

УДК 697.34:536.24

Підвищення ефективності систем централізованого тепло-постачання за рахунок оптимізації служби підготовки води. Досвід КП «Житомиртеплоенерго»

П.М. Гламаздин¹, В.С. Вітковський², Д.В. Рогожин³, М.А. Карпюк⁴, К.О. Габа⁵

¹ доц. КНУБА, м. Київ, Україна, sib.kiev@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2611-2687

² інж. КП «Житомиртеплокомуненерго», м. Житомир, Україна, vladvit1@gmail.com

³ директор КП «Житомиртеплокомуненерго», м. Житомир, Україна, kancztke@gmail.com

⁴ інж. КП «Житомиртеплокомуненерго», м. Житомир, Україна, kancztke@gmail.com

⁵ к.т.н., доц. КНУБА, м. Київ, Україна, kristinachibra@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2201-1408

Низька якість води систем централізованого теплопостачання обумовлює те, що котлоагрегати та трубопроводи теплових мереж часто виходять з ладу. Основними причинами є корозійні пошкодження та накипні відкладення. Це вказує на низьку ефективність систем підготовки води. У статті викладено результати впровадження нетрадиційних технологій підготовки води систем централізованого теплопостачання на досвіді комунального підприємства "Житомиртеплокомуненерго" Житомирської міської ради у 2007-2021 рр. У котельнях підприємства було модернізовано системи водопідготовки та реорганізовано службу підготовки води. Зокрема впроваджено хімічну деаерацію у комплексі з традиційним натрій-катіонуванням та хімічну деаерацію із стабілізаційною обробкою на протизагу класичній технології обробки води – іонному обміну. Встановлено шламовідокремлювачі з магнітними вставками. Впроваджена технологія пом'якшення води з протикорозійним захистом за допомогою Redox-фільтрів. Розроблено та встановлено гравіметричні датчики корозії власної конструкції. Створено та введено у дію базу даних обробки та статистичного аналізу Access "Корозійні ушкодження трубопроводів теплових мереж". Досвід модернізації системи підготовки води показав, що роботи в цьому напрямку підвищують надійність експлуатації систем централізованого теплопостачання та приносять вагомні фінансові вигоди за рахунок зниження споживання енергоносіїв та матеріальних ресурсів.

Ключові слова: водопідготовка, стабілізаційна обробка води, економія енергоносіїв.

Вступ. Через погодно-кліматичні умови в Україні опалювальний сезон тягнеться близько шести місяців. Тобто майже півроку людські оселі потребують тепла для опалення, яке постачається як централізовано, так і з індивідуальних джерел. Наприкінці минулого сторіччя основним джерелом теплоти міст України були системи централізованого теплопостачання (СЦТ).

Актуальність дослідження. Через низку причин як об'єктивних, так і суб'єктивних частка СЦТ в Україні постійно зменшується. Натомість збільшується частина децентралізованих автономних систем. За останні 30 років частка централізованого теплопостачання зменшилась з 47 до 21% [1]. Однією з причин відмови від споживання послуг централізованого теплопостачання є постійне підвищення тарифів, яке серед іншого обумовлене фізичним зношенням основного та допоміжного обладнання, і його моральною застарілістю, невідповідністю сьогодишньому рівню техніки у цій галузі. Для виправлення такого положення необхідно не просто замінювати зношене обладнання на однотипове нове, але й шукати нові методи і процеси генерування та розподілу теплоти, більш дешеві та надійні. Підготовка води, яка є основним і єдиним теплоносієм

для СЦТ, якраз є яскравим прикладом необхідності впровадження нових процесів і методів для заміни традиційних дорогих і не завжди надійних методів. Позитивним прикладом подібної роботи є досвід комунального підприємства "Житомиртеплокомуненерго" (ЖТКЕ) Житомирської міської ради (ЖМР).

Останні дослідження та публікації. КП "Житомиртеплокомуненерго" ЖМР забезпечує теплом 1605 об'єктів, в тому числі житлового фонду 958, бюджетної сфери 137 та 510 інших. На балансі підприємства знаходиться 64 котельні, 81 центральний тепловий пункт. Підприємство обслуговує 208 км теплових мереж у двохтрубному вимірі. Загальна встановлена потужність котелень складає 744,4 Гкал/год. [2]

У 2007 році, були проведені енергоаудити по окремим котельням [3,4] та проведена загальна оцінка стану основних фондів підприємства. На той час згідно результатів аудитів зношеність котельного обладнання становила близько 85 %, трубопроводів теплових мереж 82 %.

Через низьку якість мережної води котли часто виходили з ладу. Основними причинами були корозійні ушкодження та накипні відкладення. Трубопроводи теплових мереж (ТМ)

також потерпали як від зовнішньої так і від внутрішньої корозії, а також від корозійних та механічних відкладень.

Внаслідок великих витоків через пошкоджене обладнання та трубопроводи ТМ загальні витрати води склали 657,9 тис. м³ за сезон при нормі 275,5 тис. м³. Це обумовлювало питому витрату води 0,99 м³/Гкал.

Для пом'якшення цієї води витрачалося 569,7 т солі, або 0,87 кг/Гкал. Витрати електроенергії сягали 26712,8 тис. кВт·год, або 40,95 кВт·год/Гкал. Витрати газу склали 91492,3 тис. м³, що давало питому витрату 140,25 м³/Гкал.

На момент проведення енергоаудиту загальноприйнятою технологією водопідготовки на котельнях було видалення солей жорсткості з води методом натрій-катіонування. При цьому на всіх котельнях в якості катіоніту використовувалося сульфовугілля, яке практично вичерпало свій ресурс. Окрім цього обладнання водопідготовки було практично непрацездатне внаслідок нерегулярних ремонтів та неправильних умов експлуатації. Наприклад, усе обладнання систем термічної деаерації було зруйноване та або демонтовано, або "догнивало" на дахах котельень. Внаслідок цього котли постійно вимагали частих хімічних промивок та, в першу чергу, приведення водно-хімічного режиму експлуатації котельного обладнання та трубопроводів ТМ до відповідних норм.

Таким чином, стан виробничих фондів під-

приємства у 2007 - 2008 рр. був незадовільним, що вимагало прийняття зважених технічних рішень для його покращення, у тому числі щодо водно-хімічного режиму експлуатації котельного обладнання та трубопроводів ТМ.

Аналіз впливу можливих відхилень від технічних вимог та регламентів обладнання системи водопідготовки показав, що такі відхилення можуть впливати на всі аспекти життєдіяльності підприємства і навіть всього міста. Розроблена для такого аналізу схема впливу відхилень у роботі систем на життєдіяльність підприємства представлена на рис. 1. Результати аналізу примусили звернути увагу на стан системи підготовки води. Вже у перших спробах модернізації системи водопідготовки стало ясно, що без видалення відкладень з поверхні котлів та трубопроводів теплових мереж, а особливо з внутрішньо-будинкових систем, не можна домогтися ефективної теплопередачі в елементах систем.

Відкладення, що видаляються у будь-якій формі, будуть транспортуватись по трубопроводах теплових мереж та накопичуватись у місцях, де зменшується швидкість води, а саме: колектори водогрійних котлів водотрубною схеми, барабани котлів з димогарними та жаровими трубами. Тобто виникає проблема ефективного безперервного видалення шламу з теплоносія без зупинки процесу теплопостачання.



Рис. 1 Вплив відкладень на роботу елементів систем теплопостачання

Таблиця 1

Основні показники якості води
КП "Житомирводоканал"

№ n/ n	Показник	Одини- ця виміру	Норма- тивний показник	Середнє значення показника
1	Водневий показник, рН	од. рН	6,5 – 8,5	7,35
2	Лужність загальна	моль/м ³	0,5 – 6,5	3,08
3	Жорсткість загальна	моль/м ³	не більше 7,0	4,12
4	Хлориди	мг/дм ³	не більше 250	59,82
5	Залізо загальне	мг/дм ³	не більше 0,2	0,11
6	Сухий залишок	мг/дм ³	не більше 1000	323,0
7	Сульфати	мг/дм ³	не більше 250	30,12
8	Поліфосфати	мг/дм ³	не більше 3,5	0,084

Узагальнюючи вищенаведене, можна сформулювати основні задачі, які потрібно розв'язати при виборі методу модернізації систем водопідготовки систем теплопостачання. Це, по-перше, зниження швидкості корозії матеріалів котельного обладнання та трубопроводів теплових мереж; по-друге, попередження утворення накипних та корозійних відкладень; по-третє, очистка гріючих та інших поверхонь від застарілих відкладень.

