальною задачею є вибір оптимального джерела енергії та ефективного використання тепла в тепловому споживачі.

Метою роботи була розробка методу визначення ефективності роботи децентралізованої системи теплопостачання.

До ефективності використання теплової енергії треба в першу чергу віднести економічність роботи кот-

лів (котельні), а для теплового споживача — раціональне використання теплової енергії.

Для систем децентралізованого теплопостачання, коли джерело енергії та тепловий споживач розглядається як один об'єкт втрати теплової енергії при генерації тепла дещо змінюються, що не враховується при визначенні ККД котлів і котельні [9–14].

Визначення ефективності роботи децентралізованої системи теплопостачання та розроблення методу розрахунку економічності її роботи наведено в даній статті.

## 4. Метод аналізу ефективності роботи децентралізованої системи теплопостачання

Розглянемо систему децентралізованого теплопостачання, яка складається із джерела генерації тепла (котел, котельня), трубопроводів подачі теплової енергії споживачу, та теплового споживача, рис. 1.

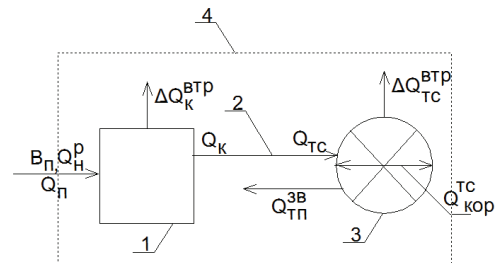


Рис. 1. Принципова схема децентралізованого теплопостачання: 1 — джерело генерації тепла (котел); 2 — трубопроводи подачі теплової енергії споживачу; 3 — тепловий споживач; 4 — об'єкт дослідження децентралізованого теплопостачання

Для аналізу роботи децентралізованого теплопостачання споживачу та розробки методу розглянемо теплопостачання індивідуального об'єкту (будинку) побутового або промислового значення, в якому котел (котельня) розміщені безпосередньо в об'єкті теплового споживача. При такій схемі теплопостачання кількість теплоти, яку генерує котел визначимо:

$$Q_{п} = Q_{к} + \Delta Q_{к}^{втр}, \quad (1)$$

де  $Q_{к}$  — корисне тепло, що генерує котел і подає в систему теплопостачання об'єкту;  $\Delta Q_{к}^{втр}$  — втрати тепла в котлі.

При роботі  $n$  котлів в котельні кількість теплової енергії за період роботи  $\tau$  визначимо:

$$Q_{1} = \sum_{i=1}^{i=n} \int_0^{\tau} Q_{i} d\tau. \quad (2)$$

Втрати тепла в котлі  $\Delta Q_{к}^{втр}$  визначимо як добуток втрат  $q_i$  тепла на кількість теплоти  $Q_{п}$ , що поступає в котел:

$$\Delta Q_{1}^{втр} = Q_{п} \sum_{i=2}^{i=6} q_i. \quad (3)$$

При роботі  $n$  котлів сумарні втрати теплової енергії в котельні визначимо:

$$\Delta Q_{к}^{втр} = \sum_{i=1}^{i=n} \left( Q_{п} \sum_{i=2}^{i=6} q_i \right), \quad (4)$$

де  $q_2$  — втрати тепла з відхідними газами;  $q_3$  — втрати тепла з хімічною неповнотою згорання;  $q_4$  — втрати тепла з механічним недопалом;  $q_5$  — втрати тепла в навколишнє середовище;  $q_6$  — втрати тепла з фізичним теплом жужелю.

Загальна кількість теплоти, що генерує котельня та її теплові втрати можна визначити як суму складових теплового балансу об'єкту за формулою [3]:

$$Q_{\text{п}} = \sum_{i=1}^{i=n} \int Q_i d\tau + \sum_{i=1}^{i=n} \int \Delta Q_i d\tau. \quad (5)$$

При цьому кількість теплоти, що корисно споживає тепловий споживач в централізованій системі теплопостачання можна визначити так [3]:

$$Q_{\text{кор}}^{\text{тс}} = Q_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{тс}}, \quad (6)$$

де  $\eta_{\text{к}}$ ,  $\eta_{\text{тр}}$ ,  $\eta_{\text{тс}}$  — відповідно коефіцієнти корисної дії котла (котельні), транспорту тепла та теплового споживача.

Для децентралізованої системи теплопостачання, коли об'єкт генерації тепла та тепловий споживач розглядається як один загальний децентралізований об'єкт теплопостачання та споживання тепла, визначимо основні складові втрат тепла та корисне тепло.

