

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

У статті наводяться схеми матеріальних та енергетичних потоків, методика і результати розрахунку експлуатаційних витрат при реалізації технологій підготовки води для систем централізованого теплопостачання.

Постановка проблеми. Одним з факторів, що визначає питому витрату палива для систем централізованого теплопостачання є якість мережної води. Серед інших показників у складі мережної води нормується кількість солей жорсткості, наявність яких призводить до появи накипних відкладень, які збільшують питомі витрати палива, та кількість розчиненого у воді кисню та двоокису вуглецю, які провокують розвиток корозійних процесів в елементах систем централізованого теплопостачання (СЦТ) [1,2]. Для приведення якості теплоносія до нормованих показників в дійсний час використовуються декілька технологій [3, 4, 5]. Серед них корекційні, електрохімічні методи, мембранні технології та інші, але на практиці переважає традиційна технологія, що складається з термічної деаерації та пом'якшення методом іонного обміну. Інші методи недостатньо вивчені, надто дорогі чи мають технологічні обмеження [6]. Найбільш вивченими та придатними до практичного використання можна вважати методи корекційної обробки води або їх комбінації з пом'якшенням методом іонного обміну. Не дивлячись на це, методи корекційної обробки досі не знаходять широкого розповсюдження в теплопостачальних організаціях. Однією з причин повільності впровадження є їх недостатня економічна обґрунтованість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У спеціалізованій та технічних періодичних виданнях проблемі економічного аналізу систем підготовки води для СЦТ не приділяється достатньо уваги. У спеціалізованих монографіях автори лише торкаються цієї проблеми [3, 4, 7]. Переважна більшість робіт присвячена технічним аспектам проблеми. Напряму вона розглянута у роботі [8], але досить вузько, не охоплюючи весь спектр можливих комбінацій корекційних технологій.

Мета та задачі дослідження. Для об'єктивного аналізу економічної сторони порівнюваних технологій необхідно побудувати схеми потоків енергії та речовин, що саме і складають ту чи іншу технологію. При цьому кінцевий результат повинен досягатись однаковий або бути близьким до

одного. Метою статті є побудова та аналіз схем матеріальних та енергетичних потоків в різних технологіях підготовки води для СЦТ. Для досягнення кінцевої мети вирішуються задачі визначення величин капітальних витрат для реалізації технологій та оцінювання кількості та вартості енергії та матеріалів, необхідних для їх впровадження.

Основна частина. Для аналізу прийнято п'ять можливих технологічних схем підготовки води:

- традиційна схема з вакуумною деаерацією пом'якшеної води;
- дві комбіновані схеми, в яких пом'якшена вода дегазувалась додаванням чистих Na_2SO_3 та NaOH з попереднім підігріванням пом'якшеної води до температури $70\text{ }^\circ\text{C}$ з метою підвищення розчинності у воді сульфїту натрію та схема без підігрівання пом'якшеної води з використанням складного комплексного реагенту з додаванням каталізатору розчинності та стабілізаторів розчину для уникнення реакції між Na_2SO_3 та NaOH при їх змішуванні;
- повністю корекційна схема з пом'якшенням води антискалантом та хімічною дегазацією;
- технологічна схема з модифікацією сирі води поверхнево-активними речовинами (ПАР) для утворення захисної плівки на металевих поверхнях елементів СЦТ без зв'язування розчинених газів і пом'якшення сирі води.

На рис. 1 представлені всі технологічні схеми з позначенням потоків енергії та матеріалів, характерних для кожної схеми.

За *схемою а* сира вода проходить нагрівач, де для інтенсифікації процесу і зменшення витрати солі здійснюється її підігрів з 5 до $35\text{ }^\circ\text{C}$. Далі відбувається пом'якшення води у Na -катіонітовому фільтрі, після чого вода надходить у вакуумний деаератор, де за рахунок зниження тиску нижче атмосферного і підігріву до $70\text{ }^\circ\text{C}$, відбувається термічна деаерація. Витрата частини теплоти, що генерується котлами, на підігрів води визначається за формулою

$$Q_{\dot{o}}^i = G_{\dot{a}} \cdot \tilde{n} \cdot (t_2 - t_1) \eta + Q_{\dot{a}\dot{e}\dot{r}}, \quad (1)$$

де $G_{\dot{a}}$ - кількість води, яка надходить в деаератор, кг/год; c - теплоємність води, Дж/кг \cdot $^\circ\text{C}$; t_1, t_2 - температура теплоносія на вході та виході з підігрівача, $^\circ\text{C}$; η - коефіцієнт теплової ефективності підігрівача, %; $Q_{\dot{a}\dot{e}\dot{r}}$ - кількість теплоти, що втрачається з випаром, кДж.