Як тільки було сформульовано комплекс завдань, одразу стало ясно, що без розроблення детальної програми дій з підвищення надійності та ефективності системи водопідготовки не обійтись. Вихідні дані для розроблення програми були отримані в результаті аудитів. На першому етапі розроблення програми необхідно було визначитись з методами, які необхідно застосовувати при плануванні модернізації або навіть реконструкції системи водопідготовки. Принципово всі відомі методи можна поділити на два великі класи – реагентні та безреагентні.

Вибір методу водопідготовки зазвичай є досить складною справою, що з одного боку обумовлено різноманіттю складу води в залежності від регіону, а також досить широким вибором методів водопідготовки.

Вода для підживлення котелень КП ЖТКЕ МЖР в основному постачається з мережі питної води КП "Житомирводоканал", тому її якість відповідає санітарним вимогам [5]. Основні показники якості води публікуються на сайті КП "Житомирводоканал" [6] та надані у табл. 1.

За індексом Ланжельє, що дорівнює 1,02 при температурі 90⁰ С, вода схильна до накипоутворення [7]. Тому метод водопідготовки повинен бути таким, щоб запобігати як корозійним процесам, так і накипоутворенню.

Детальний розгляд методів дозволив відразу відкинути безреагентні (фізичні) методи через їх численні недоліки. Так, наприклад, термічні методи деаерації потребують досить високих температур (70 °С для вакуумної деаерації), тому були неприйнятні на підприємстві, оскільки температури теплоносія під час розроблення програми були близько 60 °С. Баромембранні процеси потребують досить високих капітальних витрат і на виході ми будемо мати майже дистильовану воду з високою корозійною активністю [8, 9].

Ультразвуковий метод боротьби з відкладеннями на гріючих поверхнях заснований на

кавітаційній дії ультразвуку, який подрібнює кристали солей накипоутворювачів, але при цьому руйнуються конструкційні елементи котельного обладнання [10, 11, 12].

Магнітна та електрохімічна обробка води доки що не піддається теоретичному моделюванню, тому ефект такої обробки може бути непередбачуваний [13-16].

Реагентні методи водопідготовки вже були досить поширені, з них найбільш поширеним є метод натрій-катіонування, який застосовувався як основний метод пом'якшення води на всіх без винятку котельнях. Основним недоліком цього методу є те, що пом'якшена вода має більшу корозійну активність навіть у порівнянні з "сирою" (непом'якшеною) водою. Тобто застосовувати її без захисту конструкційних матеріалів від корозії - це значить свідомо виводити котельне обладнання та трубопроводи ТМ з ладу. Тому треба було підібрати реагенти, які змогли би модифікувати теплоносій або поверхню металу таким чином, щоб протидіяти корозії та накипоутворенню.

На сьогодні відомо багато методів одночасної боротьби з корозією та накипоутворенням.

Основні існуючі методи підготовки живильної води з метою протидії накипоутворенню та корозії елементів котельного обладнання та трубопроводів теплових мереж відображені на рис. 2. Для вибору перспективних методів, за допомогою яких можливо ефективно модернізувати систему водопідготовки, довелося звернутися до теоретичних засад електрохімії корозійних процесів.

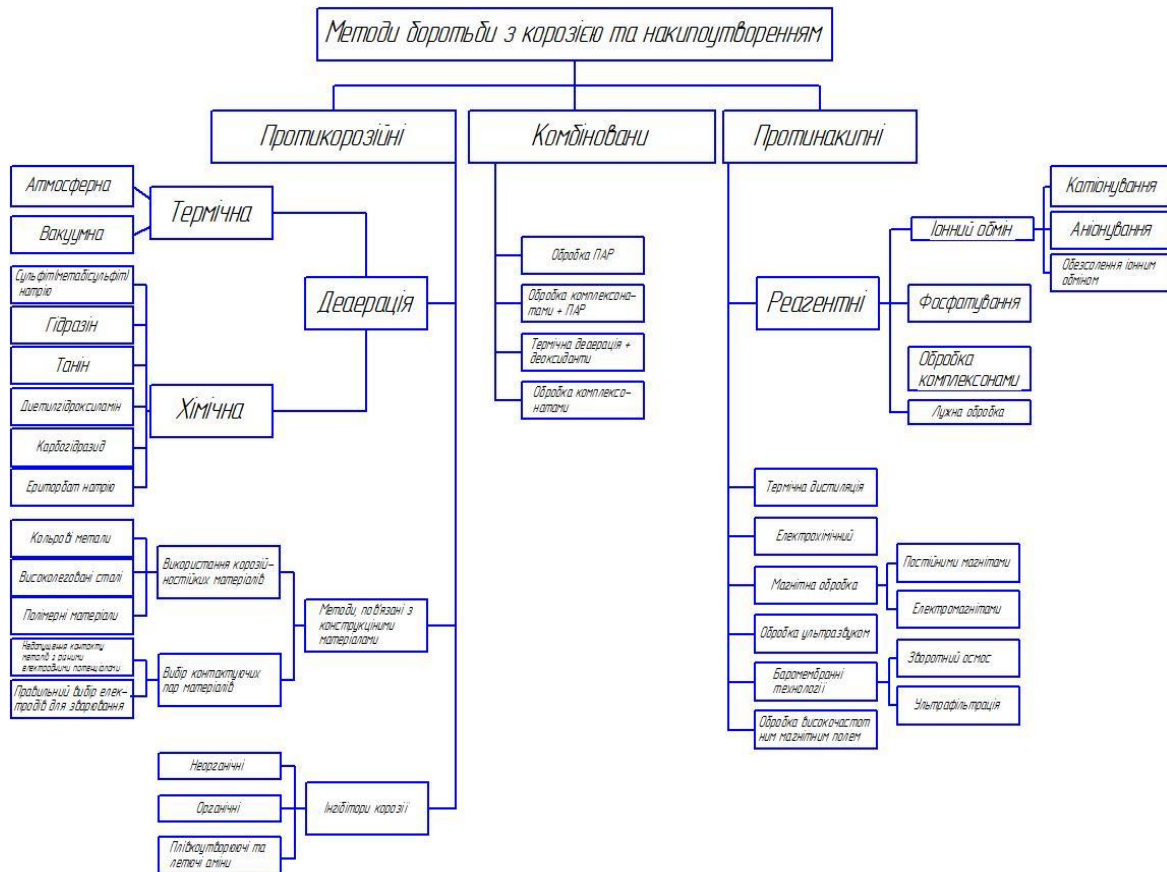


Рис.2 Класифікація методів боротьби з корозією та Накоптуванням

Згідно теорії корозійних процесів маловуглецевих сталей для виникнення корозії необхідна сукупність трьох факторів: об'єкту корозії - у нашому випадку основний конструкційний матеріал котельного обладнання та трубопроводів теплових мереж - маловуглецева сталь; корозійного середовища - у нашому випадку вода, основний теплоносіє систем теплопостачання; корозійного фактору - у нашому випадку розчинений кисень. Причому руйнування металу за рахунок окислювання заліза носить стехіометричний характер, тобто 8 г кисню розчиняє 28 г заліза. Відсутність хоча б одного з факторів корозії, практично повністю припиняє цей процес, тому вибір методів боротьби з корозією це, по суті, вибір об'єкту та методів впливу на той чи інший фактор. Навряд чи в осяжному майбутньому знайдеться заміна конструкційного матеріалу та основному теплоносію, але їх властивості можна змінити тим чи іншим методом. Наприклад, розчинений кисень можна видалити термічним або хімічним методом, тобто вибір методів впливу на корозійний фактор досить широкий.

