

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕАГЕНТНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ КИСЛОТНОСТІ ОБОРОТНОЇ ВОДИ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

¹Криворізький національний університет

Проаналізовані методи регулювання кислотності оборотної води теплоенергетичного обладнання металургійного підприємства. Зазначено, що впровадження реагентної установки для регулювання кислотності оборотної води є оптимальним методом. Встановлено, що застосування реагентної установки має значні переваги у порівнянні з ремонтом теплоенергетичного обладнання на яке впливають зміни властивостей води. Цей метод надійний, прогнозований, аналітичний. Проведено аналіз статистичної інформації, та оцінено динаміку змін потрібних відсотків хімічних реагентів для отримання показників зі значенням «норма» на підприємстві ПАО «Арселор Міттал Кривий Ріг». Систематизовано методи регулювання показника «рН кислотності оборотної води» для теплоенергетичного обладнання. Увага акцентована на досягненні нормативних показників за кількістю зважених речовин, для чого застосовується обробка оборотної води флокулянтами. Для зниження швидкості корозії і утворення на поверхні теплоенергетичного обладнання газоочищення плівки, яка перешкоджає корозії, застосовується обробка оборотної води антикорозійними інгібіторами. Встановлено, що перехід металургійних підприємств на метод регулювання показника рН кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання за допомогою реагентної установки рекомендується впроваджувати по-перше: провівши аналіз на виявлення необхідності у автоматизації процесу (частому введенні хімічного реагенту до циклу водопостачання), по-друге: готовність підприємства до великих капіталовкладень (реагентна установка та хімічні реагенти до неї є вартісними), по-третє: наявність регіонального представника для проведення сервісного обслуговування реагентної установки (реагентна установка є імпоротною, тому можливість залучення спеціалістів до її обслуговування є обмеженою). Запропоновані технологічні рішення, які впливають на якісні показники води, а саме ефективність роботи пиловловлювача Доменної печі (ДП-9), ефективність роботи елементів газоочищення ГО-5, сировина і технологічне навантаження ДП-9. Проведені експериментальні лабораторні випробування комплексної обробки води системи охолодження ГО-5 ДП-9, в результаті яких встановлено розрахункову кількість 45 % розчину NaOH для доведення рН оборотної води до нормативних вимог не нижче 7,0. Необхідно 3,1 м³/добу NaOH, що становить 134 тони на місяць. Запропонований метод передбачає введення NaOH, флокулянтів та інгібіторів корозії, що дозволить знизити наявність зважених речовин з 150...200 мг/дм³ до 20 мг/дм³, підвищити показник рН води до 7 одиниць і вище. Це значно зменшить абразивний і хімічний знос обладнання ГО-5 ДП-9 і насосної станції цеху водопостачання, і, відповідно — збільшить термін служби теплоенергетичного обладнання і знизить витрати на ремонт цього обладнання.

Ключові слова: очищення води, реагентна установка, показник «рН кислотності оборотної води», теплоенергетичне обладнання, водопостачання.

Вступ

Необхідність удосконалення методів регулювання кислотності оборотної води теплоенергетичного обладнання для запобігання прискореній корозії, абразивному зносу елементів теплоенергетичного обладнання, посиленню затемнення («мутності») води і недопущення внаслідок цього порушення технологічного процесу у складній ланці виробництва металургійної продукції є на сьогодні дуже актуальною задачею. Виконання вимог законодавчих актів з екології та діючих міжнародних стандартів системи екологічного менеджменту є досить важливим етапом роботи сучасного потужного металургійного підприємства.

Potentialhydrogeni (pH) — водневий показник. Він вказує на наявність в середовищі іонів водню, кількісно показуючи кислотно-лужний баланс води. З $pH = 7$ вода має нейтральну реакцію, з $pH > 7$ — лужну, а у разі $pH < 7$ — кислу. Одиниця вимірювання — моль на літр.

Значення цього показника зараз має великий вплив у технологічних процесах теплоенергетичного обладнання, у ланках виробництва на підприємствах України. У багатьох технологічних процесах використовуються рідини, до рівня pH яких висувуються жорсткі вимоги. Для вирішення проблем стабільності процесу підкислення і підлуження існують різні методи регулювання показника pH кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання на підприємствах України [1].

Маємо чотири найвикористовуваніших методи регулювання показника «pH кислотності оборотної води» для теплоенергетичного обладнання, такі як: за допомогою кислотно-основних індикаторів, за допомогою pH-метра, за допомогою проведення кислотно-основного титрування, за допомогою системи автоматичного регулювання показника pH кислотності оборотної води.

Мета роботи — дослідження методів регулювання показника pH кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання та перехід підприємства на сучасний метод регулювання показника «pH кислотності оборотної води» для теплоенергетичного обладнання.

Результати досліджень

У технологічних схемах очищення води (поверхневої, підземної або стічної) використовуються процеси реагентного оброблення води, які здійснюють шляхом внесення того чи іншого хімічного реагенту в оброблювану воду з метою зміни показників якості води до необхідної величини.

