

Список літератури

1. Артамонов В.В., Вижевська Т.В. Компактні установки глибокого очищення стічних вод. //Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научн. трудов Крем. гос. политехн. ин-та: Вып. 2/1999(7). Кременчуг: КГПИ, 1999. С.502-505.
2. Артамонов В.В., Вижевська Т.В. Технологія БІОСОФ глибокого очищення стічних вод. //Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научн. трудов Крем. гос. политехн. ун-та: Вып. 2/2000(9). Кременчуг: КГПУ, 2000. С.547-550.
3. Вижевська Т.В. Технологія багатоступеневого біологічного очищення стічних вод. // Водопостачання і водовідведення. К., 2012. Вип.1. С.64-67.
4. Вижевська Т.В., Дем'янюк О.Б., Дем'янюк К.О. Досвід впровадження багатоступеневої технології біологічного очищення стічних вод // Вісник НУВГП. Зб. наук.праць. Вип. 1(69). Технічні науки. Рівне, 2015. С. 92-101.

Надійшло до редакції 18.11.2016

УДК 697.34 : 536.24

В.С. ВІТКОВСЬКИЙ

НВО «Нафтохімекологія»

П.М. ГЛАМАЗДІН

К.О. ГАБА, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НОВИХ МЕТОДІВ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Наведено методи підготовки води для систем централізованого теплопостачання, проаналізовано переваги та недоліки фізичних та хімічних методів. Встановлено доцільність використання нових комбінованих методів водопідготовки на основі використання комплексонатів та поверхнево-активних речовин.

Ключові слова: системи теплопостачання, корозія, відкладення, комплекси, ПАР.

Приведены методы подготовки воды для систем централизованного теплоснабжения, выделены преимущества и недостатки физических и химических методов. Установлена целесообразность применения новых комбинированных методов

© Вітковський В.С.,

Гламаздин П.М., Габа К.О., 2016

водоподготовки на основании использования комплексонатов и поверхностно-активных веществ.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, коррозия, отложения, комплексонаты, ПАВ.

The method of water treatment systems for district heating, analyzes the advantages and disadvantages of physical and chemical method. Established the feasibility of using new combined methods of water treatment through the use complexones and surfactants.

Key words: heating systems, corrosion, deposits, complexones, surfactants.

Вода є робочим тілом – теплоносієм для систем централізованого тепlopостачання (СЦТ) і від її якості у великій мірі залежить енергоефективність систем тепlopостачання.

Вода, що використовується у теплоенергетиці, несе в собі руйнівні складові – солі жорсткості та агресивні гази. І ті, і інші призводять до появи відкладень на функціональних поверхнях, які мають малу теплопровідність, велику шорсткість, та й ще провокують збільшення швидкості корозії, в основному, за виразковим механізмом [1].

Якість води, як теплоносія систем тепlopостачання, регламентується нормативними документами. При певних відмінностях вони вимагають підтримувати, головним чином, концентрацію кисню та двоокису вуглецю, а також солей жорсткості – бікарбонатів кальцію і магнію, бо перші дві речовини ведуть до окислення і руйнування поверхонь нагріву теплогенеруючих пристроїв, теплообмінників, трубопроводів та інших елементів теплових мереж, а другі – до небажаних відкладень на поверхнях теплообмінників та теплогенераторів, які негативно впливають на процеси теплообміну і гідравлічні режими. Традиційно бажану якість підтримують термічною деаерацією (видалення агресивних газів) та пом'якшенням води методом іонного обміну [2].

Традиційні методи підготовки води для СЦТ – вапнування, іонування та термічна деаерація вимагають залучення матеріальних та енергетичних ресурсів при підвищеній екологічній небезпечності цих процесів. Так при вапнуванні утворюються досить небезпечні тверді відходи. Викиди надлишку хлориду натрію, кислот та лугів, необхідних для різних методів іонування – це додаткове навантаження на каналізаційні споруди.

Термічна вакуумна деаерація потребує підігріву води при до 70...80°C, атмосферна – до 102...104°C. Тепло частково втрачається разом з обов'язковим випаром. До цих витрат слід додати електроенергію для живлення насоса-ежектора системи вакуумної деаерації. Окрім цього, усі ці системи водопідготовки мають досить велику матеріаломісткість, тому потребують значних капітальних вкладень. Системи термічної деаерації найбільш вразливі до корозії, оскільки містять усі три необхідні умови для розвитку корозії: воду – як корозійне середовище; залізо у сталі, як об'єкт

корозії та розчинений кисень, як корозійний фактор. Тому установки термічної деаерації потребують або виготовлення з корозійностійких матеріалів, або постійних ремонтів, тобто додаткових витрат.

