

**ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ
ОЧИЩЕННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВІД ВІДКЛАДЕНЬ***КНУБА*

Зниження ефективності роботи систем теплопостачання у значній мірі пов'язане з утворенням накипних відкладень на функціональних поверхнях. Присутність відкладень на теплообмінних поверхнях суттєво впливає на термодинамічну ефективність, надійність та ресурс теплообмінного обладнання. Накипні утворення через свою низьку теплопровідність знижують економічність обладнання, стимулюють корозійні процеси, підвищують гідравлічний опір обладнання та трубопроводів, що призводить до перевитрат палива та електроенергії на привід насосів для транспортування теплоносія.

На сьогодні існує два способи очищення функціональних поверхонь від сольових нашарувань – механічне очищення та хімічне промивання. Механічне очищення – складний, довгий і трудомісткий процес, що вимагає залучення кваліфікованого персоналу та наявності спеціального обладнання.

Хімічне промивання здійснюють із залученням сильних кислот, таких як: соляна, сірчана, оцтова. Загальновідомою є шкода хімічних реакцій в присутності кислот по відношенню до металевих поверхонь: разом із відкладеннями руйнується структура металу обладнання. Роботи з кислотовмісними сумішами вимагають підвищеної уваги кваліфікованого персоналу та засобів індивідуального захисту. Промивна вода становить небезпеку для водного середовища і створює навантаження на очисні споруди населених пунктів. Попри функціонування водопідготовчих установок на теплоенергетичних об'єктах, комунальні підприємства змушені кожні 2-3 роки проводити очищення теплообмінних поверхонь обладнання.

В умовах складного економічного стану держави та фізичної зношеності 70% теплообмінного обладнання пошук альтернативних методів очищення теплонапружених поверхонь є вкрай актуальним. З цією метою на кафедрі теплотехніки КНУБА проводяться дослідження впливу поверхнево-активних речовин (ПАР) на інтенсивність процесу накипоутворення та зростання відкладень на основі накипу, а також можливості очищення наявних відкладень.

В техніці вже відомі спроби використання ПАР. Так, в [1] описана можливість використання ПАР для зменшення гідравлічного опору систем, в [2] викладені результати дослідження використання ПАР для попередження корозії та відкладень накипу. В якості ПАР використовувався октадециламін (ОДА). Більшість досліджених ПАР досить дорогі і, крім того, небезпечні [3]. Російські вчені [2] до розчину ПАР додавали кислоти та інгібітори. Зважаючи на дороговизну та небезпеку ПАР, які досі використовувалися, методи не набули поширення.

В якості ПАР нами використовуються естери жирних кислот на натуральній основі. Це речовини IV класу шкідливості, не корозійноактивні.

Для проведення експериментальних досліджень у лабораторії було розроблено установку, яка включала автоклав, закріплений на опорній конструкції, викидну трубу для пари та запобіжні клапани. Початкові експерименти полягали в наступному: до автоклаву було поміщено металеві трубки і ТЕН, поверхня яких була вкрита шаром накипу товщиною 0,5 мм зі включенням іржі. В об'єм автоклаву був залитий розчин водопровідної води з ПАР концентрацією 1%, після чого концентрат в автоклаві був нагрітий до температури 97 °С з подальшим природнім охолодженням. В результаті експерименту виявилось, що накип на поверхні ТЕНу і контрольних труб відшарувався і опав. Труби з нелегованої сталі набули чорного кольору і на них не залишилося не тільки накипу, але і слідів корозії. Сам накип перетворився на напівпрозорі тверді, крихкі лусочки, схожі на слюду. Поверхня, вільна від накипу та іржі покрилася тонкою плівкою (рис.1).

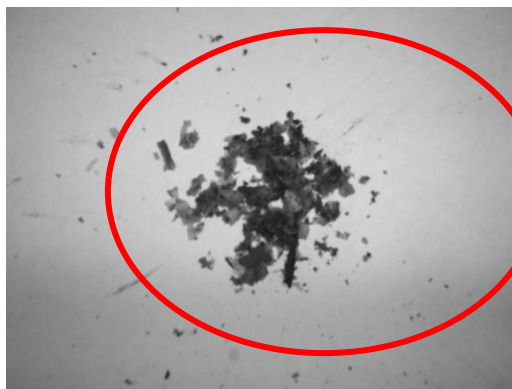


Рис. 1. Поверхні металу зразків труб і ТЕНу після очистки накипу та іржі протинакипним розчином.