Корозійні процеси мають електрохімічну природу, пов'язану з утворенням гальванічних

елементів [17], з котрих самим дієвим є гальванічний елемент диференційної аерації.

Такий елемент виникає, наприклад, якщо шар відкладень будь-якої природи (будь то накип або корозія) формується у корозійному середовищі (воді), тоді концентрація кисню під цим шаром знижується за рахунок взаємодії кисню з матеріалом трубопроводу і за рахунок цього формується анодна ділянка гальванічного елементу, тобто руйнується металева стінка з утворенням виразки з подальшим поглибленням зони ураження.

Таким чином шар відкладень посилює ступінь корозійних уражень, причому запобігання накоптуванню шляхом пом'якшення води не вирішує проблему корозії, а навпаки посилює її, оскільки швидкість корозії в пом'якшеній воді збільшується [18].

Опираючись на ці постулати, проводився аналіз методів і вибір найбільш дієвих для практичної реалізації.

Використання поверхнево-активних речовин (ПАР) для захисту котельного обладнання та трубопроводів теплових мереж вивчалось у роботах [19-24] та багатьох інших, але цей метод пройшов перевірку в Україні на деяких невеликих котельнях та ділянках ТМ [25], хоча

в інших країнах використання ПАР має місце і поширюється [20,21,23].

Комплексонатний метод водопідготовки набув популярності ще з середини ХХ сторіччя за рахунок простоти застосування та великої ефективності [26]. Існують ряд досліджень, що встановлюють механізм дії комплексонатів при інгибуванні росту кристалів солей лужноземельних металів у водних середовищах [27], які пояснюють дію субстехіометричних концентрацій комплексонатів на інгибування зростання кристалів їх адсорбцією на активних зонах росту кристалу, внаслідок чого розмір кристалів стає таким, що вони утримуються у шарі води за рахунок броунівського руху та прямують з током води до зон, де можуть випасти в осад при коагуляції, або зменшенні швидкості води.

Окрім цього під дією комплексонатів, як і під дією ПАР, на поверхні металу формується захисна плівка, яка складається, в основному з магнетиту з домішками фосфоровмісних сполук [28]. Формування такої плівки характерно для чистої поверхні металу, але в умовах, коли на поверхні металу знаходиться шар відкладень, захисна плівка не може утворитись, замість цього утворюється гальванічний елемент диференційної аерації, в результаті чого і руйнується метал. Тому разом з застосуванням технологій стабілізації води, необхідно видаляти з води розчинений кисень, тобто напрошується комбінована обробка води фосфоровмісними сполуками у суміші з деоксидантами.

У реагентів для стабілізаційної обробки води є "побічний" ефект - руйнування старих відкладень. Цей ефект обумовлюється наявністю у складі подібних складних реагентів деяких сполук, що мають ознаки ПАР. При цьому утворюється шлам, який необхідно виводити з котельного обладнання та трубопроводів ТМ щоб запобігти вторинному заносу котлів та ТМ цим шламом, тобто шлам треба видаляти безперервно по мірі його утворення, для чого необхідна специфічна технологія.

Подібна технологія реалізована у шламовідокремлювачах з автоматичним скиданням шламу і магнітними вставками (СМШ). В них по мірі накопичення шламу під дією його ваги деформується еластична мембрана і відкривається клапан. Шлам скидається в каналізацію, тиск на мембрану припиняється, клапан зачиняється до подальшого накопичення шламу. В середині корпусу на сітці закріплені магнітні вставки, які збирають частинки оксидів заліза, що відмиваються з за-

старілих відкладень і на яких коагулюються частинки мулу, що знаходяться у воді [29].

Формулювання цілей статті. Аналіз роботи СТ КП ЖТКЕ після прийняття та реалізації розробленої на підприємстві програми оптимізації служби підготовки води

Основна частина. Після аналізу даних до розгляду були обрані наступні технології:

- технологія стабілізаційної обробки води реагентами ТОВ "Технохімреагент";

- термічна деаерація;

технологія протикорозійного захисту за допомогою Redox-фільтру, яка перед бачає обробку;

- води Na_2SO_3 на шарі каталізатору, що представляє собою солі Fe, Cu та Co у певній пропорції, нанесених на гранули катіоніту.

Проведений техніко-економічний аналіз (рис. 3) показав, що найбільш вигідною є технологія стабілізаційної обробки води, і тільки при великих витратах води більш вигідною стає технологія за допомогою Redox-фільтру.

На початок робіт з модернізації систем водопідготовки на підприємстві існували котельні з котлами водотрубною схеми ПТВМ-50, КГВМ-50, ТВГ-8М, КВГ-6,5, КБНГ-2,5. На деяких котельнях були встановлені котли з жаровими та димогарними трубами ВК-21. Уся водопідготовка зводилась до пом'якшення води натрій-катіонуванням, термічна деаерація вже була відсутня, окрім однієї котельні з паровими котлами, контроль швидкості корозії був відсутній, досвіду використання інших технологій водопідготовки не було. Але у 2007 році почали відключатись котельні підприємств, які використовувались для опалення житлових масивів, тому що почалась реконструкція центральних теплових пунктів (ЦТП) шляхом встановлення в них газових котлів, причому були вибрані котли комбінованої схеми з водотрубною радіаційною частиною та конвективною частиною з димогарними трубами. Габарити ЦТП не дозволяли встановити натрій-катіонні фільтри, тому була обрана технологія стабілізаційної обробки води сумішшю фосфоровмісних сполук та каталізованого сульфату натрію без пом'якшення води. Оскільки нові котли встановлювались на старі теплові мережі, необхідно було їх захистити від вторинного заносу шламом, через що на трубопроводі перед мережевими насосами було встановлено шламовідокремлювач типу СМШ. Після року експлуатації котли та шламовідокремлювач було відкрито та оглянуто (Рис. 4,5).

Результати огляду підтвердили правильність вибору технології, оскільки відкладень та

ознак корозії на металевих поверхнях не вия-

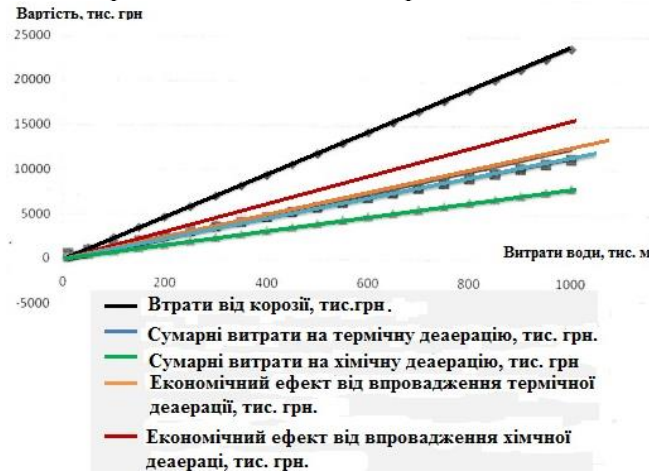


Рис 3. Економічне порівняння методів деаерації води



Рис. 4. Водна сторона димогарних труб конвективної частини котла ВК-32 (КСВа-2,5) після року роботи на «сирій» воді з реагентною обробкою



Рис. 5. Внутрішня частина мережного магнітного шламовідокремлювача СМШ-250 після року роботи на «сирій» воді з реагентною обробкою

влено, труби вкриті суцільним шаром захисної плівки магнетиту, сітка і корпус СМШ вільні від відкладень, на магнітах є шар феромагнітних часток та мулу, який легко змивається струменем води.