Пошуку інших методів підтримання складу води для СЦТ на рівні вимог нормативних документів присвячено багато робіт, які можна поділити на два великі напрямки – реагентні (хімічні) та безреагентні (фізичні). Фізичні методи здаються більш простими, їх розробленню присвячено багато робіт. Так, велика кількість робіт присвячена обробленню води магнітним полем, як сталим так і змінним, і є навіть нормативний документ, що регламентує технологію використання магнітів [3]. Є також роботи, присвячені використанню високочастотної обробки води, що викликає магніострикцію, ультразвукового опромінення, електродіалізу, створення захисних плівок, а також баромембранні методи [4-6]. Всі вище наведені методи в кращому випадку дійшли до стадії дослідного використання і не знайшли промислового. Тому є декілька причин: недостатня безпечність технологій, технологічні обмеження, економічна непривабливість, відсутність чітких теоретичних основ.

Корозійні процеси, що відбуваються у воді теплових мереж, мають електрохімічну природу, тобто пов'язані з виникненням корозійних гальванічних елементів. Згідно з літературними даними [7] існують три основних типи елементів, що приймають участь у корозійних процесах: 1 – елементи з різнорідними електродами; 2 – концентраційні елементи – сольовий та диференціальної аерації; 3 – термогальванічний.

Практично процеси корозії маловуглецевої сталі пов'язані з утворенням усіх трьох гальванічних елементів. Виходячи з цього, можна зробити висновок – якщо зруйнувати корозійний гальванічний елемент, то процес корозії припиниться. Зруйнувати гальванічний елемент можна різними шляхами, що й може лягти в основу класифікації протикорозійних процесів (рис. 1).

На практиці найчастіше корозія маловуглецевої сталі трубопроводів теплових мереж обумовлена гальванічним елементом диференціальної аерації [8]. Це підтверджується досвідом роботи КП "Житомиртеплокомуненерго", де, починаючи з 2009 року впроваджуються технології реагентної обробки води з метою зв'язування розчиненого кисню (хімічна деаерація), протинакипна обробка (стабілізація води) та відмивання застарілих відкладень.

За час експлуатації цих технологій технічна собівартість вироблення 1 Гкал тепла на котельнях, де використовується традиційне натрій-катіонування, на 5...6 % вища ніж на котельнях з хімічною деаерацією і протинакипною обробкою (рис.2).

Кількість води, що витрачається на підживлення теплових мереж з 2007 по 2016 рік знизилась у 4,7 рази, солі кухонної – у 7,5 разів (рис. 3).