Для котлів в децентралізованих системах, як правило, використовується природний газ — первинне органічне паливо.

При спалюванні в котлах природного газу втрати тепла з  $q_3$ ,  $q_4$  та  $q_6$  приймаємо незмінними при цьому  $q_4$  та  $q_6$  відсутні, а  $q_3$  в залежності від організації топкового процесу повинні бути відсутні або суттєво малими, які визначають при налагодженні режиму роботи котлів.

Найбільш суттєвими втратами тепла є з  $q_2$ . Згідно [8, 10] їх можна визначити:

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_p^p} \cdot 100, \quad (7)$$

де  $Q_2$  — тепло відхідних газів на  $1 \text{ м}^3$  використаного природного газу, ккал/м<sup>3</sup>;  $Q_p^p$  — наявне тепло на  $1 \text{ м}^3$  природного газу, ккал/м<sup>3</sup>.

На основі експериментальних досліджень котлів різної продуктивності, що використовуються в децентралізованих системах теплопостачання встановлено, що  $q_2$  знаходиться в межах від 6 до 12 %.

При цьому в децентралізованих системах теплопостачання втрати тепла з  $q_2$  можуть дещо зменшуватися за рахунок віддачі частини тепла в огорожуючих поверхнях в димоході.

Для аналізу досліджень введемо безрозмірний коефіцієнт  $K_{q_2}$ , який визначається:

$$K_{q_2} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{I}} - Q_{\text{об}}^{\text{I}}}{Q_{\text{к}}^{\text{I}}} = 1 - \frac{Q_{\text{об}}^{\text{I}}}{Q_{\text{к}}^{\text{I}}} = \frac{\Delta Q_2}{Q_{\text{к}}^{\text{I}}}, \quad (8)$$

де  $Q_{\text{к}}^{\text{I}}$  — втрати тепла з відхідними газами за котлом;  $Q_{\text{об}}^{\text{I}}$  — втрати тепла з відхідними газами на виході із об'єкту теплового споживача;  $\Delta Q_2$  — корисно використане тепло з відхідними газами.

Коефіцієнт  $K_{q_2}$  характеризує частку використаного тепла з відхідними газами в системі теплового споживача.

Тоді втрати тепла з відхідними газами в об'єкті визначимо так:

$$q_2^{\text{об}} = q_2 \cdot K_{q_2}. \quad (9)$$

Зміна  $\eta_{\text{к}}^{\text{об}}$  при цьому знайдемо:

$$\Delta \eta_{q_2} = q_2 \cdot K_{q_2} = \Delta q_2^{\text{об}}, \quad (10)$$

де  $\Delta q_2^{\text{об}}$  — тепло корисно спожите в тепловому об'єкті за рахунок зменшення втрат тепла з відхідними газами.

Втрати тепла в навколишнє середовище  $q_5$  котлами можна визначити в залежності від величини теплового потоку за рівнянням [9]:

$$q_5 = \frac{q \cdot F_{\text{к}} \cdot 10^2}{B \cdot Q_{\text{п}}^{\text{п}}} = \frac{q \cdot F_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{к}}^{\text{бр}} \cdot 10^{-6}}{Q_{\text{к}}}, \quad (11)$$

де  $q$  — реальний тепловий потік, ккал/м<sup>2</sup>·год;  $F_{\text{к}}$  — площа зовнішньої поверхні котла, м<sup>2</sup>;  $B$  — витрата палива на котел, кг/год, м<sup>3</sup>/год;  $Q_{\text{п}}^{\text{п}}$  — нижча теплота згорання робочої маси палива, ккал/кг, ккал/м<sup>3</sup>;  $\eta_{\text{к}}^{\text{бр}}$  — ККД котла бруто, %;  $Q_{\text{к}}$  — теплопродуктивність котла, Гкал/год.

Експериментально встановлено, що для котлів номінальною теплопродуктивністю 0,086 до 50 Гкал/год втрати тепла з  $q_5$  знаходяться в межах від 0,1 до 0,5 % і залежать від конструктивних особливостей котлів. У кожному випадку  $q_5$  визначається індивідуально для кожного типу котла та умов його розміщення та експлуатації.