Внаслідок фінансово-економічних труднощів,

які не дозволили закуповувати досить дорогі шламовідокремлювачі для районних котельень, оснащених котлами водотрубного типу, була впроваджена технологія пом'якшення води з протикорозійним захистом за допомогою Redox-фільтру. Принцип дії Redox-фільтру заснований на видаленні розчиненого у воді кисню за рахунок взаємодії останнього з розчином сульфату натрію на поверхні катіоніту, на яку нанесено каталізатор у вигляді сполук заліза [30]. Ці установки були розроблені і виконані власними зусиллями підприємства (рис. 6), для котельень з котлами з жаровими та димогарними трубами була прийнята технологія реагентної обробки води без пом'якшення. Спроба виявилась невдалою, бо через п'ять років експлуатації з'явилися віддулини на верх-

ній та нижній частині жарової труби (рис. 7,8). Аналіз літературних даних відносно цього явища [31] показав, що циркуляція води у котлах з жаровими та димогарними трубами має особливість. Вона проходить таким чином, що в верхній та нижній частині жарової труби виникають зони малої швидкості циркуляційних потоків, внаслідок чого у цих зонах стрімко росте температура води, хімічні процеси накопчування прискорюються, виникають накипні відкладення, це, в свою чергу, призводить до перегріву металевих поверхні, виникненню віддулини та прогару.

З самого початку впровадження технологій, пов'язаних з реагентною обробкою води, було взято курс на повну автоматизацію процесу.

Це було досягнуто застосуванням автоматичних програмованих клапанів для перемикання потоків води при роботі катіонітних фільтрів та Redox-фільтрів; використанням лічильників води з імпульсним сигналом через певний об'єм води, що проходить через лічильник; застосуванням мембранних насосів-дозаторів з електромагнітним приводом, що дозволяють управляти потоками реагентів; а також розробленого пристрою комутації сигналу для управління кількома насосами-дозаторами від одного водяного лічильника. Застосування мембранного регулятора тиску "після себе" дозволило впровадити частотне управління насосами для підживлення теплової мережі та реалізувати незалежне функціонування установок реагентної обробки води в період регенерації та експлуатації. Таким чином була досягнута повна автономна робота установок водопідготовки, контроль за роботою яких було покладено на апаратників водопідготовки, що пройшли відповідне навчання та практичне стажування.

Для контролю результатів боротьби з корозією та відкладеннями впроваджені гравіметричні датчики корозії власної конструкції, які встановлюються на трубопроводах теплової мережі (Рис. 9) з можливістю їх контролю у



Рис. 6. Установа хімічної дегазації води Redox-KM



Рис. 7. Котел Rielo RTQ-953 з зоною перегріву на верхній частині жарової труби



Рис. 8. Котел Rielo RTQ-953 з зоною перегріву, підготовленою до ремонту. Чітко видно відкладення шламу

будь-який час в лабораторних умовах.

Перший досвід роботи котелень з модернізованими системами водопідготовки показав, що проблеми переходу на нові технології потрібно вирішувати у комплексі. Наприклад, застосування фосфонатів для обробки води призводить до очищення трубопроводів теплових мереж від шару відкладень, що, у свою чергу, приводить до появи отворів у стінках труб, які раніше маскувались цим шаром відкладень. Це тягне за собою збільшення витрат води, необхідність додаткових ремонтів, тощо. Тому впровадження нових технологій проводилось поступово з урахуванням стану котельного обладнання, трубопроводів теплових мереж, підготовки персоналу. Але виникла проблема порівняння ефективності роботи котелень з різними способами водопідготовки.

Так з'явилась ідея умовно розбити усі котельні на групи за технологією водопідготовки та підрахувати усі витрати ресурсів на 1 Гкал тепла, що виробляє котельня.

Такі питомі витрати легко звести у таблицю та порівняти між собою. Робота виявилась клопіткою, об'єм таблиці досить великий. Як приклад, можна навести вибірку з загальної таблиці (Табл. 2).

Розрахунки за даними таблиці дають уявлення про технічну собівартість 1 Гкал тепла, що виробляють котельні, а також можна зробити детальний аналіз складових собівартості та знайти резерви її зниження.

Для аналізу технічного стану трубопроводів ТМ та ефективності захисних заходів, хімічною службою провадиться контроль та систематизація поривів труб. На кожну розкопку ТМ виїжджає представник виробничої хімічної служби, який фіксує пошкодження трубопроводу, робить фотографію місця пориву, встановлює, при можливості, причину ушкодження. Усі дані заносяться в базу даних для подальшої обробки та статистичного аналізу (Рис. 10).

Використання сумішей реагентів, спеціально підібраних для комплексної обробки води та стабільність їх складу, дозволили спростити хімічний аналіз для контролю водопідготовки, і зараз він зводиться до вимірювання жорсткості води та залишкової концентрації сульфату натрію. Контроль процесу водопідготовки вимагає незначних витрат часу, обладнання та доступний як апаратникам хімоводопідготовки, так і співробітникам виробничої хімслужби, на яких покладено обов'язки контролювання процесів водо підготовки. Треба відмітити, що цей метод має деякий негативний фактор – появу

Технічна собівартість Гкал теплової енергії по КП ЖКТЕ в сезоні 2018-2019 рр.

Технічна собівартість Гкал теплової енергії по КП ЖКТЕ в сезоні 2018-2019 рр.								
№	Адреса котельні	Об'єм системи, м ³	Вироблено теплоти, Гкал	Фактичні показники				
				Споживання палива			ККД роботи котельні (брутто), %	Вартість, грн/Гкал (середнє значення)
				нм ³	кг у.п.	кг у.п./Гкал		
Котельні з натрій-катіонуванням і хімічною деаерацією								
1	РК-1	547,17	19188,77	2487001	2923228,57	152,34	93,77	903,13
Котельні з комплексною обробкою води (хімічна деаерація+комплексонатна обробка)								
2	РК-9	224,47	13340,44	1698564	1996594,08	149,66	95,45	887,22
Котельні з натрій-катіонуванням								
3	пр. Каретний, 4	106,53	5777,47	814146	956939,53	165,63	86,25	981,94

продовження таблиці 2

Технічна собівартість Гкал теплової енергії по КП ЖКТЕ в сезоні 2018-2019 рр.									
№	Фактичні показники								
	Витрати води			Витрати реагентів та матеріалів					
	Загальна, м ³	Питома, м ³ /Гкал	Вартість, грн/Гкал	Сіль			Витех 30		
Загальна, кг				Питома, кг/Гкал	Вартість, грн/Гкал	Загальна, кг	Питома, кг/Гкал	Вартість, грн/Гкал	
Котельні з натрій-катіонуванням і хімічною деаерацією									
1	4098	0,216	1,37	1140	0,059	152,34	530,5	0,028	0,53
Котельні з комплексною обробкою води (хімічна деаерація+комплексонатна обробка)									
2	1799	0,135	0,86	600	0,0449	149,66	195	0,015	0,28
Котельні з натрій-катіонуванням									
3	612	0,106	0,68	150	0,026	165,63	-	-	-

продовження таблиці 2

№	Фактичні показники							Сума, грн/Гкал
	Витрати реагентів та матеріалів			Електроенергія				
	Витех 58			Загальна, кВт	Питома, кВт/Гкал	Вартість, грн/Гкал		
Загальна, кг	Питома, кг/Гкал	Вартість, грн/Гкал						
Котельні з натрій-катіонуванням і хімічною деаерацією								
1	-	-	-	676360	35,24	90,38	995,54	
Котельні з комплексною обробкою води (хімічна деаерація+комплексонатна обробка)								
2	13,9	0,001	0,08	398980	29,9	76,68	965,23	
Котельні з натрій-катіонуванням								
3	-	-	-	168333	29,13	74,70	1057,38	

анаеробних сульфатредуючих бактерій, що вимагає розробки і використання спеціальних заходів для боротьби з ними

Якщо на початку застосування нових технологій водопідготовки останні впроваджувались тільки на котельнях нових, або при реконструкції існуючих, то при накопиченні досвіду експлуатації нових систем водопідготовки почалось їх впровадження на інших котельнях, які мали достатньо високу потужність та досить великий об'єм теплових мереж. Тим більше, що аналіз результатів впровадження нових технологій водопідготовки показав їх велику економічну ефективність.

