

© Р.М. Вишневецький  
 М.В. Цаволик  
 Б.Л. Литвин  
 канд. хім. наук  
 НДПІ ПАТ «Укрнафта»

## Досвід упровадження комплексних інгібіторів та біоцидів марки «PuroTech» як засобів захисту теплообмінного обладнання Качанівського ГПЗ

УДК 624.24.05

*Проведено дослідно-промислові випробування комплексного інгібітору «PuroTech iChem 1032A» та біоцидів «PuroTech 63», «PuroTech 68», «PuroTech Microbiocide WT(k)» в оборотному циклі водоохолодження цеху переробки газу Качанівського ГПЗ. Отримано позитивні результати захисту від корозійної дії, накипоутворення та біообростання технологічного обладнання системи охолодження.*

**Ключові слова:** інгібітор, біоцид, корозія, накипоутворення, біообростання.

*Проведены опытно-промышленные испытания комплексного ингибитора «PuroTech iChem 1032A» и биоцидов «PuroTech 63», «PuroTech 68», «PuroTech Microbiocide WT (k)» в оборотном цикле водоохлаждения цеха переработки газа Качановского ГПЗ. Получены положительные результаты защиты от коррозионного воздействия, накипеобразования и биообращения технологического оборудования системы охлаждения.*

**Ключевые слова:** ингибитор, биоцид, коррозия, накипообразование, биообращание.

*Pilot testing of complex inhibitor «PuroTech iChem 1032A» and biocides «PuroTech 63», «PuroTech 68», «PuroTech Microbiocide WT (k)» in water cooling recycle of gas processing department of Kachanivka gas processing plant have been performed. Positive protection results of corrosion, scaling and biofouling of process equipment cooling system are obtained.*

**Key words:** inhibitor, biocide, corrosion, scaling, biofouling.

На сьогодні можливості підвищення теплогідравлічних характеристик технологічних теплообмінних апаратів практично вичерпані. Однак питання зниження собівартості та енергоємності продукції залишається актуальним. Основним способом вирішення цього питання є зниження капітальних і експлуатаційних затрат, пов'язаних із ліквідацією наслідків корозійного руйнування та проведенням очищення теплообмінного обладнання від накипоутворень та біообростання.

Тому впровадження новітніх технологій боротьби з накипоутворенням та біообростанням на теплообмінному обладнанні є актуальним завданням. На сьогодні одним із основних та дешевих способів такої боротьби є застосування комплексних інгібіторів і біоцидів. Комплексні інгібітори виявляють, крім протинакипних, протикорозійні властивості: знижують корозійну агресивність оборотної води.

Для комплексного вирішення проблеми захисту водооборотних циклів від корозії й накипоутворення в системі зворотного водоохолодження цеху переробки газу (ЦПГ) Качанівського ГПЗ проведено дослідно-промислові випробування комплексного інгібітору «PuroTech iChem 1032A» та біоцидів «PuroTech 63», «PuroTech 68» і «PuroTech Microbiocide WT(k)» виробництва ТОВ «Технохім-реагент» (Україна).

У зв'язку з дефіцитом води в літній час та проблемою утилізації стічних вод в оборотному циклі ЦПГ Качанівського ГПЗ до початку дослідно-промислових випробувань підтримували занадто високий коефіцієнт упарювання (від 3 до 5,5), що відповідає за ступінь концентрування

солей жорсткості в оборотній воді. Відсутність інгібіторної обробки до початку випробувань призвела до того, що зрештувачі градирень були забиті водним каменем, який значно погіршив охолодження води та видалення шламу з оборотного циклу. ГрадиРНі відігравали роль фільтра, на якому затримувалися всі зважені речовини з оборотної води. На теплообмінному обладнанні теж спостерігалося значне накипоутворення карбонатного типу із вмістом продуктів корозії (гідроксидів заліза).

Відсутність біоцидної обробки призвела до появи нитчастих водоростей та слизу, позеленіння та обростання всіх елементів градиРНі, цвітіння оборотної води, появи чорного мулу в теплообмінниках.

