

УДК 697.4:553.2.

**Гламаздін Павло Михайлович**

*Доцент кафедри теплотехніки, дійсний член Академії будівництва України  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

**Габа Крістіна Олексіївна**

*Асистент кафедри теплотехніки  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

**Давиденко Євгеній Павлович**

*Аспірант кафедри теплотехніки  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

**Вітковський Володимир Станіславович**

*НВО «Нафтохімекологія», Київ*

## **«ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»**

***Анотація.** Розглянуто перспективи використання поверхнево-активних речовин в технології підготовки води. Метод очистки теплообмінних поверхонь від накипних відкладень і продуктів корозії при використанні поверхнево-активних речовин. Приведені висновки використання ПАР для промивання котлів.*

***Ключові слова:** накипні відкладення; ПАР; модифікації води; приготування води; корозія*

### **Постановка проблеми**

Не дивлячись на постійне зменшення обсягу централізованого теплопостачання в малих містах України на сьогоднішній день воно є основним постачальником теплоти для комунально-побутових споживачів і відтак одним з основних джерел втрат теплоти. Великі втрати теплоти, які є понаднормованими відносно офіційно рекомендованих [1], пояснюються як об'єктивними причинами - великим зносом обладнання систем централізованого теплопостачання, який сягає 80-85% [2], так і складними в експлуатації та достатньо дорогими методами підготовки води для СЦТ [3]. Нехтування або невміння правильно користуватися цими методами призводить до прискореної корозії сталевих елементів СЦТ та появи відкладень на поверхнях нагріву в котлах та теплообмінниках та трубопроводах теплових мереж.

Прискорена корозія призводить до аварійних пошкоджень, через які виникають витрати теплоносія, аварійні зупинки теплопостачання та позапланові витрати на ремонт. Швидке накопичення відкладень призводить до збільшення шорсткості поверхонь та звуження прохідних перерізів труб, що, в свою чергу, тягне за собою порушення гідравлічних режимів систем

теплопостачання та погіршення їх теплотехнічних показників і зрештою до підвищення питомих витрат палива та електроенергії [4]. При цьому корозія металів та зростання відкладень пов'язані між собою. Згідно [5] наявність відкладень на стінках елементів в СЦТ сприяє прискореному розвитку «виразкової» корозії. З іншого боку рихла структура оксидів заліза, що є продуктами корозії сталі, сприяє прискоренню зростання відкладень, бо є центрами накопуютворення. Солі жорсткості, відкладаючись у порах продуктів корозії, «цементують» їх і відкладення стають більш щільними і міцними.

### **Аналіз основних досліджень та публікацій**

Традиційно методи приготування води для СЦТ поділяються на два напрямки:

- методи видалення з води агресивних газів, а саме кисню та двоокису вуглецю;
- методи видалення з води «солей жорсткості», які створюють накипи та є основою для комплексних відкладень.

Видалення агресивних газів до останнього часу майже повністю здійснювалося термічним методом - чи то атмосферною деаерацією чи то вакуумною. Це енерговитратні процеси і до того вимагають

суворого дотримання технологічної дисципліни, тому їх часто виключають з експлуатації, особливо в групових та квартальних котельнях. Останнім часом почала поширюватись технологія хімічної деарачії підживлюваної води, за якою розчинений кисень зв'язується сульфідом натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), а двоокис вуглецю – лугом ( $\text{NaOH}$ ). Ця технологія вимагає значно менших витрат енергії та дешевше приготування підживлювальної води [6].

Розробляється також технологія комплексної модифікації води з одночасним зв'язуванням агресивних газів та «солей жорсткості» [7].