Так, заміна труб теплових мереж має тенденцію до зменшення, хоч коливається, що можна пояснити більше нестабільністю фінансування ремонтних робіт, але все таки таку тенденцію ми б не отримали, якби мали прогресуючі uszkodження від корозії (Рис. 11).

Основним показником ефективності системи захисту від корозії та накипоутворення є загальні та питомі витрати води для підживлення теплових мереж (рис. 12,13). Так, загальні витрати води з 2007 по 2021 рік знизилась з 647,6 тис. м³ до 67,8 тис. м³ за сезон, або в 9,6 раз.

У 2014 році загальні витрати води вперше стали меншими від норми і ця тенденція зберігається до цих пір. На нагрів 1 м³ води для підживлення теплової мережі витрачається на 6-7 м³ газу більше, ніж на підігрів води в теплової мережі, тобто зниження витрат води дає пряму економію газу, наприклад, у 2021 році це складає 334 тис. м³ газу.

Оскільки на багатьох котельнях підприємства зберігаються технології пом'якшення води, які потребують витрат солі для регенерації натрій-катіонітних фільтрів, зменшення витрат води

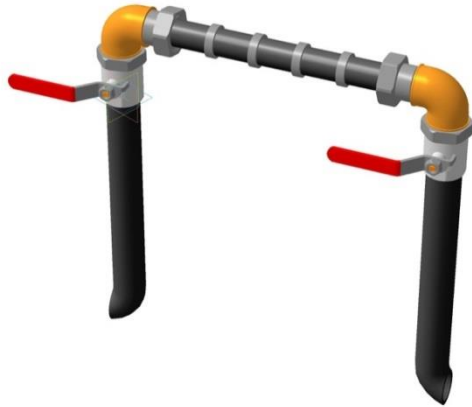


Рис. 9. Датчик корозії, встановлений на трубопроводі теплової мережі

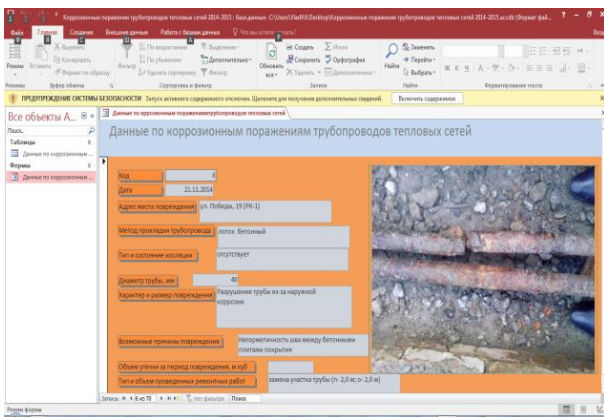


Рис. 10. Скріншот бази даних Access "Корозійні ушкодження трубопроводів теплових мереж"

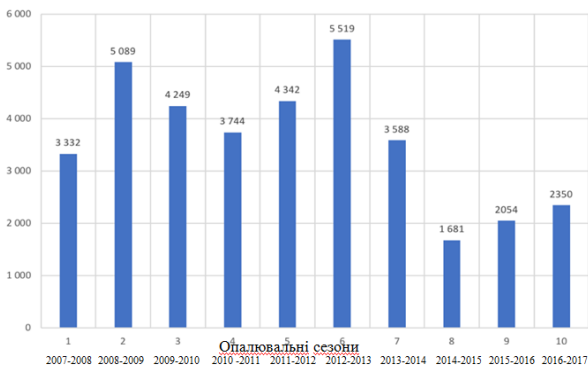


Рис. 11. Заміна труб, м теплових мереж КП ЖТКЕ ЖМР у 2007-2017 рр.

обов'язково тягне за собою зменшення кількості солі (рис. 14). Як тільки визначився економічний ефект процесів водопідготовки, була проведена заміна застарілого катіоніту - сульфовугілля на синтетичні катіоніти типу КУ-2-8 та їх закордонні аналоги, що дало змогу підвищити ефективність водопідготовки, тобто скоротити витрати води на технологічні потреби установок натрій-катіонування та підвищити якість пом'якшення.

Очищення трубопроводів теплових мереж від відкладень знижує гідравлічний опір трубопроводів, що призводить до зниження питомих витрат електроенергії для транспортування тепла до споживачів (рис. 16) та основного енергоресурсу - газу. Питомі витрати газу на 1 Гкал теплоти, що виробляється, знизилась з 140,25 до 134,40 м³, що складає 4,17 % економії газу (рис. 17).

Питома витрата на реагенти для водопідготовки у 2020 році сягала 1,51 грн./Гкал, при середній технічній собівартості тепла у тому ж 2020 році 684,88 грн./Гкал, що дає витрати на реагентну обробку води 0,22 % від технічної собівартості тепла. Об'єктивною оцінкою впроваджених заходів може бути оцінка швидкості корозії, яка проводилась на теплових мережах підприємства, починаючи з 2010 року. Масштаби контролю швидкості корозії досить невеликі з різних причин, але навіть такі дані (табл. 3) показують, що при застосуванні нових технологій обробки води, швидкість корозії значно нижче, ніж при традиційному натрій-катіонуванні.

Зовнішній вигляд датчиків після витримки у воді ТМ представлений на рис. 18. Дані таблиці та спостереження корозійної дії води в умовах діючого підприємства показують, що швидкість корозії сильно зменшується навіть при мінімальній обробці води деоксидантами. Нові технології водопідготовки впроваджуються вже протягом 14 років. За цей час набуто досвіду експлуатації котельень з цими технологіями підготовки води. Головне - розроблена та працює система захисту від корозії та накипотворення, що розповсюджується на всі ланки роботи підприємства, починаючи від проектування нових котельень та реконструкції існуючих, а також експлуатації котельень. Результати роботи котлів та трубопроводів ТМ при застосуванні води без пом'якшення, а тільки з реагентною обробкою впродовж 14 років представлені на рис. 19. ТМ при застосуванні води без пом'якшення, а тільки з реагентною обробкою впродовж 14 років представлені на рис. 19,20.

Таблиця 3

Швидкість корозії трубопроводів теплових мереж в опалювальному сезоні 2020 - 2021 рр. КП ЖТКЕ ЖМР

Найменування котельні	Технологія водопідготовки	Швидкість корозії, мм/рік	Оцінка швидкості корозії за [30]
Районна котельня РК-4	Натрій-катіонування + хімічна деаерація	0,015	Практично відсутня
Квартальна котельня вул. Рильського, 5	Натрій-катіонування + хімічна деаерація	0,025	Низька (2)
Квартальна котельня вул. Шевченка, 105	Натрій-катіонування + хімічна деаерація	0,009	Практично відсутня
Квартальна котельня провул. Львівський, 8	Натрій-катіонування	0,066	Висока (4)
Квартальна котельня вул. Небесної Сотні, 48	Стабілізаційна обробка "сирої" води	0,002	Практично відсутня
Районна котельня РК-4	Натрій-катіонування + хімічна деаерація	0,015	Практично відсутня

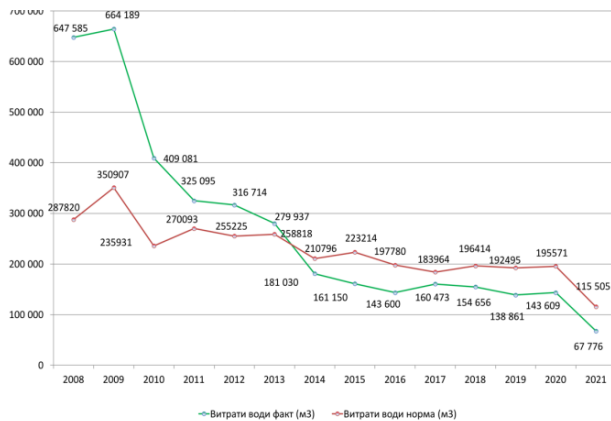


Рис. 12. Загальні витрати води для підживлення теплових мереж КП ЖТКЕ ЖМР у 2008-2021 рр.