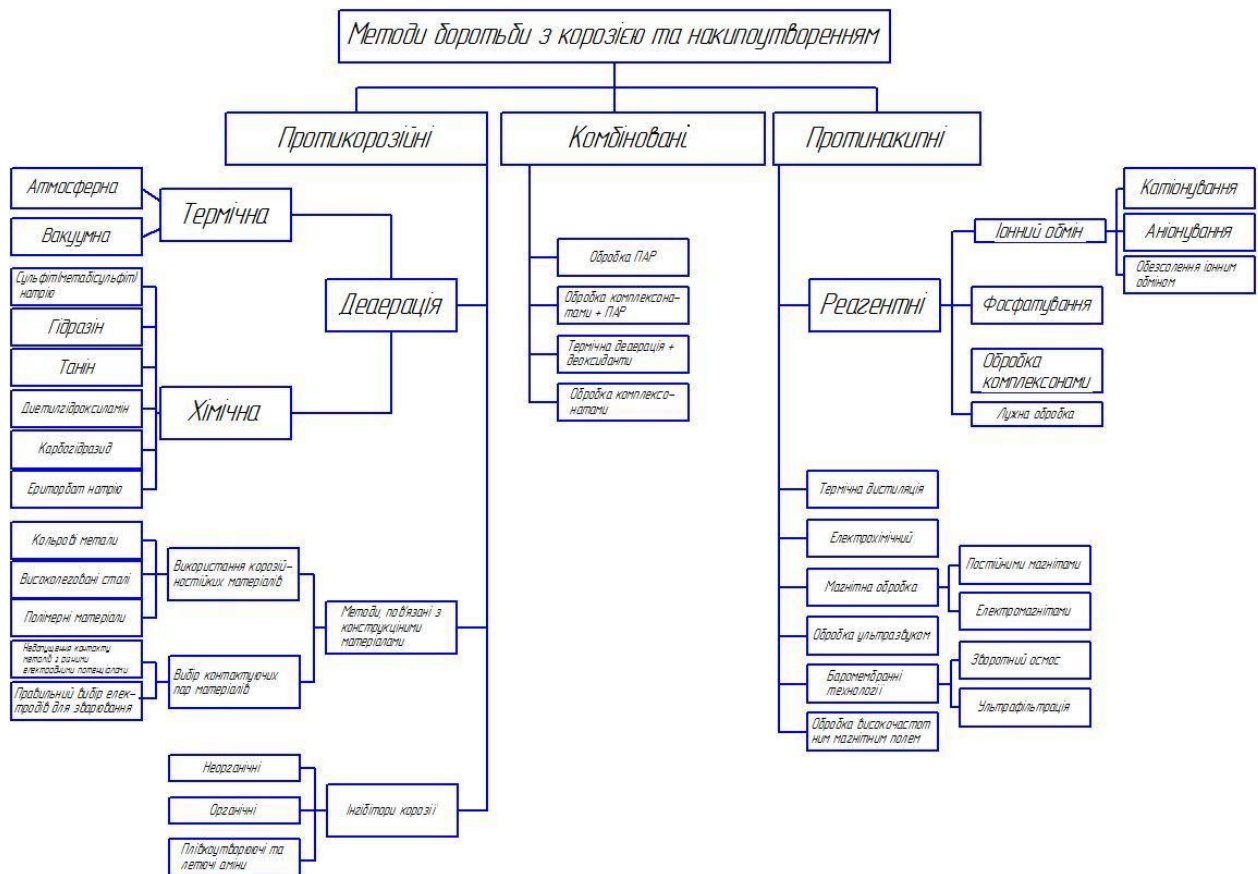


Рис. 1. Класифікація методів боротьби з корозією та накипутворенням у системах централізованого тепlopостачання

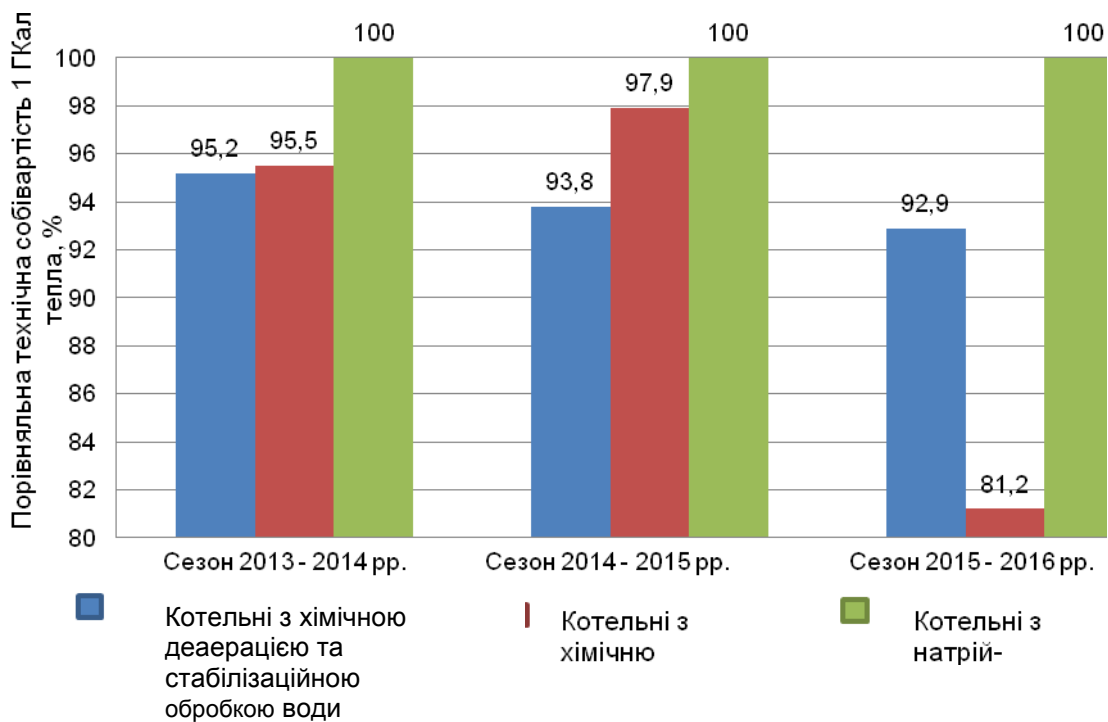


Рис 2. Порівняльна технічна собівартість виробництва та транспортування 1 Гкал тепла КП "Житомиртеплокомуненерго"