### Формулювання мети статті

Одним з найпоширеніших методів захисту теплоенергетичного обладнання від корозії та накипоутворення у теперішній час є модифікація води комплексонами, в першу чергу для "великої" енергетики [8]. Для цього використовують, зазвичай, похідні етилендіамінтетраоцтової кислоти, частіше за все динатрову сіль (трилон Б), які використовуються як для запобігання корозії обладнання та накипоутворенню, так і для очистки обладнання "на ходу" та перед пуском [9]. На жаль, для впровадження трилонного водно-хімічного режиму для об'єктів "малої" енергетики є досить значні перешкоди, основна з яких – потреба великої концентрації трилону Б для надійного захисту від накипоутворення, в результаті чого цей процес стає не вигідним з економічної точки зору через досить високу ціну реагенту [10].

В кінці 20-го та на початку 21-го сторіччя було синтезована велика кількість сполук, які знайшли застосування для захисту теплоенергетичного обладнання об'єктів "малої" енергетики, у тому числі комплексонів, зокрема, фосфонатів, що показали ряд переваг перед іншими комплексонами для вищезначених цілей. На відміну від трилону Б вони мають інший механізм дії при запобіганні накипоутворенню, а саме – інгібують процес накипоутворення на стадії виникнення зародку кристалу [11], тому працюють у субстехіометричних відношеннях, тобто їх робочі концентрації становлять 1-5 мг/дм<sup>3</sup>, що робить їх застосування економічно вигідним. Такі сполуки працюють навіть на "сирій" воді, що робить непотрібною стадію пом'якшення води, в наслідок чого різко зменшується використання кухонної солі, тим самим зменшуючи кількість стічної води, що у свою чергу благотивно впливає на довкілля.

Технології з використанням комплексонатів на основі органічних фосфонатів у теперішній час стали достатньо відпрацьовані у водопідготовці котельень малої та середньої потужності [12],

виробництво відповідних реагентів досить поширене, у тому числі і на Україні, наприклад, ТОВ "Технохімреагент" м. Запоріжжя. Але застосування цих реагентів навіть для об'єктів систем теплопостачання обмежується, по-перше, лужністю середовища: при рН більше 8.5 комплексонати лужноземельних металів, які частіше за інші сполуки застосовуються для захисту від корозії систем теплопостачання, наприклад, комплексонати цинку розпадаються до гідроксиду цинку та перестають виконувати свої функції по захисту від корозії; а по-друге, використання комплексонів на основі фосфонатів обмежене концентрацією іонів-накипоутворювачів, в основному,  $\text{Ca}^{2+}$  10 мг-екв./дм<sup>3</sup> [13]; по-третє відсутність в Україні нормативної документації, що регламентує використання методів стабілізаційної обробки води у системах теплопостачання [14]. Як результат, інженерно-технічний персонал не підготовлений до впровадження технологій реагентної обробки води. Таким чином комплексонатна обробка води потребує низки організаційно-технічних заходів для впровадження у теплоенергетичному комплексі, зокрема у системах теплопостачання, хоча окупність таких технологій досить висока, є дані, що капітальні витрати окупаються протягом опалювального сезону, або й за декілька місяців [6].

### Основна частина

Принципово використання хімічних методів модифікації води для систем СЦТ дає позитивний ефект. Наполеглива робота на протязі декількох років підприємства «Житомиртеплокомуненерго» по впровадженню хімічної модифікації води призвела до зменшення витрат на підживлення більше, ніж в 3 рази, витрати солі для регенерації натрій-катіонітних фільтрів у 5 разів і зменшенню вартості теплоти що генерується в системі на 5 відсотків [2]. Означені хімічні методи впроваджувались послідовно на протязі декількох років і при очевидних позитивних якостях, вони мають і недоліки. Сульфід натрію з помітною швидкістю реагує з розчиненим у воді кіснем температурі вище за 70<sup>0</sup>С, що вимагає або відповідних схемних рішень у водопідготовці, наприклад, підігріву підживлювальної води, або використання спеціальних каталізаторів [15], що ускладнює технологію. Постійні зміни складу живильної води, які носять як характер постійних трендів, що залежать від пори року, так і від випадкових метеорологічних факторів (довгі дощові періоди або засушливе літо) вимагають безперервного слідкування за її складом та

відповідного регулювання дозуючих станцій, а це складна задача. Досвід авторів з впровадження хімічної модифікації води на підживлення у великих системах з об'ємом води 5000 м<sup>3</sup> і більше показав, що такі системи мають велику інерційність, яку поки що важко враховувати при спробах автоматизувати процес.