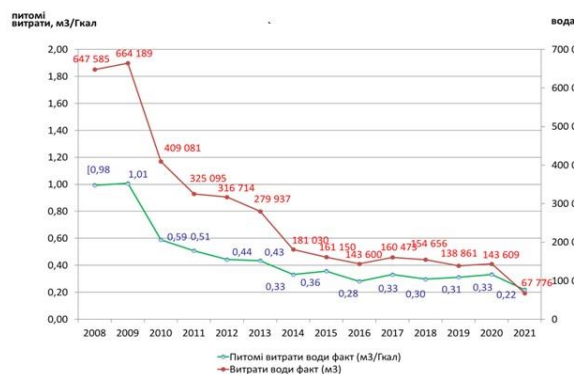


Рис. 13. Питомі витрати води для підживлення теплових мереж КП ЖТКЕ ЖМР у 2008-2021 рр.

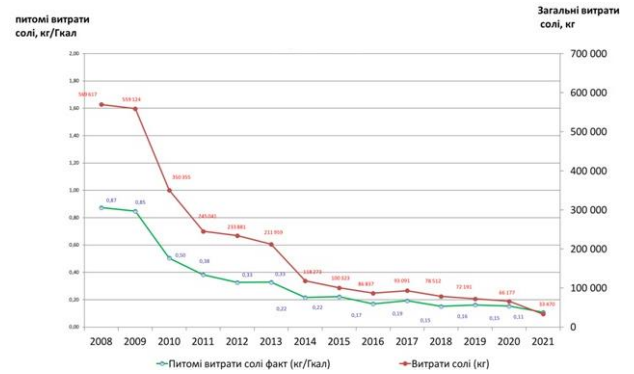


Рис. 14. Питомі витрати солі для регенерації натрій-катіонітових фільтрів КП ЖТКЕ ЖМР у 2008-2021 рр.

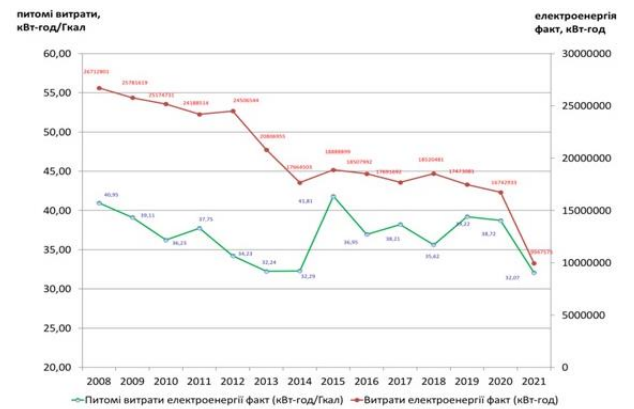


Рис. 16. Питомі витрати електроенергії на транспортування тепла ЖТКЕ ЖМР у 2008-2021 рр.

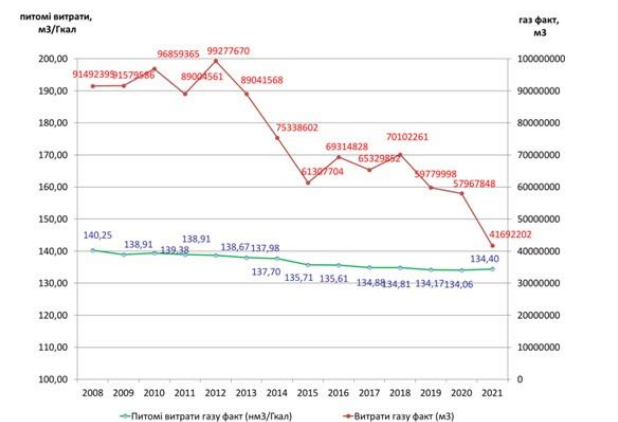


Рис. 17. Питомі витрати газу на вироблення 1 Гкал тепла ЖТКЕ ЖМР у 2008-2021 рр.



Рис. 18. Зовнішній вигляд датчиків корозії

Роботи з удосконалення процесів підготов-

ки води і обладнання для їх реалізації в КП ЖТКЕ продовжуються. Останні роки вони ведуться в співдружності з кафедрою теплотехніки Київського національного університету будівництва та архітектури. Такі сумісні дослідження привели до удосконалення конструкції шламовідокремлювача в частині оптимізації форми магнітних вставок [32].

Сумісними зусиллями на базі лабораторних досліджень формулюються теоретичні засади захисної дії поверхнево-активних речовин від корозії та накипоутворення і технології їх використання [33-35].

Висновки. Хід реалізації розробленої на підприємстві програми оптимізації служби підготовки води показав, що роботи в цьому напрямку підвищують надійність експлуатації систем централізованого тепlopостачання та приносять вагомні фінансові вигоди за рахунок зниження споживання енергоносіїв та матеріальних ресурсів.

Досвід реалізації програми показав також, що для найбільш ефективної реорганізації служби в умовах діючого підприємства необхідна розробка та впровадження системи протидії корозії та утворенню відкладень на всіх рівнях роботи підприємства та у всіх елементах системи тепlopостачання, починаючи з котельні.

Для ефективної експлуатації та контролю результатів захисту потрібна реорганізація виробничої хімічної служби. Технологія реагентної обробки води СЦТ, що була розроблена та впроваджена в умовах Комунального підприємства "Житомиртеплокомуненерго" ЖМР з врахуванням місцевих особливостей (склад води, економічні умови, організаційні заходи), довела свою надійність та ефективність. Реагентна обробка є економічно вигідною у порівнянні з традиційними методами і може або повністю їх замінювати, або частково у комбінації з традиційними, але потребує індивідуального підходу при розробці та впровадженні в залежності від умов експлуатації систем централізованого тепlopостачання.

Реагенти, необхідні для оброблення води, виробляються в Україні. Обладнання для проведення робіт з підготовки води можливо розробляти, компонувати та налагоджувати власними силами підприємства.

Для поширення позитивного досвіду ЖКТЕ на аналогічних підприємствах інших міст необхідна розробка рекомендацій для впровадження нових технологій водо підготов-



Рис. 19. Котел ВК-32 (КСВа-2,5), який пропрацював 14 років на воді без пом'якшення з реагентною обробкою



Рис. 20. Шламовідокремлювач СМШ-250, який пропрацював 14 років на воді без пом'якшення з реагентною обробкою

ки водопідготовки та їх інформаційного супроводження

Перспективи подальших досліджень. Очевидні досягнуті успіхи тим не менше не є свідомством завершеності робіт. Наразі йдуть роботи з оптимізації конструкцій шламовідокремлювача з магнітними вставками та установок водопідготовки і, головне, продовжуються дослідження в рамках просування технології застосування поверхнево-активних речовин в підготовці води для СЦТ.

Окрім цього, потребує розв'язання проблема підвищення експлуатаційної надійності теплообмінного обладнання теплових пунктів. Крім того, прогнозований початок застосування теплоутилізаторів на водогрійних котлах, що знаходяться в експлуатації, у конденсаційних або у частково конденсаційних режимах, також принесе з собою ряд проблем з нейтралізацією конденсату та його повернення в систему тепlopостачання. Кінцевим результатом бачиться підвищення надійності виробництва, екологічності та зменшення собівартості тепла для систем централізованого тепlopостачання.