Перед початком дозування комплексного інгібітору «PuroTech iChem 1032A» у систему всю оборотну воду (3800 м<sup>3</sup>) обробили біоцидом «PuroTech Microbiocide WT(k)» у кількості 10 г/м<sup>3</sup> оборотної води. Подальшу обробку біоцидами «PuroTech 63», «PuroTech 68» та «PuroTech Microbiocide WT(k)» виконували по чергово, згідно з розробленим графіком, кожні 10–15 діб залежно від стану біологічного забруднення води оборотного циклу. Концентрації біоцидів в оборотній воді становили відповідно 20, 20 та 10 г/м<sup>3</sup>.

Після внесення ударної дози (із розрахунку 50 г/м<sup>3</sup>) інгібітор «PuroTech iChem 1032A» з 28.07.2014 р. дозували в автоматичному режимі за допомогою автоматичної станції дозування в забірну камеру циркуляційних насосів із дотриманням норми витрати інгібітору відповідно до програми (30 г/м<sup>3</sup> підживлюючої води).



Рис. 1. Динаміка зміни показника транспортування солей жорсткості під час дослідно-промислових випробувань комплексного інгібітору «Puro-Tech iChem 1032A»

Із 14.10.2014 року концентрацію інгібітору зменшили до  $25 \text{ г/м}^3$ .

Ефективність обробки контролювали за показниками транспортування солей жорсткості і зміни стану теплообмінного обладнання.

У процесі дослідно-промислових випробувань контролювали:

- швидкість корозії гравіметричним та електрометричними методами;
- стан поверхні обладнання в доступних місцях (під час відключення апаратів) на предмет зміни кількості (товщини) накипу;
- жорсткість підживлюючої та циркуляційної води;
- лужність підживлюючої та циркуляційної води;
- водневий показник рН підживлюючої та циркуляційної води;
- електропровідність циркуляційної води;
- вміст хлоридів у підживлюючій та циркуляційній воді;
- вміст заліза загального в підживлюючій та циркуляційній воді;
- вміст органічних фосфатів у циркуляційній воді;
- загальне мікробне число.

Після обробки циркуляційної води біоцидами відмічено, що нитчасті водорості побіліли та перестали рости (уже на другий тиждень випробувань), зелень на зрошувачах градирні зникла, нарости водяного каменю на загороджувальних решітках градирні почали змиватися. Оборотна вода перестала цвісти і стала прозорою, на зрошувачах зник слиз. Під час огляду теплообмінників відмічено зникнення чорного мулу.

Загальне мікробне число під час дослідно-промислових випробувань протягом всього теплого періоду року не перевищувало  $10^4$  кол./мл, що свідчить про ефективність вибраного режиму біоцидної обробки.

Охолодження навколишнього середовища і пов'язаного з цим зменшення активності бактерій із середини жовтня призвело до зниження загального мікробного числа до  $10^3$  кол./мл, тому інтервал обробки біоцидами збільшено до 15 днів.

Із результатів аналізу підживлюючої та оборотної води відмічено, що після введення інгібітору «PuroTech iChem 1032A» концентрацією  $30 \text{ г/м}^3$  у підживлюючу воду значення лужності в обробленій воді зросло з 6–8 до 10–12 мг екв/л, що свідчить про суттєве зменшення процесів розкладання бікарбонату кальцію і утворення нерозчинного карбонату кальцію. Причому коефіцієнт упарювання підтримували на рівні від 1,8 до 2,5.

У результаті використання інгібітору «PuroTech iChem 1032A» під час дослідно-промислових випробувань транспортування солей жорсткості збільшилося з 20–30 до 88–95 %, що є достатньо для безперебійної роботи системи зворотного водоохолодження. Зміну значення показника транспортування солей жорсткості під час дослідно-промислових випробувань наведено на рис. 1.

Зменшення концентрації інгібітору «PuroTech iChem 1032A» із 30 до  $25 \text{ г/м}^3$  у підживлюючій воді (з 13.10.2014) фактично не вплинуло на контрольовані показники.

Середнє значення показника транспортування солей жорсткості після зменшення концентрації інгібітору «PuroTech iChem 1032A» до  $25 \text{ г/м}^3$  становило в середньому 88–92 %.