Відомі інші методи запобігання корозії та накипоутворенню, пов'язані з модифікуванням поверхонь елементів в СЦТ, що контактують із водою. Можливе використання легованих сталей для виготовлення елементів теплообмінників та котлів. Це дає змогу позбутися корозії, але ціна елементів СЦТ значно зростає. Не дивлячись на збільшення вартості обладнання такі приклади є. Це попередньо ізольовані труби для теплових мереж фірм «Casaflex», чи конденсаційні водогрійні котли фірм «Riello» та «Viessmann». Або водогрійні секційні котли з алюмінієвих сплавів фірми «De Dietrich» та «Bosch-Buderus». Можливо також використання пластмас для виготовлення труб для теплових мереж, але тільки для температур теплоносія не більше 95<sup>o</sup>C. Відомі конструкції повітропідігрівачів котлів зі скляної труби [16], або з пластика [17]. Всі ці технології поки що достатньо дорогі і широкого впровадження не знаходять.

Можливі і менш радикальні засоби захисту від корозії, пов'язані зі створенням захисного покриття поверхонь елементів СЦТ. Можливе напилення на поверхні нелегваної сталі інших металів, що не кородують у водному середовищі, наприклад, легової сталі або кольорових металів. Для труб великого діаметру можливе застосування плакованої сталі, з верхнім шаром із легової сталі, а основне тіло труби - з чорної сталі. Але це теж дорогі технології. Пропонуються і методи створення захисних плівок з силікатних солей [18] або з магнію [19]. Але ці плівки не міцні, їх руйнує абразивне зношення, в теплоносії необхідно постійно додавати захисну речовину, тому розповсюдження вони не знайшли.

Однак, привабливість цих методів, що полягає в їх комплексній захисній дії і проти корозії і проти накипоутворення, обумовлює подальші пошуки в цьому напрямку. Одним з методів створення захисного бар'єру від впливу корозії та накипоутворення на поверхнях елементів СЦТ є створення плівки з поверхнево-активних речовин. Поверхнево-активні речовини входять у склад комплексу хімікатів, що застосовуються для модифікації живильної води. Їх додавання переслідує декілька цілей. Додавання ПАР у розчини фосфатів та фосфонатів повинно стабілізувати у воді продукти їх взаємодії з солями

твердості - суспензії. Також вони повинні запобігати прискореній появі повторних відкладень після відмивання. Але використання ПАР для реалізації означених цілей носить допоміжний характер. Відомі властивості ПАР заставляють нас шукати серед їх великої номенклатури [20] такі, що дозволять одночасно проводити відмивання старих відкладень і утворювати захисну плівку, яка б запобігала корозії та накипоутворенню. Кафедра теплотехніки декілька років проводить дослідження однієї з поверхнево-активних речовин, а саме естерів жирних кислот і отримала позитивні результати. Роботи почалися з визначення можливості використання цього класу ПАР для промивання котлів. Такі дослідження були проведені спочатку в лабораторних умовах, а потім і при промиванні котлів в діючих котельнях. Були отримані позитивні результати та визначені параметри процесу (температури, тиски, концентрація ПАР). В процесі цих досліджень було виявлено, що ці ПАР мають пролонговану дію і відмивання залишкових відкладень продовжується і після закінчення основного процесу під час експлуатації котлів. Подальші експерименти дозволили зробити висновок, що можна відмити котел і не зупиняючи його, якщо просто додавати в воду певну кількість ПАР.

В залежності від товщини відкладень їх повне відмивання здійснюється на протязі одного чи двох місяців, що фіксувалося падінням гідравлічного опору котла до паспортних величин [21].