Далі був проведений експеримент з відмивання від накипу латунної трубки d_y 18 з теплообмінника системи гарячого водопостачання. Відкладення були чисто накипними і мали товщину близько 2 мм. Трубка нагрівалася в автоклаві з 10% протинакипним розчином до температури 97 °С з наступним охолодженням у звичайних умовах. Накип після впливу протинакипного розчину в автоклаві відшарувався від стінок труби і випав з неї у лускоподібному виді. Розміри лусочок становив до 20 мм довжиною і 10 мм шириною.

Наступний етап досліджень був проведений з вирізкою із конвективної частини котла ПТВМ-30. Труба діаметром d_y 60 була забита відкладеннями, живий переріз якої складав не більше 6-8 мм. Відкладення мали сірий колір з чорними вкрапленнями і були настільки твердими, що лише з великими зусиллями піддавалися механічному очищенню.

Згідно методики експерименту вирізку труби довжиною 0,5 метра поміщали в автоклав і заповнювали його 10% розчином ПАР у водопровідній воді. Температуру у автоклаві доводили до 97 °С і залишали для звичайного охолодження. При температурі 35 °С розчин зливали, установку розбирали і виймали дослідний зразок труби. В результаті відкладення у трубі значно подрібнилися, і їх можна було без зусиль виймати до діаметру d_y 40 будь-яким твердим предметом. Однак далі у напрямку до стінки труби твердість

відкладень збільшувалася, і вони виймалися лише з великими зусиллями. Тому зразок знову поміщали до автоклаву, заливали 10% концентратом і нагрівали до температури 120 °С при тиску 7 атм. Через 7 годин рідину злили і вийняли зразок труби. Відкладення легко, без зусиль, піддавалися механічному очищенню.

Цей експеримент дав привід вважати, що запропонований розчин ПАР можна ефективно використовувати для відмивання найбільш забруднених поверхонь нагріву водогрійних котлів (рис. 2).

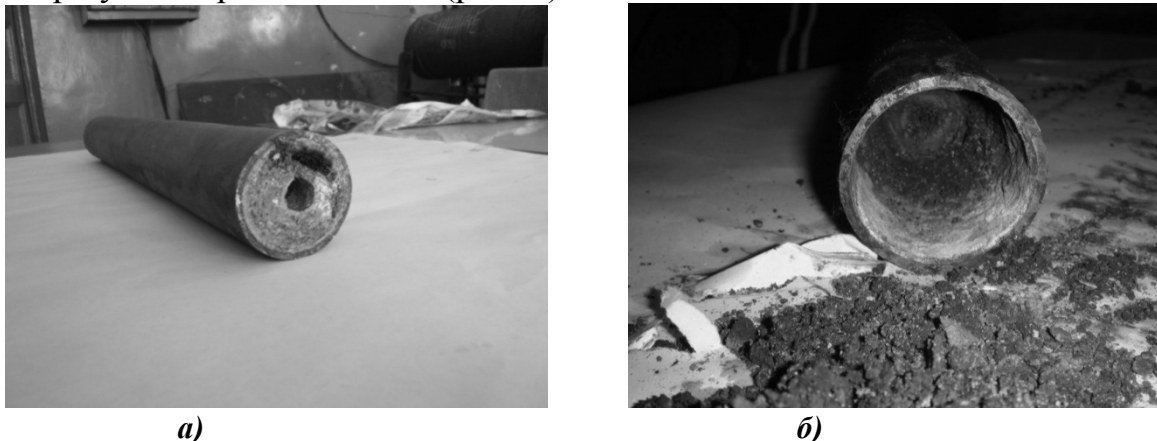


Рис. 2. Стан труби конвективної частини котла ПТВМ-30 до а) та після б) повторного нагріву у протинакипному розчині.

Таким чином, лабораторні дослідження показали, що 10% розчин ПАР здатний при нагріві до 100 °С видаляти комплексні застарілі відкладення накипу з латунних і сталевих труб, а також застарілі відкладення з теплообмінних поверхонь у трубах водогрійних котлів та теплообмінниках систем гарячого водопостачання.

Надалі були проведені промислові дослідження можливості ПАР для очищення поверхонь нагріву котлів від відкладень. У якості об'єкту для був вибраний котел ТВГ-8 у котельній, що належить філіалу АК «Київенерго» Київживтеплоенерго. Перед початком випробувань котел мав гідравлічний опір 5,92 кг/см² при паспортному 1 кг/см². Максимальна витрата складала 40 м³/год при паспортній витраті теплоносія 104 м³/год.