Під час проведення лабораторних досліджень комплексний інгібітор «PuroTech iChem 1032A» забезпечував високий рівень транспортування солей жорсткості (у межах від 80 до 100 %) при концентрації інгібітору від 15 до  $30 \text{ г/м}^3$  у підживлюючій воді ( $K_y$  від 2,0 до 3,0). Під час проведення дослідно-промислових випробувань ефективна концентрація інгібітору є більшою, ніж під час лабораторних досліджень, оскільки в обладнанні оборотного циклу накопичена велика кількість накипу. За відсутності накипу в обладнанні оборотного циклу та чистих зрошувачах градирень необхідну дозу інгібітору може бути зменшено до  $15\text{--}20 \text{ г/м}^3$ . Відпрацювання мінімальної ефективної концентрації комплексного інгібітору буде здійснюватися під час його промислового використання.

Механізм дії комплексного інгібітору «PuroTech iChem 1032A» базується на блокуванні зростання мікрочастин карбонату кальцію (накип), що формуються під час нагрівання циркуляційної води. Утворена суспензія мікрочастин повинна виводитися з оборотної води під час продування системи (скидання певної кількості води в каналізацію). Наявність водного каменю у зрошувачах градирні призводить до фільтрації та накопичення утворених мікрочастин карбонату кальцію, що є причиною зменшення показника транспортування солей жорсткості. Тому для оцінки ефективності застосування комплексного інгібітору також використовують результати огляду стану поверхні теплообмінників та зрошувачів градирні.

Під час огляду градирні відмічено, що в місцях протікання оборотної води поверхні зрошувачів (особливо верхня частина) та загороджувальні решітки після використання інгібітору стали значно чистішими, однак в місцях з відсутнім протоком води водяний камінь повністю не зник. Це може бути обумовлено недостатнім терміном випробувань та наявністю застійних зон оборотної води, що містять інгібітор.

Під час огляду найбільш теплонагрітих теплообмінників також відмічено відсутність необхідності очищення (свердління) трубок для видалення накипу.

Результати оцінки швидкості корозійного руйнування взірців-свідків у оборотній воді наведено в таблиці.

Отримані значення швидкості корозії значно нижчі від встановленої норми ( $0,1 \text{ мм/рік}$ ), що свідчить про ефективність протикорозійних властивостей інгібітору «PuroTech iChem 1032A».

Також проведено стендові дослідження корозійної агресивності води, обробленої комплексним інгібітором

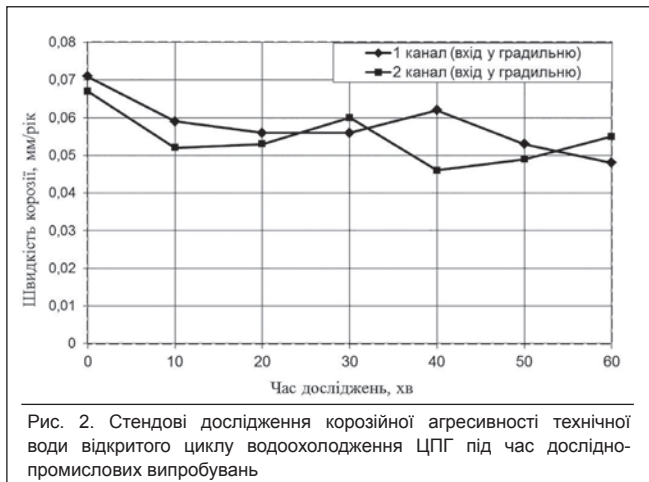


Рис. 2. Стендові дослідження корозійної агресивності технічної води відкритого циклу водоохолодження ЦПГ під час дослідно-промислових випробувань

корозії «PuroTech iChem 1032A» на градирні за допомогою пілотної установки «Монікор-стенд».

Пілотна установка «Монікор-стенд» призначена для проведення корозійно-метричних досліджень у промислових умовах у потоці робочого середовища за допомогою приладів, робота яких базується на методі лінійної поляризації електродів. Для роботи з установкою в прочотній комплектації користувалися корозиметром «Монікор-2». Під'єднання стендової установки до трубопроводу через пробовідбірник здійснювали за допомогою шланга відповідного діаметра з можливістю регулювання витрати оборотної води. Швидкість потоку середовища в стендовій установці виставляли за витратою води  $Q$  (л/хв), яка є співмірною зі швидкістю потоку циркуляційної води в системі.