Література

1. «Distring heating and 4DH in Central and Eastern Europe» 4th International conference on Smart Energy Systems and 4th generation district heating
2. Презентація: Оптимізація використання паливно-енергетичних ресурсів шляхом впровадження Програми комплексної модернізації системи теплопостачання КП «Житомиртеплокомуненерго» Житомирської міської ради. Житомир 2015 р.
3. Технический отчет о проведении диагностических измерений магистральных трубопроводов Арендного предприятия тепловых сетей «Житомиртеплокомуненерго» Книга 1 Тепловой район котельной №4. Днепропетровск 2008.
4. Технический отчет о проведении диагностических измерений магистральных трубопроводов Арендного предприятия тепловых сетей «Житомиртеплокомуненерго» Книга 2 Тепловой район котельной №1. Днепропетровск 2008.
5. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171)
6. <https://vodokanal.zt.ua>.
7. Langelier, W.F. (1936) The Analytical Control of Anti-Corrosion Water Treatment. AWWA, 28, 1500.
8. Юрчевский Е.Б., Первов А.Г. Экономические аспекты применения обратноосмотической и ультрафильтрационной технологии в энергетике. //Энергосбережение и водоподготовка. 2004. -№3.- С. 17–20.
9. Верхошенцева Н.Н., Давлетшина Г.И. Опыт эксплуатации установок обратного осмоса в системах водоподготовки энергетических и металлургических объектов ОАО «ММК»// Энергосбережение и водоподготовка. - 2006.- №5.- С. 25– 27.
10. Иванов М. Ультразвук в водоснабжении и водоподготовке. //Аква-терм. -2006. - №6.- С. 36–38.
11. Серебряков В.А. Неожиданные результаты использования протинакипного устройства.// Энергосбережение. -2005. - №10.- С. 12–14.
12. Стюартов М.Ю. Современные методы безреагентной водоподготовки в защите от накипи и коррозии. // Водоподготовка. -2006. - №9.- С. 40–42.
13. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1978 . -232 с.
14. Епштейн С.Й., Орлов А.М., Пуль В.М. Аналіз деяких чинників, які впливають на ефективність магнітної протинакипної обробки води.//Нова тема.- 2006.- №3. - С. 17 - 62.
15. Тебенихин С.Б., Гусев Б.Т. Обработка воды магнитным полем в теплоэнергетике. М.: Энергия, 1970. – 144 с.
16. Мосин О. В. Магнитная обработка воды в теплоэнергетике / О. В. Мосин. // Вода і водоочисні технології. – 2013. – №1. – С. 12–26.
17. Улиг Г. Г., Ревы Р. У.: Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку. Пер. с англ. Ленинград: Химия: 1989. - 456 с.
18. 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.
19. Вітковський В., Гламаздин П., Габа К. Перспективи розвитку нових методів підготовки води для систем централізованого теплопостачання // Науково-технічний збірник «Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки». – 2016. – Вип. 27. – С. 55-62.
20. Рыженков В.А. Исследование влияния поверхностно-активных веществ на гидравлическое сопротивление трубопроводов систем теплоснабжения и разработка способа снижения энергозатрат при транспортировке теплоносителя : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Рыженков А. В. – Москва, 2008.
21. Лукін М.В. Повышение эффективности эксплуатации систем теплоснабжения на основе модификации теплообменных поверхностей с использованием поверхностно-активных веществ :автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук, М.: МЭИ, 2008.
22. Янатьева А. К.. О влиянии ПАВ на процесс образования накипи / А. К. Янатьева, В. Г. ОрловаК. А. Клеваичук // Журнал прикладной химии. – 1976. – №9. – С. 1911–1914.
23. Рыженков В.А., 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.
24. Габа К. О. Підвищення ефективності систем теплопостачання модифікацією теплоносія. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Київ, 2016.
25. Гламаздин П.М., Цыкал К.О. Повышение эффективности работы систем теплоснабжения с использованием ПАВ-технологии. Материалы IX міжнародної науково-практичної конференції «Муніципальна енергетика. Проблеми, рішення», Миколаїв, НУК, 2011, с. 82-86.
26. Дятлова Н. М., Тёмкина В. Я., Попов К. И. Комплексоны и комплексонаты металлов. — М.: Химия, 1988. 544 с.
27. Чаусов Ф. Ф. Ингибирование роста кристаллов солей щелочноземельных металлов в водных растворах.

Теория и технические приложения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Ижевск, 2005.

28. Розенфельд И. Л. Ингибиторы коррозии. М.: Химия, 1977 - 284 с.

29. НИПИ «Водоочисные технологии». Сетевые магнитные шламоотделители серии СМШ ИВТ. Паспорт и инструкция по эксплуатации. г.Северодонецк, 2020.

30. Поржезинський Ю. Г. Основи проектування водопідготовки ТЕЦ і котельень харчових підприємств., К.: НУХТ, 2008.

31. Хаустов С. А., Хаустов П. А., Максимова Е. И. Компьютерное моделирование гидродинамики жаротрубного котла с использованием конечно-элементного анализа. Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 6.

32. Гламаздин П., Давиденко Е., Вітковський В. Перспективи використання магнітних вставок в шламовловлювачах // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2018, №4, с.

33. Гламаздин П.М., Габа К.О., Вітковський В.С. Перспективи розвитку нових методів підготовки води для систем централізованого теплопостачання // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Вип.27, 2016, с. 55-62.

34. Гламаздин П.М., Давиденко Е.П., Вітковський В.С. Механізм дії деяких поверхнево-активних речовин в мережній воді систем централізованого теплопостачання // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Вип.26, 2018, с. 39-43.

35. Гламаздин П.М., Габа К.О., Давиденко Е.П., Вітковський В.С. Перспективи використання поверхнево-активних речовин в технології підготовки води для систем централізованого теплопостачання // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – 2018, випуск 9, с. 53-57.

References

1. «Distring heating and 4DH in Central and Eastern Europe» 4th International conference on Smart Energy Systems and 4th generation district heating/

2. Prezentatsiya: Optimizatsiya vukoristannya palivno-energetichnuh resursiv shlyzhom vprovadnennya Programu kompleksnoyi modernizatsiyi sustemu teplopustachannya KP «Zhutomurteplokomunenergo» Zhutomurskoyi miskoyi radu/ Zhutomur, 2015 r.

3. Tehnicheskiy otchet o providenii diagnosticheskikh izmereniy magisralnuh teplovuh setey KP «Zhutomurteplokomunenergo». Kniga 1 «Teplovoy rayon kotelnoy №4». Dnepropetrovsk, 2008 g.

4. Tehnicheskiy otchet o providenii diagnosticheskikh izmereniy magisralnuh truboprovodov Arendnogo predpriyatiya teplovuh setey «Zhutomurteplokomunenergo». Kniga 2 «Teplovoy rayon kotelnoy №1». Dnepropetrovsk, 2008 g.

5. Gigienichni vumogu do putnoyi vodu, priznachenoyi dlya spozhivannya lyudunoyu (DsanPiN 2.2.4-171)

6. <https://vodokanal.zt.ua>.

7. Langelier, W.F. (1936) The Analytical Control of Anti-Corrosion Water Treatment. AWWA, 28, 1500.

8. Yurchevskiy E.B., Pervov A.G. Ekonomacheskiye aspektu primineniya obratnoosmoticheskoy i ultrafiltratsionnoy tehnologii v energetike. //Energoberegeniye i vodopodgotovka. 2004. -№3.- S. 17–20.

9. Verhoshcentseva N.N., Davletshcuna G.I. Oput ekspluatatsii ustanovok obratnogo osmosa v sistemsh vodopodgotovok energeticheskikh I metalurgicheskikh obyektov OAO «ММК». //Energoberegeniye i vodopodgotovka. 2006. -№5.- S. 25–27.

10. Ivanov M. Ultrazvuk v vodosnabzhenii I vodopodgotovke. //Akva-term. -2006. - №6.- S. 36–38.

11. Serebryakov V.A. Neozhidannue rezultati ispolzovaniya protinakipnogo ustroystva. //Energoberegeniye. 2005. -№10.- S. 12–14.

12. Stuyartov M.Y. Sovremennuyе методu bezreagentnoy vodopodgotovki v zaschite ot nakipi i korozii. // Vodopodgotovka. -2006. - №9.- S. 40–42.

13. Klassen V.I. Omagnichivaniye vodnuh sistem. M.: Himiya, 1978 . -232 s.

14. Epshtein S.Y., Orlov A.M., Pul V.M. Analiz deyakih chunnukiv, yaki vplivayut na effektivnist magnitnoyi protunakupnoyi obrobku vodu. //Nova tema.- 2006.- №3. - S. 17 - 62.