Згідно методики експерименту котел був відключений від теплової мережі, підключений до спеціальної промивної рухомої установки і заповнений 10% розчином ПАР. Установка була обладнана своїм циркуляційним насосом, фільтром, компресором з ресівером, запірною арматурою і манометрами. У якості фільтруючого матеріалу був використаний щебінь фракції 10-40.

На першому етапі експерименту тиск на вході в котел складав 2,55 кг/см², а температура 50 °С. Циркуляція з періодичним підгрівом розчину в котлі продовжувалася на протязі 14 годин. На другому етапі досліджень тиск на вході в котел встановили на рівні 3,57 кг/см². Це дало змогу підвищити температуру розчину до 60 °С. Циркуляція в такому режимі продовжувалася 18 годин. По закінченню експерименту котел був підключений до водопровідної мережі для видалення миючого розчину з відмитими відкладеннями.

Оскільки розчин ПАР випробувався в котлах вперше, експлуатаційники не наважилися підняти температуру вище 60 °С, що було необхідно згідно

результатів лабораторних дослідів. На жаль, промивання котла прийшлося на початок опалювального сезону і його змушені були припинити для підключення котла в систему.

Під час першого етапу промивки в баку з фільтром спостерігалось незначне піноутворення з включеннями бруду червонувато-коричневого кольору. На другому етапі змінився характер піноутворення. Піна стала інтенсивно підніматися і виливатися через верхній люк. Колір піни – бурий, а сам розчин набув червоного кольору. У відібраній пробі промивного розчину спостерігалось розшарування з виділенням осаду темно-сірого кольору і спливання піни червонувато-коричневого кольору.

Після закінчення промивки котел був заповнений хіміобробленою водою і підключений до теплової мережі. На цей момент витрата через котел мережної води складала $66 \text{ м}^3/\text{год}$ при перепаді тиску на ньому $2,8 \text{ кг}/\text{см}^2$. Через три доби витрата була збільшена до $75 \text{ м}^3/\text{час}$ при перепаді $3,0 \text{ кг}/\text{см}^2$. Повторні заміри перепаду тиску були зроблені через 27 днів та через два місяці. Вони показали поступове зменшення перепаду тиску на котлі (рис. 3).

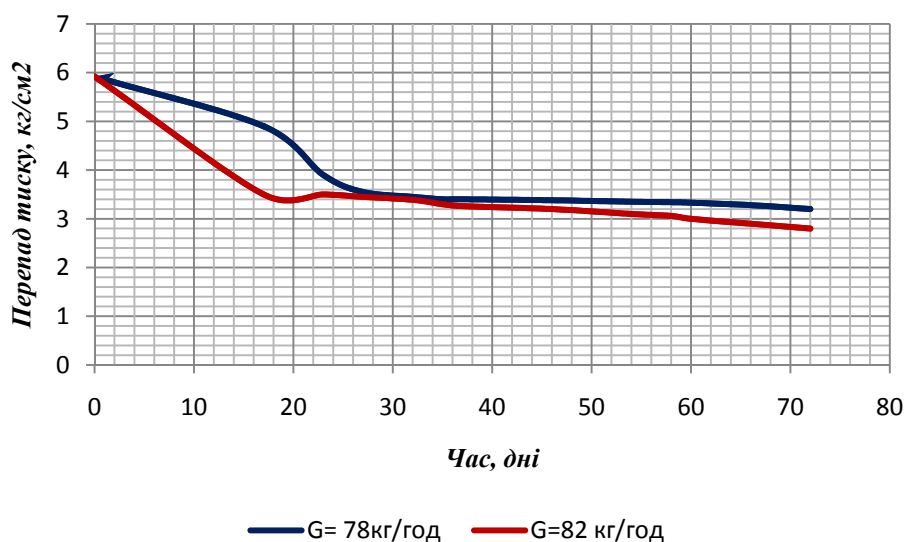


Рис. 3. Зміна перепаду тиску котла ТВГ-8 на протязі промивання розчином ПАР

Спираючись на результати натурних досліджень, для отримання більшої ефективності розчину ПАР промивна установка була удосконалена шляхом встановлення 2-х потужних насосів CALPEDA (Італія) з робочим тиском $P_{\text{роб}}$ до $2,45 \text{ кг}/\text{см}^2$ і витратою $120 \text{ м}^3/\text{год}$.