Для визначення частки корисно спожитого тепла введемо безрозмірний коефіцієнт  $K_{q_5}$ , який знайдемо за формулою:

$$K_{q_5} = \frac{Q_5 - Q_5^{\text{БТР}}}{Q_5} = 1 - \frac{Q_5^{\text{БТР}}}{Q_5} = \frac{\Delta Q_5}{Q_5}, \quad (12)$$

де  $Q_5$  — втрати тепла в навколишнє середовище котлом;  $Q_5^{\text{БТР}}$  — втрати тепла в навколишнє середовище в системі теплового споживача;  $\Delta Q_5$  — корисно спожите тепло втрат в навколишнє середовище.

Втрата тепла в навколишнє середовище в об'єкті децентралізованого теплопостачання визначимо:

$$q_5^{\text{об}} = q_5 \cdot K_{q_5}, \quad (13)$$

а зміну ККД об'єкту знайдемо:

$$\Delta \eta_{q_5} = q_5 \cdot K_{q_5} = \Delta q_5^{\text{об}}, \quad (14)$$

де  $\Delta q_5^{\text{об}}$  — тепло корисно спожите в тепловому об'єкті за рахунок зменшення втрат тепла в навколишнє середовище.

Тоді коефіцієнт корисної дії генеруючого об'єкту в системі децентралізованого теплопостачання визначимо:

$$\eta_{\text{к}}^{\text{об}} = \eta_{\text{к}} + \Delta q_2^{\text{об}} + \Delta q_5^{\text{об}}, \quad (15)$$

$$\text{або } \eta_{\text{к}}^{\text{об}} = \eta_{\text{к}} + \Delta \eta_{q_2} + \Delta \eta_{q_5}. \quad (16)$$

В табл. 1 наведені результатами експериментальних досліджень зміни ККД котла з поправками.

Як видно з табл. 1 при врахуванні поправок на зміну втрат теплоти з відхідними газами  $\Delta q_2^{\text{об}}$ , які є несуттєвими та зміни втрат тепла в навколишнє середовище  $\Delta q_5^{\text{об}}$ , ККД котла бруто  $\eta_{\text{к}}^{\text{об}}$  може змінюватися (збільшуватися) від 0,2 до 0,5 %.

Таблиця 1

Зведена таблиця експериментальних досліджень зміни ККД котлів та поправок в системі децентралізованого теплопостачання

Котли	Технічні дані	Теплова потужність, кВт	Витрата природного газу, м <sup>3</sup> /год	ККД, %	$\Delta q_2^{об}$	$\Delta q_5^{об}$	$\eta^{об}$	Маса, кг	Температура води, °С
<b>АННА-НОВА</b>									
24 ОК	27	2,9	90,5	0,15	0,20	90,85	33	85	
24 ЗК комфорт	25	2,68	97,2	0,10	0,15	97,45	33	85	
28 ЗК	31	3,33	91	0,15	0,25	91,40	43	85	
30 ЗК комфорт	31	3,33	97	0,1	0,15	97,25	47	85	
<b>Viessman</b>									
Vitopend 100WH1D	24	2,6	93	0,12	0,20	93,32	31	76	
Vitopend 100WH1B	30	3,53	90	0,15	0,25	90,40	31	76	
<b>TERM з бойл</b>									
28 LXZ	31	1,4–3,25	90	0,20	0,20	90,40	36	80	
20 LXZ	22,2	0,9–2,3	90	0,20	0,25	90,45	35	80	
12 TLXZ	20	1,15–2,1	90	0,20	0,25	90,45	35	80	
DUO50T	49	2,1–5,2	92	0,15	0,20	92,35	58	80	
Dacon DUA 24	24	1,1–2,4	93	0,15	0,20	93,35	47	40–80	
DUA 30	30	1,5–3,2	93	0,10	0,20	93,3	55	40–80	
<b>Protherm tiger</b>									
24 KTZ	23,7	—	91	0,15	0,25	91,40	70	85	
12 KTZ	11,5	—	91	0,15	0,25	91,40	70	85	
Prothermpantera 24 KTO	24,6	—	92,5	0,10	0,15	92,75	35,5	85	
Viessman-Vitogas 100	29	3,39	92	0,10	0,20	92,30	142	85	
<b>GENIO TECNIC</b>									
TS25B	31,6	3,3	91,9	0,15	0,20	92,25	210	80	
TS30B	34,6	3,7	91,3	0,15	0,25	91,70	210	80	
Protherm 24KLO	17	1,4–2,0	92	0,20	0,25	92,45	90	90	
30KLO	26	2,1–3,0	92	0,20	0,25	92,45	110	90	
40KLO	35	2,9–4,0	92	0,20	0,20	92,40	136	90	
50KLO	44,5	3,6–5,2	92	0,20	0,25	92,45	164	90	
BuderusLogano 124W5	20	2,3	90	0,25	0,3	90,55	127	80	
Данко-24 (Рівне)	24	2,8	92	0,25	0,20	92,45	102	90	
Рівнетерм-32	32	3,2	91	0,25	0,25	91,50	125	90	
Рівнетерм-48	48	5	91	0,20	0,20	91,40	170	90	
Богдан-40 (Біла Церква)	40	4,28	90	0,20	0,30	90,50	140	95	
Богдан-47 Еко	47	5,05	90	0,20	0,30	90,50	155	95	
Богдан-55	55	5,28	90	0,20	0,25	90,45	170	95	
УКРІНТЕРМ 20	20	2,39	89	0,25	0,30	89,55	100	85	
УКРІНТЕРМ 42	42	4,55	97	0,10	0,10	97,20	70	85	
ІВАС-18(Фастів)	18	2,1	90	0,20	0,25	90,45	42	85	
ІВАС-35	35	4,1	90	0,20	0,25	90,45	43	85	