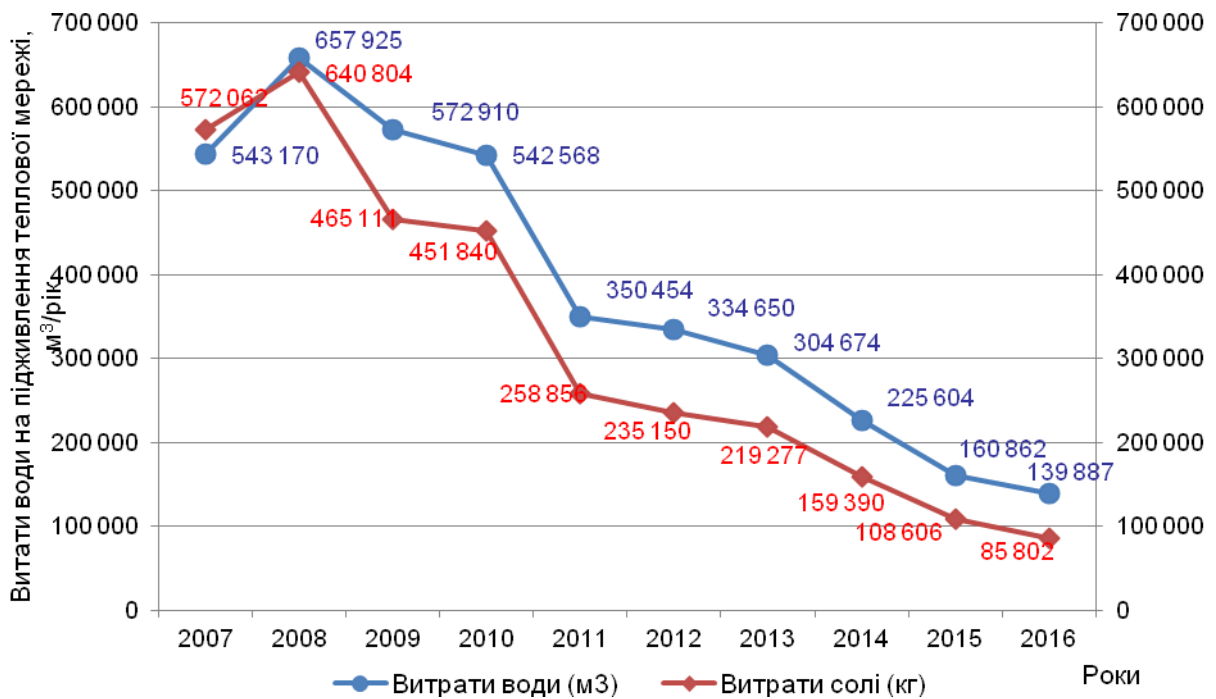


Рис. 3. Витрата води та солі для підживлення теплових мереж КП "Житомиртеплокомуненерго" у 2007 – 2016 рр.

Технології, що використовуються у КП "Житомиртеплокомуненерго" базуються на використанні реагентів комбінованої дії, які поєднують як протинакипні, так і протикорозійні компоненти, а також провадиться періодична обробка води теплових мереж розчинами лугу (каустичної соди) для підвищення рН.

Основними труднощами при експлуатації систем реагентної обробки води є організація процесу дозування, який потребує безперервної роботи та складного аналітичного контролю.