Наступним етапом експериментальних досліджень було промивання котла КВ-Г-7,56 з перепадом тиску $7,65 \text{ кг}/\text{см}^2$ при витраті $80 \text{ м}^3/\text{год}$, що є неприпустимим для котла цього типу. Після запуску системи в роботі були випробувані режими роботи: двох паралельно підключених насосів; послідовно підключених насосів, одного насоса, режим реверсивної циркуляції і температури нагріву від 10 до $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Для збільшення ефективності промивки була виконана врізка циркуляційного кільця окремо тільки до конвективної частини котла, де і створювався основний гідравлічний перепад. Промивка пройшла вдало, використання розчину ПАР у поєднанні з роботою компресора та циркуляцією у реверсивному режимі і по замкнутій схемі підключення установки дало

можливість видалити з конвективної частини котла шматки окалини, скріпки, металеві пластини та інше механічне сміття. Котел вийшов на паспортний гідравлічний опір $-0,9 \text{ кг/см}^2$.

Крім того, було виконане промивання системи опалення з навісними котлами. Об'єктом дослідження слугувала система теплопостачання двоповерхового котеджу з опалювальними приладами – чавунними радіаторами МС-140 і розводкою із сталевих труб. В якості джерела теплоти у котеджі функціонували 2 навісні двоконтурні котли голландського виробництва. Крім того, у цьому котеджі промивці підлягали ще 2 аналогічних котли, які вже експлуатувалися і були повністю забиті відкладеннями. Система була підключена до промивної установки та заповнена 10% протинакипним розчином. Промивання продовжувалася на протязі доби, потім до системи були підключені ще 2 резервні котли по чергово.

В результаті промивки знизилася середньодобова витрата природного газу на 12%. Це було зафіксовано показниками газового лічильника. Крім того результати промивки сказалися на температурному графіку: до промивки автоматика підтримувала температуру теплоносія на виході з котла $75 \text{ }^\circ\text{C}$, після промивки температура знизилася до $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Це свідчило про те, що очистилася як поверхня нагріву котла, так і внутрішня поверхня опалювальних приладів.

Нарешті цього опалювального сезону було проведено промивання системи теплопостачання лікарні з власною котельнею з двома котлами НІСТу-5. На початок експерименту в середині опалювального сезону перепад тиску на обох котлах складав $2,5 \text{ кг/см}^2$. Стаціонарні манометри були замінені на манометри класу точності 0,15. До системи через бак запасу води було влито концентрат ПАР з розрахунку концентрації у мережній воді 2%. Експлуатація котельні проходила у звичайному режимі згідно режимної карти. На початок експерименту фактично працював котел №1 і лише при пікових навантаженнях вмикався котел №2. Циркуляція теплоносія відбувалася на протязі всього експерименту через 2 котли, не зважаючи на температурний графік. Кількість годин роботи котлів у гріючому режимі за час експерименту склала 1088 для котла №1, та 891 для котла №2. На кінець опалювального сезону котел №1 вийшов на паспортний режим, перепад тиску на ньому складав 1 кг/см^2 . Котел №2 закінчив сезон із перепадом $1,5 \text{ кг/см}^2$, пропрацювавши на 200 годин менше. На протязі всього експериментального періоду (82 дні) на мережному фільтрі та в колекторах котлів фіксувалися відшаровані відкладення та шлам різних фракцій. Таким чином, експеримент по очищенню котлів НІСТу-5 при використанні 2% розчину показав його високу ефективність. Крім того, в системі опалення лікарні були повністю промиті всі опалювальні прилади.

Отже, враховуючи досвід використання розчину ПАР для очищення теплообмінних поверхонь обладнання, відпрацювання методики виконання та позитивну тенденцію результатів, можна вважати ПАР-технологію такою, що може бути рекомендована для широкого розповсюдження в теплотехнічних системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение. –Л.: Химия, 1981. – 304с.
2. Рыженков В.А., Седлов А.С. Использование ПАВ для снижения гидравлического сопротивления систем теплоснабжения.// Вестник МЭИ.- 2008.- №1. –С. 41—47.
3. Филиппов Г.А., Кукушкин А.Н. Результаты введения ОДА-гидразинного режима 2-го контура АЭС с ВВЭР-440.// Энергосбережение и водоподготовка. 2007.- №3.- С. 2- 5.