Спостереження за величиною гідравлічного опору промитих котлів на протязі наступного опалювального сезону виявило, що він лишався стабільним. Зростання гідравлічного опору почалося тільки в середині другого після промивання опалювального сезону. Візуальні обстеження внутрішніх поверхонь нагріву після завершення опалювальних сезонів показало, що вони були вільними від відкладень після сезону, коли було здійснено разове введення ПАР (до 2% об'єму води в системі). Нові відкладення з'явилися під час наступного опалювального сезону. В системі термічна деаерація або хімічна дегазація не проводилась на протязі всіх трьох опалювальних сезонів, коли проводився експеримент. Отримані результати підштовхнули авторів до проведення лабораторних досліджень плівки, що з'являється по поверхні вуглецевої сталі при обробленні названим класом ПАР. Дослідження виявили, що на поверхні з'являється тонка (до 50 мкм) міцна плівка сірого кольору, що має діелектричні властивості. Вважаючи на електрохімічний характер реакції корозії, можна прийняти, що саме це і обумовлює її

протикорозійні властивості і в той же час запобігає появі центрів накипоутворення.

### Висновки

Результати проведених досліджень показали, що деякі класи поверхнево-активних речовин здатні вирішувати задачі по захисту поверхонь елементів систем централізованого теплопостачання від корозії та накипоутворення, утворюючи міцну захисну плівку на них. Крім того вони здатні

відмивати застарілі відкладення в елементах СЦТ завдяки «ефекту Ребіндера» [22]. Економічний аналіз показав, що технологія використання ПАР дешевше, ніж традиційні технології роздільного деаерування води та пом'якшення хімічної підготовки [23]. Для широкого впровадження пропонуємої технології використання ПАР необхідно відпрацювати регламенти їх застосування та розробити відповідні нормативні документи.

### Література

1. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», Мінрегіон України, 2013, Київ.
2. Д. В. Рогожин, В. В. Бужинський, В. С. Вітковський, Н. А. Карпюк, О. А. Тур. Про досвід експлуатації теплових мереж з реагентною обробкою води для підживлення. Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі», вип. 7 – К.: КНУБА, 2015. — 65-68 с.
3. Ю.М. Кострикин, Н. А. Мецкерский, О. В. Коровина. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник / М.: Энергоатомиздат, 1990. — 248 с.
4. Електронний ресурс [www.icspawer.com](http://www.icspawer.com).
5. Балабан-Ирменин, Ю. В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Балабан-Ирменин, Ю. В., Липовских В. М., Рубашов А. М. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 248 с.
6. Петраш Р. І., Гламаздин П. М. Економічні аспекти заміни вакуумної деаерації мережної води на хімічну деаерацію. Науково-технічний збірник «Енергозбереження в будівництві та архітектурі», вип. 6 – К.: КНУБА, 2014. — 341-345 с.
7. В. С. Вітковський, П. М. Гламаздин, К. О. Цикал. Промивка теплової мережі на профілактика появи накипних відкладень – ефективний спосіб енергозбереження в системах теплопостачання. Житлово-комунальне господарство України, №2, 2013, . — 23-25 с.
8. Маргулова Т. Х., Мартынова О. И. Водные режимы тепловых и атомных электростанций. М.: Высшая школа, 1987, . — 25-29 с.
9. Маргулова Т. Х. и др. Очистка и защита поверхностей теплоэнергетического и технологического оборудования с помощью комплексонов. // Ж. ВХО № 3, 1985, С. 95-100.
10. Ф. Ф. Чаусов, Г. А. Раевская. Комплексонометрический водно-химический режим теплоэнергетических систем низких параметров. Практическое руководство. Ижевск: Удмуртский НЦ УрО РАН-УдГУ, 2002. . — 35-39 с.
11. Ф. Ф. Чаусов. К вопросу о механизме ингибирования кристаллизации органических фосфонатами. Препринт./ Под ред. С. С. Сванского. Ижевск: Удмуртский НЦ УрО РАН-УдГУ, 2004. . — 53-64 с.
12. Вітковський В. С., Павленко, П. Й., Бужинський В. В., Промивка теплової мережі та профілактика появи накипних відкладень – ефективний спосіб енергозбереження у системах теплопостачання. Житлово-комунальне господарство України, №3, 2014, . — 28-32 с.
13. Чаусов Ф. Ф. Ингибирование роста кристаллов солей щелочноземельных металлов в водных растворах. Теория и технические приложения. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата химических наук. Ижевск 2005.
14. Биков С. В., Вітковський В. С, Карпюк М. А. Про деякі аспекти водно-хімічного режиму експлуатації котлів та теплових мереж. Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі», вип. 8 – К.: КНУБА, 2016. — 45-49 с.
15. Каталог фірми «Технохімреагент».
16. О. Б. Корняков. Повышение эффективности использования топлива в котлах путем разработки и применения воздухоподогревателей из стеклянных труб. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Москва, 1988.
17. Електронний ресурс <http://heatmatrixgroup.com>.
18. П. М. Гламаздин, О. М. Тарадай, С. И. Фоміч. Можливості зниження аварійності мереж централізованого гарячого постачання шляхом деаерації води. Науково-технічний збірник «Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання» вип. №19, – К.: КНУБА, 2016 р., 117-125 с.
19. Збірник керівних документів по захисту від корозії систем теплопостачання та гарячого водопостачання. Українська книга., Київ, 1999 р., 87-89 с.
20. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение. – Лю: Химия, 1981. -304 с.