Якщо порівнювати процеси традиційної термічної та хімічної деаерації, то хімічна деаерація істотно відрізняється у сторону зменшенням капітальних витрат на будівництво установок, але має чимало недоліків. Найбільш поширений для хімічної деаерації через невисоку вартість сульфід (бісульфід, метабісульфід) натрію, який реагує з розчиненим киснем з прийнятною швидкістю при температурі вище 70°C. Дозувати розчин сульфід натрію необхідно у підігріту воду, що вимагає встановлення теплообмінного обладнання та зменшує переваги хімічної деаерації. Якщо процес підігріву води не передбачений технологією водопідготовки, то використовується каталіз для прискорення хімічної реакції. Каталіз може бути гомогенним та гетерогенним, лежить в основі роботи Redox-фільтрів [9]. Не зважаючи на успішно розроблені та впроваджені технологічні рішення обробки води сульфідом натрію, метод має обмежене застосування. Витрата сульфід натрію за стехіометрією складає 8 г на 1 г розчиненого кисню. При цьому утворюється сульфат натрію, який підвищує сухий залишок у мережній воді. Сульфат-іони є джерелом енергії для сульфатредуючих бактерій, які

життєздатні при температурах 80°C та вище. Їх життєдіяльність – одна з причин корозії маловуглецевих сталей. Колонії бактерій, які розростаються на стінках трубопроводів, підвищують гідравлічний опір, вода набуває темного кольору та досить неприємного запаху.

Інші методи хімічної деаерації теж мають недоліки: велику токсичність для людини (гідразін), підвищення концентрації вуглекислоти (диетилгідроксиламін), досить велику вартість (еторбат натрію, танін).

Протинакипна стабілізаційна обробка води відома досить давно. Сьогодні для її реалізації використовують нові реагенти під загальною назвою комплексони, які, зазвичай представляють собою органічні похідні фосфорної кислоти – фосфонати. Метод стабілізаційної обробки води приваблює простотою технології використання та малими витратами розчину (25...35 г на м³ води для підживлення теплової мережі), що дозволяє відмовитись від пом'якшення іонним обміном. Метод має ряд суттєвих обмежень по жорсткості води, рН і температурі.

Протинакипна дія фосфонатів заснована на інгібуванні молекулами фосфонової кислоти зон кристалізації карбонату кальцію [10]. Ріст кристалів припиняється до розмірів, які можуть знаходитись у воді в завислому (колоїдному) стані і, таким чином, не утворювати відкладень на функціональних поверхнях. Така колоїдна система може з часом коагулювати та виводитись з теплової мережі через шламовідокремлювачі. При цьому руйнуються також існуючі відкладення, що призводить до очищення теплообмінних поверхонь. Оскільки відкладення – це складний конгломерат механічних включень, "зцементованих" солями жорсткості, то при руйнуванні карбонатів у мережну воду переходять механічні домішки іншої (не карбонатної) природи. Вони можуть мати досить значні розміри та густину, при цьому великі частинки, зазвичай осідають у шламовідокремлювачах, а частинки малого розміру у вигляді суспензії переходять у мережну воду. Суспензія є нестабільною системою, тому у протинакипні реагенти на основі фосфонатів для стабілізації додають поверхнево-активні речовини (ПАР).

Привертають увагу методи реагентної обробки, які мають комплексну як протикорозійну, так і протинакипну дію. Мова йде про обробку води комплексонатами – солями фосфонової кислот, частіше цинковими [11], які утворюють на поверхні металу захисну плівку з органофосфатних комплексів. Такий захист, на наш погляд, може бути дієвим для нових трубопроводів теплових мереж і не може використовуватись для трубопроводів зі "старими" відкладеннями, де працюють інші механізми корозії. Окрім цього комплексонати цинку, найбільш поширені для комбінованого захисту теплових мереж, є нестійкими при рН води більше 8,5, оскільки іони Zn^{2+} випадають в осад у вигляді $Zn(OH)_2$.

До складу сучасних реагентів комбінованої дії майже завжди входять ПАР, котрі ефективні, як антискаланти і дисперсанти, стабілізують суспензії, які утворюються внаслідок дії фосфонатних реагентів та самих ПАР.

Стабілізуюча дія ПАР на суспензії полягає в утворенні на поверхні твердих фаз подвійного шару молекул ПАР, за рахунок чого частинки

припиняють безпосередньо взаємодіяти між собою і утворюється стабільна колоїдна система [12]. На поверхні трубопроводів молекули ПАР також утворюють щільно упаковані подвійний шар «частокол Ленгмюра», завдяки чому поверхня з гідрофільної перетворюється на гідрофобну. Така модифікація поверхні трубопроводів ПАР захищає метал трубопроводів від корозії і відкладень, зменшує гідравлічний опір, сприяючи зниженню енерговитрат на транспортування теплоносія [13,14]. З такою метою використовуються ПАР – плівкоутворюючі аміни структурної формули $C_nH_{2n+1}NH_2$, молекули яких при особливих умовах адсорбуються на трубних поверхнях.