5. Висновки

1. Децентралізоване теплопостачання в системах забезпечення тепловою енергією споживачів є важливою складовою загальної проблеми теплозабезпечення промислових та побутових об'єктів.

2. Розроблено метод визначення ефективності роботи децентралізованої системи теплопостачання. Показано, що при такій системі потрібно враховувати не лише ККД генеруючого об'єкту (котла, котельні), а й втрати теплової енергії, яка частково може використовуватися тепловим споживачем в залежності від його розміщення.

3. На основі розробленого методу розрахунку ефективності роботи децентралізованої системи теплопостачання експериментальним шляхом визначені зміни ККД котлів та генеруючого об'єкту з врахуванням корисного тепла відхідних газів  $\Delta q_2^{об}$  та корисного тепла в навколишнє середовище  $\Delta q_5^{об}$  для різних типів котлів та їх розташування.

Література

- Шидловський, А. К. Енергетичні ресурси та потоки [Текст] / за заг. ред. А. К. Шидловського. — Київ: Українські енциклопедичні знання, 2003. — 468 с.
- Мартиняк, М. А. Метод аналізу роботи системи централізованого теплопостачання та математична модель теплового режиму передачі тепла [Текст] / М. А. Мартиняк, Й. С. Мисак // Вісник інженерної академії України. — 2013. — № 3–4. — С. 297–299.
- Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст] / Е. Я. Соколов. — М.: Энергоиздат, 1982. — 360 с.
- Ионин, А. А. Теплоснабжение [Текст] / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая. — М.: Стройиздат, 1982. — 336 с.
- Смагін, Д. М. Досвід проектування автономних джерел і систем теплопостачання [Текст] / Д. М. Смагін, А. К. Зуєв // Нова тема. — 2007. — № 2. — С. 40–42.
- Song, Zhi-Ping. A theoretical study on decentralized space heating system [Electronic resource] / Zhi-Ping Song // Journal of Energy Resources Technology. — 2008. — Vol. 130, Issue 3. — P. 032401. — Available at: \www/URL: doi:10.1115/1.2955479
- Карп, К. Н. Децентрализованное теплоснабжение зданий и сооружений [Текст] / К. Н. Карп, Н. М. Мхітарян // Эко-технологии и ресурсосбережение. — 2000. — № 1. — С. 5–12.
- Юрочковский, Ю. А. Проектирование автономных джерел теплопостачання дахових котельнь [Текст] / Ю. А. Юрочковский // Нова тема. — 2008. — № 1. — С. 32–34.
- Воїнов, О. П. Перспективи оновлення котлів у малих системах теплопостачання [Текст] / О. П. Воїнов, С. О. Воїнов, М. М. Полунін // Енергетика та електрифікація. — 2013. — № 4. — С. 11–13.
- Маляренко, В. А. Енергетичні установки [Текст] / В. А. Маляренко. — Харків: САГА, 2008. — 320 с.
- Пеккер, Я. Л. Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива [Текст] / Я. Л. Пеккер. — М.: Энергетика, 1977. — 256 с.
- Трембовля, В. И. Теплотехнические испытания котельных установок [Текст] / В. И. Трембовля, Е. Д. Фингер, А. А. Авдеева. — М.: Энергия, 1977. — 297 с.
- Антонов, Е. А. Повышения надежности тепловых сетей [Текст] / Е. А. Антонов // Энергетические станции. — 1978. — № 1. — С. 36–39.
- ГКД 34.2.302-2002. Котли водогрійні продуктивністю до 58,1 МВт (50 Гкал/год). Методика визначення і норми втрат тепла в навколишнє середовище [Текст] / Л. В. Голишев, Й. С. Мисак, І. І. Марчак. — К.: Мінпаливенерго України, 2002. — 13 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Актуальною задачею на сьогоднішній день являється вибір оптимального джерела енергії для забезпечення ефективного