21. П. М. Гламаздин, К. О. Цикал. Досвід використання поверхнево-активних речовин для очищення систем тепlopостачання від відкладень. «Енергозбереження в будівництві та архітектурі споруд» Вип. №1, 2011 р., 79-83 с.
22. П. М. Гламаздин, К. О. Цикал. Фізичний механізм очищення накипних відкладень на поверхнях елементів централізованих систем тепlopостачання за допомогою ПАВ. «Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки». Науково-технічний збірник. Вип. 24. К.: КНУБА, 2014.- 56-62 с.
23. П. М. Гламаздин, К. О. Цикал. Порівняльний аналіз економічності технологій підготовки води для систем централізованого тепlopостачання. «Енергоефективність в будівництві архітектурі» Науково-технічний збірник. Вип. 7, К.: КНУБА, 2015р., 58-65 с.

Стаття надійшла до редколегії 06.04.2017

**Рецензент:** д.т.н., проф. О. В. Приймак, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

**Гламаздин Павел Михайлович**

*Доцент кафедри теплотехники, действительный член Академии строительства Украины.  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

**Габа Кристина Алексеевна**

*Ассистент кафедры теплотехники  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

**Давыденко Евгений Павлович**

*Аспирант кафедры теплотехники  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

**Витковский Владимир Станиславович**

*НПО «Нефтехимэкология, Киев*

**«ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ»**

*Аннотация. Рассмотрены перспективы использования поверхностно-активных веществ в технологии подготовки воды. Метод очистки теплообменных поверхностей от накипных отложений и продуктов коррозии при использовании поверхностно-активных веществ. Приведенные выводы использования ПАВ для промывания котлов.*

**Ключевые слова:** *накипные отложения; ПАВ; модификации воды; приготовления воды; коррозия*

**Pavel Glamazdin**

*Associate Professor of Thermal Engineering, member of the Academy of Ukraine.  
Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Kyiv*

**Gaba Christina**

*Assistant of department of heat engineering  
Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Kyiv*

**Davydenko Evgeny**

*Postgraduate of department of heat engineering  
Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Kyiv*

**Vladimir Witkowski**

*NGO "Naftohimekolohiya", Kyiv*

**«PROSPECTS OF USING SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES IN WATER PREPARATION TECHNOLOGY FOR CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEMS»**

*Abstract. The prospects of using surfactants in water treatment technology are considered. Method of cleaning heat exchanger surfaces from scale deposits and corrosion products when using surfactants. The resulted conclusions of use of surfactants for washing of coppers.*

**Keywords:** *scale deposits; surfactants; water modifications; water preparation; corrosion*