Підігрів води супроводжується втратами теплоти у навколишнє середовище Q_m^s , а також з випаром у деаераторі $Q_{\text{вип}}$, які входять до загального балансу установки і необхідно компенсувати.

Генерування теплоти потребує витрат органічного палива, у даному випадку природного газу. Його витрата визначається з відомого рівняння

$$B_p = \frac{Q_m^n \cdot 100}{Q_p^n \cdot \eta_k} \quad (2)$$

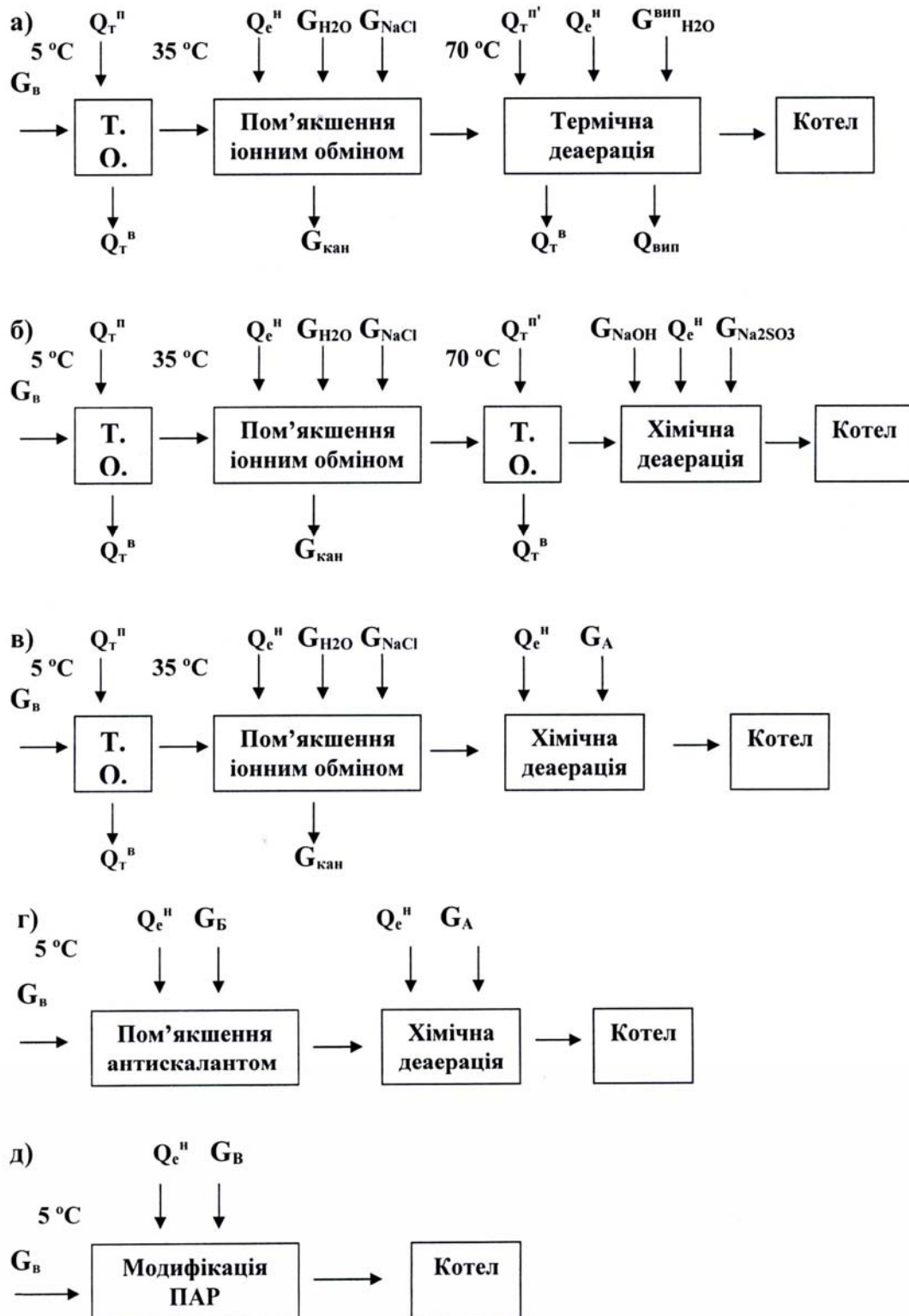


Рис.1 Технологічні схеми підготовки теплоносія

Позначення: $G_{п}$ - витрата підживлювальної води, м³/год, G_{H2O} - витрата свіжої води на потреби іонообмінного фільтру (ІФ), м³/год; Q_T^n - кількість теплоти на підігрів води, кДж; Q_T^B -кількість теплоти, що втрачається у навколишнє середовище, кДж; $Q_{вип}$ -

кількість теплоти, що втрачається у вигляді випару у деаераторі; Q_e^n -кількість електроенергії на привід насосу, кВт-год, G_{NaCl} -витрата NaCl на потребу ІФ, кг/год; $G_{кан}$ – витрата каналізаційних стоків, м³/год; $G_{вип}$ - витрата води з випаром у деаераторі, м³/год; $G_{A,B,V}$ - витрата деоксиданту, антискалтану, модифікатору, кг/год; Т.О. – нагрівач. де Q_δ^i - нижча теплота згорання природного газу, кДж/м³; η_e - нормативний коефіцієнт корисної дії котлоагрегату, %.