ее использования, а также исследования и определения эффективности использования тепловой энергии в децентрализованных системах теплоснабжения. В статье приведен анализ работы децентрализованной системы теплоснабжения и метод расчета эффективности ее работы.

**Ключевые слова:** децентрализованная система теплоснабжения, источник энергии, тепловой потребитель, коэффициент полезного действия системы.

*Мартиняк Марта Андріївна, аспірант, кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій, Інститут енергетики та систем керування, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: marta.martynyak@gmail.com.*

*Мисак Йосиф Степанович, доктор технічних наук, професор, кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій, Інститут енергетики та систем керування, Національний*

*університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: marta.martynyak@gmail.com.*

*Мартиняк Марта Андреевна, аспирант, кафедра теплотехники и тепловых электрических станций, Институт энергетики и систем управления, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.*

*Мисак Иосиф Степанович, доктор технических наук, профессор, кафедра теплотехники и тепловых электрических станций, Институт энергетики и систем управления, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.*

*Martynyak Marta, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: marta.martynyak@gmail.com.*

*Mysak Joseph, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: marta.martynyak@gmail.com.*

УДК 006+621.317.1+543.3+658.562

Міхалєва М. С.,  
Світлик І. В.

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДИФІКУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДИ

*Метою проведених досліджень є розроблення методів та способів використання окислювально-відновлювальних процесів та відповідних вимірювань для удосконалення технологічних процесів та контролю якості продукції.*

*Представлено аналіз результатів експериментів електричних вимірювань та отриманих залежностей складу та ступенів окислення складників модельних рідин та реальних об'єктів рідинної продукції і довілля від їх споживчих властивостей.*

**Ключові слова:** окислювально-відновлювальний потенціал, оцінювання якості природної питної води, технічні води.

### 1. Вступ

Водні суміші є найпоширенішими об'єктами для вимірювання та контролю характеристик в промисловості, медицині, сільському господарстві, та при екологічному моніторингу.

За результатами аналізу теми, літературного огляду нових наукових даних та результатів власних експериментальних досліджень зроблено припущення про можливість визначення нормованих характеристик води через вимірювання електричних параметрів.

Запропоновано нову характеристику якості води, харчових продуктів, та продукції інших галузей промисловості — окислювально-відновлювальний потенціал (ОВП), а також фізичні та хімічні методи регулювання і збереження цього показника. Пропонується метод електрохімічної активації, який вивчений у класичній аналітичній хімії, та використання його у галузі очищення стічних вод.

Тематика досліджень є актуальною, тому що вирішує завдання підвищення надійності контролю, сприяє економії матеріальних ресурсів та забезпечує мінімальний вплив на здоров'я людини.

Активна реакція водних систем знаходиться у взаємозв'язку з процесами окислення-відновлення, що включає

як можливу стадію переходу електронів від одної групи часточок до іншої. Процес перегрупування електронів за валентними станами часточок продовжується до тих пір, доки не встановлюється динамічна рівновага, що відповідає певному окислювально-відновлювальному потенціалу — Eh. Тому характеристику редокс-системи можна отримати на базі відношення молярних або іонних концентрацій окисної і закисної форм будь-якої речовини, що знаходиться у воді:

$$\frac{[Ox_1]}{[Red_1]} = \frac{[Ox_2]}{[Red_2]} = \frac{[Ox_i]}{[Red_i]} = \frac{[H^+]}{[H]} \quad (1)$$

Для встановлення зв'язку між Eh і pH використовують:

$$Eh = E_o + \frac{2,3RT}{nF} \lg \frac{[H^+]^2}{[H_2]} \quad (2)$$

Зміна pH обумовлена розрядом молекул води на електродах, а Eh — розрядом іонів, що присутні у воді або за рахунок продуктів розчинення анодів. Важлива особливість і практична цінність електрохімічних процесів при зміні Eh і pH — це можливість створити ці процеси як на межі розчин-електрод (катод і анод),