15. Tebenichin Y.B., Gusyuv B.T. Obrabotka vodu magnitnum polem v teploenergetike. M.: Energiya, 1970. – 144 s.

16. Mosin O.V. Magnitnaya obrabotka vodu v teploenergetike. // Voda I vodoochisnue tehnologii.– 2013. – №1. – S. 12–26.

17. Ulig G.G., Revi R.U. Korosiya I borba s ney. Vvedeniye v korrozoinnuyu nauku. Per. s angl. Leningrad: Himiya: 1989. - 456 s.

18. Balaban-Irminin Y.V., Lipovskih V.M., Rubaschov A.M. Zashchita ot vnutrenney korozii truboprovodov vodyznuh setey/ M. : Energoatomizdat, 1999. – 248 s.

19. Vitkovskiy V., Glamazdin P., Gaba K. Perspektivu rozvutku novuh metodiv pidgotovku vodu dlyz sistem tsentralizovanogo teplopustachannya // Naukovo-tehnichnyy zbirnik «Problemu vodopustachannya, vodovidvedennya ta gidravliku». – 2016. – Vup. 27. – S. 55-62.

20. Ruzhenkov V.A. Issledovaniye vliyaniya poverhnostno-aktivnykh veshchestv na gidravlicheskie soprotivleniye truboprovodov sistem teplosnabzheniya i razrabotka sposoba snizheniya energozatrat pri transportirovke teplonositelya: avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tehn. nauk / Ruzhenkov A. V. – Moskva, 2008.
21. Lukin M.V. Povuscheniye effektivnosti ekspluatatsui sistem teplosnabzheniya na osnove modifikatsui teploobmennyykh poverhnostey s ispolzovaniem poverhnostno-aktivnykh veshchestv: avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tehn. nauk / Lukin M.V. – Moskva, 2008.
22. Yanatyueva A.K. O vliyani PAV na protses obrazovaniya nakipi // Zhurnal prikladnoy himii. – 1976. – №9. – S. 1911–1914.
23. Ruzhenkov A.V., Lukin M.V., Pogorelov S.I., Kurschakov A.V. Rezultatu rabot po povuscheniyu effektivnosti sistem tsentralizovanogo teplosnabzheniya na osnove PAV-tehnologii za 2003-2013 g. // Nadezhnost i bezopasnost energetiki. – 2014. – №25. – S. 28–40.
24. Gaba K.O. Pidvuschennyya effektivnosti sistem teplopostachannya modifikatsiyeyu teplonociya/ didertastiya na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata tehnichnykh nauk. Kuyiv, 2016.
25. Glamazdin P.M., Tsykal K.O. Povuscheniye effektivnosti rabotu system teplosnabzheniya s ispolzovaniem PAV-tehnologii. Materialu IX mazzharnodnoyi naukovopraktichnoyi konferentsiti «Munitsupalna energetika. Problemu, rischennyya», Mukolayiv, NUK, 2011, s. 82–86.
26. Dyatlova N.M., Tyemkina V.Y., Popov K.I. Kompleksonu I kompleksonatu metalov. — M.: Himiya, 1988. 544s.
27. Chausov F.F. Ingibirovaniye rosta kristalov soley schelochnozemelnykh metalov v vodnykh rastvorah. Teoriya I tehnicheskiye polozheniya. Disertatsiya na soiskaniye uchenoyi stepeni kandidata himicheskikh nauk. Izhevsk, 2005.
28. Rozenfold I.L. Ingibitoru korozii. M: ХИМИЯ, 1977 - 284 s.
29. NIPI «Vopoochisnie tehnologii». Setevue magnitnie schlamoodeliteli serii SMSH IVT. Pasport i instruktsiya po ekspluatatsii. g. Severodonetsk, 2020.
30. Porzhezunskiy Y.G. Osnovu proektuvannya vodopidgotovku TETS I kotelen harchovuykh pidpruyemstv. K: NUHT, 2008.
31. Haustov S.A., Haustov P.A., Maksimova E.I. Kompyutornoe modelirovaniye gidrodinamiki zharotrubnogo kotla s ispolzovaniem konechno-elementnogo analiza. // Sovremennyye problem nauki I obrafovaniya. - 2014. - № 6.
32. Glamazdin P.M., Davidenko E.M., Vitkovskiy V.V. Perspektivu vukorustannya magnitnykh vstavok v schlamoovlovyuvschah // Energoeffektivnist v budivnutstvi ta arhitekturi. – 2018, №4, c
33. Glamazdin P.M., Gaba K.O., Vitkovskiy V.V. Perspektivu rozvutku novuykh metodiv pidgotovku vodu dlya sistem tsentralizovanogo teplopostachannya // Ventulyatsiya, osvitlenniya ta teplogazopostachannya. – 2016, Vup.27, s. 55 -62.
34. Glamazdin P.M., Davidenko E.M., Vitkovskiy V.V. Mehanizm diyi poverhnevo-aktivnykh rehovun v merezhniy vodi sistem tsentralizovanogo teplopostachannya. // Ventulyatsiya, osvitlenniya ta teplogazopostachannya. – 2018, Vup. 28, s. 39 -43.
35. Glamazdin P.M., Gaba K.O., Davidenko E.M., Vitkovskiy V.V. Perspektivu vukorustannya poverhnevo-aktivnykh rehovun v tehnologiyi pidgotovku vodu dlya sistem tsentralizovanogo teplopostachannya.// Energoeffektivnist v budivnutstvi ta arhitekturi. – 2018, Vup. 9, s. 53-57.

UDC 697.34:536.24

Experimental research of electrical characteristics combined solar-electric air heater

P.Glamazdin ¹, V. Vitkovskiy ², D. Rogozhin ³, M. Karpyuk ⁴, K. Haba ⁵

¹ associate professor KNUCA, Kyiv, sib.kiev@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2611-2687

² ingineer Municipal company «Zhutomurteplokomunenergo», Zhutomur, Ukraine, vladvit1@gmail.com

³ director Municipal company «Zhutomurteplokomunenergo», Zhutomur, Ukraine, kancztke@gmail.com

⁴ ingineer Municipal company «Zhutomurteplokomunenergo», Zhutomur, Ukraine, kancztke@gmail.com

⁵ PhD., associate professor KNUCA, Kyiv, Ukraine, kristinachibra@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2201-1408

Abstract. Poor water quality in district heating systems leads to failure of boilers and pipelines in heating networks. The main reason for this is corrosion and scale deposits. The presence of these factors shows the low efficiency of water treatment systems. The article presents the results of the introduction of non-traditional water treatment technologies for district heating systems based on the experience of the Zhytomyrteplokomunenergo utility company of the Zhytomyr City Council in 2007-2021. In the boiler houses of the enterprise, water treatment systems were modernized, and the production chemical service was reorganized. In particular, chemical deaeration was launched in combination with traditional sodium cationization, as well as chemical deaeration in combination with complexonate water treatment against the classical water treatment technology - ion exchange. Installed magnetic sludge separators with magnetic inserts. The technology of water softening with anti-corrosion protection using Redox filters has been introduced. Gravimetric corrosion sensors of our own

design have been developed and installed. The database of processing and statistical analysis Access "Corrosion damage of pipelines of heat networks" was created and put into operation. The experience of modernizing the water treatment system has shown that work in this direction increases the reliability of operation of district heating systems by reducing the consumption of energy carriers and material resources. In addition, the problem of improving the operational reliability of the heat exchange equipment of thermal stations needs to be solved. The projected start of the use of heat recovery devices on water heating boilers in operation, in condensation or partially condensation modes, will also bring with it a number of problems with the neutralization of condensate and its return to the heat supply system. The end result is an increase in production reliability, environmental friendliness and a reduction in the cost of heat for district heating systems.

Keywords: water treatment, stabilization treatment, energy saving