Ще одним потоком енергії у цій технології є витрата електроенергії на привід насоса робочої води для ежектора та на привід насосу підняття води з накопичувального баку до вакуумної колонки. Крім того, є насос подавання розчину солі з солерозчинника. Установка пом'якшення та деаераційна колонка обладнана електричними насосами, витрата електроенергії на привід яких розраховується за рівнянням, кВт-год

$$Q_e^n = N_\delta \cdot \eta_n \cdot n \quad (3)$$

де N_δ - потужність насосу, кВт; η - коефіцієнт корисної дії, %; n - кількість насосів.

Для класичної технології характерні наступні матеріальні потоки. Підготовка іонообмінного фільтру до роботи включає розпушення насадки шляхом пропускання води через неї, яка після фільтру зливається у каналізацію. Далі через насадку фільтрується розчин NaCl. Для регенерації фільтру він спочатку відмивається від акумульованої в ньому солі CaCl₂ потоком води, яка розчиняє CaCl₂ та виводиться з фільтру у каналізацію, а потім готується до роботи.

У схемі б пом'якшення води проводиться методом іонного обміну, а термічна вакуумна деаерація замінюється на хімічну дегазацію з використанням сульфїту натрію Na₂SO₃ та NaOH. Повне розчинення сульфїту натрію відбувається при температурі 70 °С, тому витрати природного газу на генерування теплоти та підігрів води залишаються.

При використанні комплексу Na₂SO₃ та NaOH зі стабілізаторами і каталізаторами з схеми підготовки теплоносія виключається другий підігрівач (схема в) і супутні теплові витрати на його підігрів зникають.

При корекційній підготовці за схемою г обладнання системи підготовки води складається з двох установок дозування реагентів з насосами-дозаторами, баками-запасу реагентів та витратомірів з імпульсними виходами по одному на кожну установку. У теплоносії вводиться певна кількість імпульсо-вприсків спочатку антискалтану Б для блокування накипоутворюючих солей жорсткості, а потім деоксиданту А. Витрати електричної енергії насосами-дозаторами визначаються за формулою (3). Теплова енергія у цій технології не використовується.

Інший підхід до ведення водно-хімічного режиму при використанні модифікаторів - ПАР реалізується за схемою д. При роботі станції дозування модифікатор ПАР надходить до теплоносія, утворюючи слабо концентрований розчин, внаслідок чого змінюються адсорбційні властивості теплоносія та теплообмінних поверхонь. Ця технологія найменш витратна за електроенергією і не потребує теплоти.

Розрахунок експлуатаційних витрат при веденні водного режиму був проведений за кожною з схем підготовки води за формулою

$$C_P = C_a + C_{np} + C_v + C_e + C_{ng} + C_m + C_p + C_{mc}, \quad (4)$$

де C_a – річні амортизаційні відрахування, тис. грн; C_{np} – річні витрати на поточний ремонт, тис.грн; C_v – річні витрати води, використаної на регенерацію фільтру та компенсацію випару, тис. грн.; C_e – річні витрати електричної енергії, тис.грн; C_{ng} – річні витрати природного газу на вироблення теплоти на підігрів води, тис.грн; C_m – річні витрати модифікатора, тис. грн; C_p – річні витрати робочих реагентів (антискаланти, деоксиданти), тис. грн; C_{mc} – річні витрати технічної солі, тис. грн.

Для порівняльного аналізу була вибрана опалювальна котельня з трьома котлами ТВГ-8 та одним КВГ-4,65 загальною теплопродуктивністю 32,3 МВт. Прийнято, що середньодобова витрата хімічещеної води для підживлювання теплової мережі складає 5,573 м³/год. Підживлювальна вода для розрахунку прийнята з такими показниками: загальна жорсткість - 6,2 мг-екв/дм³; рН - 8,0; вільна вуглекислота - 33,0 мг/дм³; розчинений кисень - 3,16 мг/дм³. Тривалість безперервної роботи котельні прийнято 4488 годин. Об'єм системи теплопостачання 2300 м³. Розрахунок витрат для *схеми а* був проведений за [8], для комбінованих *схем (б, в, г)* за [3].