На кафедрі теплотехніки КНУБА проводяться дослідження нового модифікаційного розчину ПАР, виготовленого на основі складних естерів жирних кислот рослинних олій. Модифікатор показує ефективність при видаленні накипних відкладень з поверхонь нагріву, в тому числі котлів КВГ-8 та ПТВМ-30, до того ж спостерігається утворення захисної плівки на очищених поверхнях. Промисловим впровадженням результатів досліджень було успішне використання даного ПАР для промивання реальних об'єктів – котлів ТВГ-8 у ПАТ «Київенерго» та системи опалення лікарні разом з котельнею впродовж опалювального сезону без зупинки теплопостачання [15,16].

Висновок. Підсумовуючи, можна сказати, що фізичні методи запобігання накипоутворення не набули широкого вжитку через невідпрацьованість методик їх використання і недостатній об'єм теоретичного обґрунтування механізмів впливу на таку складну систему, як вода. Сучасні реагентні і безреагентні методи деаерації мають серйозні недоліки, які обмежують їх використання. Реагентні комбіновані методи запобігання корозії та накипоутворення на основі інгібіторів теж працюють досить ненадійно, мають велику залежність від складу води, температури, потребують постійного дозування та аналітичного контролю. Використання ПАР для захисту котельного обладнання та трубопроводів теплових мереж від корозії та накипоутворення представляється найбільш перспективним внаслідок однокомпонентності розчинів, комбінованому захисту, простоти використання, екологічності. Перешкодою широкого вжитку ПАР у СЦТ для захисту від корозії та накипоутворення є недостатня вивченість, що є предметом подальших досліджень.

Список літератури

1. Балабан-Ирменин Ю. В., Липовских В. М., Рубашов А. М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей М.: Энергоатомиздат, 1999. 248 с.
2. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. М.: «Энергия», 1976. 288 с.
3. Р 204 України 243-93. Рекомендації з протикорозійної електромагнітної обробки води в системах гарячого водопостачання.

4. *Иванов М.* Ультразвук в водоснабжении и водоподготовке. *Аква-терм*, 2066, №6, С. 36-38.
5. *Беликов С.Е.* Водоподготовка. Справочник. М.: Аква-терм, 2007, 240 с.
6. *Фрог Б.Н., Левченко А.П.* Водоподготовка. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 656 с.
7. *Улиг Г. Г., Ревз Р. У.* Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику Л.: Химик, 1989. 456 с.
8. *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.
9. *Ю. Г. Поржезинський.* Основи проектування водо підготовки ТЕЦ і котельень харчових підприємств.. К.: НУХТ, 2008.
10. *Чаусов Ф.Ф.* Комплексный водно-химический режим теплоэнергетических систем низких параметров: *Практ. руков.* Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. 236 с
11. *Методические указания по применению комплексных препаратов для ведения водно-химического режима теплоэнергетических сетей.* Удмуртский государственный университет. Региональный технопарк "Удмуртия", 2005.
12. *Абрамзон А.А.* Поверхностно-активные вещества: свойства и применение. Л.: Химия, 1981. 304 с.
13. *В. А. Рыженков, М. В. Лукин, С. И. Погорелов, А. В. Куршаков.* Результаты работ по повышению эффективности систем централизованного теплоснабжения на основе ПАВ-технологии за 2003-2013 гг // *Надежность и безопасность энергетики*, 2014. №25. С. 28–40.
14. *Некоторые аспекты формирования гидрофобной пленки амина на металлической поверхности / И. П. Дубровский, А. В. Куршаков, В. А. Рыженков, А. В. Аникиев.* // *Вестник МЭИ*, 2000. №3. С. 62–64.
15. *П. М. Гламаздин, К. О. Цыкал.* Досвід використання поверхнево-активних речовин для очищення систем теплопостачання від відкладень. // *Науково-технічний збірник "Енергозбереження в будівництві та архітектурі"*. Вип.1, К., КНУБА 2011. С. 79-84.
16. *П. М. Гламаздин, К. А. Цыкал.* Повышение эффективности работы систем теплоснабжения с использованием ПАВ-технологии // *Муніципальна енергетика: проблеми, рішення.* Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції, 2011. С. 82–86.

Надійшло до редакції 22.11.2016