Результати стендових досліджень корозійної агресивності оборотної води зображено на рис. 2.

Із результатів стендових досліджень, зображених на рис. 2, видно, що інгібітор «PuroTech iChem 1032A» забезпечує достатню високі захисні властивості технологічного обладнання ЦПГ від корозійного руйнування, а кінцева швидкість корозії становить від 0,046 до 0,062 мм/рік. Фонова швидкість корозії, заміряна до випробувань, – від 0,16 до 0,23 мм/рік. Такі результати є достатніми для ефективної та безперебійної експлуатації теплообмінного обладнання.

## Висновки

На основі проведених дослідно-промислових випробувань комплексного інгібітору «PuroTech iChem 1032A» та біоцидів «PuroTech 63», «PuroTech 68», «PuroTech Microbiocide WT(k)» зроблено такі висновки та рекомендації:

- за відсутності реагентної обробки оборотної води необхідно підтримувати в оборотних системах низький коефіцієнт упарювання, орієнтуючись на забезпечення транспортування солей жорсткості не нижче 80–90%. Однак такий режим потребує значної витрати води для підживлення оборотного циклу та утворення значного об'єму стічних вод і не вирішує повною мірою проблем накипоутворення та корозійного руйнування на теплообмінному обладнанні;
- комплексний інгібітор «PuroTech iChem 1032A»

Таблиця

Результати гравіметричних досліджень ефективності протикорозійних властивостей інгібітору «PuroTech iChem 1032A»

Час експозиції	Швидкість корозії, мм/рік	Примітки
серпень	0,03–0,04	взірці без точкових корозійних пошкоджень
вересень	0,04–0,05	
листопад	0,05–0,06	

показав достатню ефективність захисту від корозії та накипоутворення за концентрації не менше 25 г/м<sup>3</sup> у підживлюючій воді і з коефіцієнтом упарювання від 1,8 до 2,5. За результатами досліджень реагент рекомендовано до промислового застосування з метою захисту обладнання відкритих циклів водоохолодження установок Качанівського ЦПГ;

- під час проведення дослідно-промислових випробувань ефективна концентрація інгібітору є більшою, ніж під час лабораторних досліджень, оскільки в обладнанні оборотного циклу накопичена велика кількість накипу. За відсутності накипу в обладнанні оборотного циклу та чистих зрошувачах необхідна доза інгібітору може бути зменшена до 15–20 г/м<sup>3</sup>. Коригування концентрації інгібітору буде здійснюватися під час його промислового застосування в процесі очищення системи;

- комплекс випробуваних біоцидів «PuroTech 63», «PuroTech 68», «PuroTech Microbiocide WT(k)» показав достатню ефективність для регулювання рівня біологічного забруднення оборотної води. Загальне мікробне число під час випробувань протягом усього теплового періоду року не перевищувало 10<sup>4</sup> кол./мл. Ці біоциди рекомендовано для використання на Качанівському ГПЗ із метою регулювання рівня біологічного забруднення оборотної води;

- для зменшення об'ємів підживлюючої води, необхідної для підтримання коефіцієнта упарювання на рівні 2,0, зменшення об'ємів продування системи, а також для повного очищення обладнання оборотного циклу від існуючого накипу та водного каменю рекомендовано провести випробування цього інгібітору з підкислювачем на основі сірчаної кислоти «PuroTech RO130» згідно з новою програмою дослідно-промислових випробувань.

## Список використаних джерел

1. Анипко О.Б. Проблема образования отложений на теплообменных поверхностях пластинчатых теплообменников / О.А. Анипко, А.Л. Гогенко // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – № 4. – С. 7–13.
2. Справочник по теплообменникам. Т. 2 / Под ред. О.Г. Мартиненко. – М.: Энергия, 1987. – 352 с.
3. Гаврилов А.Ф. Загрязнение и очистка поверхностей нагрева котельных установок / А.Ф. Гаврилов, Б.М. Макин. – М.: Энергия, 1980. – 328 с.
4. Жимерин Д.Г. Современные проблемы энергетики / Д.Г. Жимерин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.