Ціни на енергоносії, воду, матеріали та послуги прийняті станом на 01. 10.2014 р. у розмірі: водопостачання - 3,888 грн./м³, водовідведення - 3,576 грн/м³, газопостачання - 10,72 грн/м³, електропостачання - 1,23 грн./кВт·год, технічна сіль – 2,5 грн/кг, реагенти – 22 грн/кг, ПАР - 16 грн/кг, хімічне промивання котла (на прикладі ТВГ-8) – 20 000 грн.

У розрахунку не враховані побічні витрати внаслідок корозії, які залежать від технічного стану системи теплопостачання і складаються з витрат на ремонт теплогенеруючого обладнання та витрати на заміну трубопроводів, в тому числі труб та монтажні роботи. Результати розрахунку зведені у таблицю 1.

Таблиця 1

Річні експлуатаційні витрати по варіантах

	Показники	Тип ВХР, тис. грн./рік			
		а	б	в	д
1.	Капітальні витрати	51,85	55,4	15,0	12,5
2.	Витрати природного газу	2813,55	917,0	-	-
3.	Витрати на воду	3,03	2,64	-	-
4.	Витрати на електричну енергію	48,66	0,17	0,17	0,09
5.	Витрати на сіль	6,01	6,01	-	-
6.	Витрати на робочі реагенти (антискаланти, деоксиданти)	-	38,51	175,75	-

7.	Витрати на модифікатор	-	-	-	168,4
8.	Витрати на каналізацію	2,51	2,19	-	-
9.	Витрати на хімічні реагенти для аналізів	9,7	9,7	9,7	0,97
10.	Витрати на амортизацію	1,24	1,33	0,36	0,3
11.	Витрати на поточний ремонт	0,25	0,27	0,072	0,06
12.	Витрати на заробітну плату	26,4	26,4	19,8	13,2
13.	Річні витрати експлуатаційні	2911,35	1004,22	205,85	183,02
14.	Приведені витрати	2915,5	1008,65	207,05	184,02
15.	Питомі річні експлуатаційні витрати, тис. грн/м ³	0,1164	0,0401	0,0082	0,0073

Висновки. Результати розрахунків за наведеною методикою вказують на необхідність впровадження нових методів підготовки води для СЦТ. Традиційна технологія споживає досить велику кількість теплоти, а для її генерування і палива, що складає більшу частину її вартості. Навіть перехід до комбінованої технології з відмовою від традиційної термічної деаерації призводить до зменшення вартості технології майже в три рази. По всіх показниках найбільше перспективною виглядає технологія підготовки води модифікуванням її ПАР.

Одним з факторів, що стримують впровадження новітніх методів підготовки води для СЦТ є відсутність нормативних документів, які б регламентували їх проведення. Для скорішого поширення нових технологій необхідно приймати нормативні документи з рекомендаціями по організації подібних технологій.

Література

1. Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа, водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115°C : ДНАОП 0.00-1.26-96.
2. Белоконова, А.Ф. Водно-химические режимы тепловых электростанций / А. Ф. Белоконова. – М.: Энергоатомиздат, 1985. — 248 с.
3. Кострыкин, Ю.М. Водоподготовительный и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления / Ю. М. Кострыкин, Н. А. Мещерский—М. : Энергоатомиздат, 1990. — 254 с. — ISBN 5-283-00083-4.
4. Балабан-Ирменин, Ю.В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских, А. М. Рубашов — М. : Энергоатомиздат, 1999. — 248 с. — ISBN 5-283-00285-3.
5. Гламаздин, П.М. Современные методы борьбы с накипеобразованием в системах теплоснабжения / П. М. Гламаздин, К. А.

Цыкал // Житлово-комунальне господарство України. – 2011. - №3 – С. 46-47.

6. Улиг, Г.Г. Коррозия и борьба с ней / Г. Г. Улиг, Р. У. Ревин.— Л. : Химия, 1989. — 456 с. — ISBN 5-7245-0355-7.

7. Петраш, Р.І. Економічні аспекти заміни вакуумної деаерації мережної води на хімічну дегазацією / Р. І. Петраш, П. М. Гламаздин. //Житлово-комунальне господарство України. – 2014. - №3 – С. 46-47.

8. Лифшиц, О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок / О. В. Лифшиц — Изд. 2-е, перераб и доп. — М. : Энергия, 1976. — 288 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

П. М. Гламаздин, К. А. Цыкал, М.В. Микитась

В статье приведены схемы материальных и энергетических потоков, методика, а также результаты расчета эксплуатационных затрат при реализации технологий подготовки воды для систем централизованного теплоснабжения.

COMPARATIVE ANALYSIS TECHNOLOGY COST WATER TREATMENT FOR DISTRICT HEATING

P. Glamazdin, K. Tsykal, M. Mykitas

The article presents the scheme of material and energy flows, methods and results of the calculation of operating costs in implementing technology water treatment systems for district heating.