Загальна маса підприємств України найчастіше використовує чотири регулювання показника pH кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання (за допомогою кислотно-основних індикаторів, за допомогою pH-метра, за допомогою КОТ, за допомогою реагентної установки).

До сучасних методів впроваджених в світі відносять:

- система «Process for adjusting the pH of an aqueous flowable fluid» що у перекладі з англійської мови «Процес регулювання pH водних розчинів» (США);
- система для електродіалізного поділу води за допомогою зворотноосмотичних мембран та біполярних мембран (США);
- система на електрохімічному коригуванні pH кислотності оборотної води до заданого значення і його подальшої стабілізації (США);
- метод регулювання показника «pH кислотності оборотної води» за допомогою CO_2 (Росія);
- метод регулювання показника «pH кислотності оборотної води» за допомогою титрів (Казахстан, Білорусь).

Порівнявши методи регулювання показника pH кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання можна зробити такі висновки:

- 1) pH кислотності оборотної води можна оцінювати: приблизно, точно, аналітично.
- 2) метод регулювання показника «pH кислотності оборотної води» за допомогою кислотно-основних індикаторів використовується на багатьох сучасних промислових підприємствах, але у межах лабораторії. Вимірювання pH кислотності оборотної води можливе лише зі зразків чистих циклів водопостачання теплоенергетичного обладнання або зразків попередньо очищених. Він не є найчіткішим та найдостовірнішим і потребує певного часу для отримання результатів, але він і не потребує великих капіталовкладень.
- 3) метод регулювання показника «pH кислотності оборотної води» за допомогою pH-метра вирізняється високою точністю, він дозволяє провести заміри як у чистих, так і у брудних водах на місці (не потрібно везти зразки до лабораторії). Має свої недоліки такі як: компенсації змін температури, компенсації змін рівноважних концентрацій іонів водню в зразках. Широке застосування pH-метрів в сучасній металургійній промисловості забезпечується розробкою методів і приладів, що дозволяють безперервне автоматичне регулювання змін pH кислотності оборотної води або підтримання значень цієї величини на заданому рівні. Без цих робіт промислове вимірювання pH кислотності оборотної води за допомогою pH-метрів ніколи не вийшло б за межі лабораторій.

4) метод регулювання показника pH кислотності оборотної води за допомогою кислотно-основного титрування характеризується простотою виконання, не потребує вартісних приладів та обладнань, має високу точність, виконується у лабораторіях. Якщо цей метод на підприємстві не автоматизований, то тоді цей метод вважається ще й економічним.

5) метод регулювання показника «pH кислотності оборотної води» за допомогою системи ав-

томатичного регулювання рН кислотності оборотної води (реагентна установка) характеризується повною автоматизацією технологічних процесів, котрі виводяться на екрани моніторів, потребою у повсякчасному технічному обслуговуванні, має високу точність, виконується безпосередньо на місці потреби в регулюванні показника рН кислотності оборотної води — водному середовищі теплоенергетичного обладнання. Цей метод ґрунтується на використанні хімічних реагентів для обробки води, які дозуються автоматично. Має свої недоліки такі як: доволі витратний метод регулювання, потребує кваліфікованої підготовки виконавця.

Протягом трьох років виконано чимало лабораторних і фізичних досліджень, щоб підібрати оптимальну модель реагентної установки, тобто визначитися з потрібним відсотком хімічних реагентів для отримання показників зі значенням «норма». Метод регулювання показника рН кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання за допомогою реагентної установки на підприємстві ПАО «Арселор Міттал Кривий Ріг» впроваджений в енергетичному департаменті у структурному підрозділі, який має назву «Цех водопостачання» (ЦВП). [2]

Умовно «брудний» оборотний цикл газоочищення та доменної печі (ГО, ДП) є замкнутим циклом водопостачання, що включає до свого складу очисні споруди (радіальні відстійники — 3 шт), вентиляторні градирні, які працюють в режимі бризкальних басейнів. Загальний обсяг води в умовно «брудному» оборотному циклі ГО — ДП становить 14000 м³ [2], [3].

На якісні показники води впливає ефективність роботи пиловловлювача ДП, ефективність роботи елементів ГО, сировина і технологічне навантаження ДП. В період 2015—2016 років в умовно «брудному» оборотному циклі ЦВП на ГО-5 ДП-9 наявність зважених речовин становила до 200...250 мг/л (за норми ≤ 150 мг/л), хлоридів до 1000 мг/л (за норми ≤ 600 мг/л), невизначені значення рівня рН кислотності оборотної води знаходяться в діапазоні від 2,15 до 6,36 (за норми ≤ 8,5; за даними замірів за січень 2015 року), що призводить до прискореної корозії, абразивному зносу елементів газоочищення ГО–ДП і комплексу насосної станції ЦВП [2], [3]. В серпні 2015 року настав «пік» прояву негативного впливу, викликаний гідравлічним навантаженням у 2,62 м³/м² на годину, за нормального 2,0 м³/м² на годину та низьким показникам рН води (рис. 1).

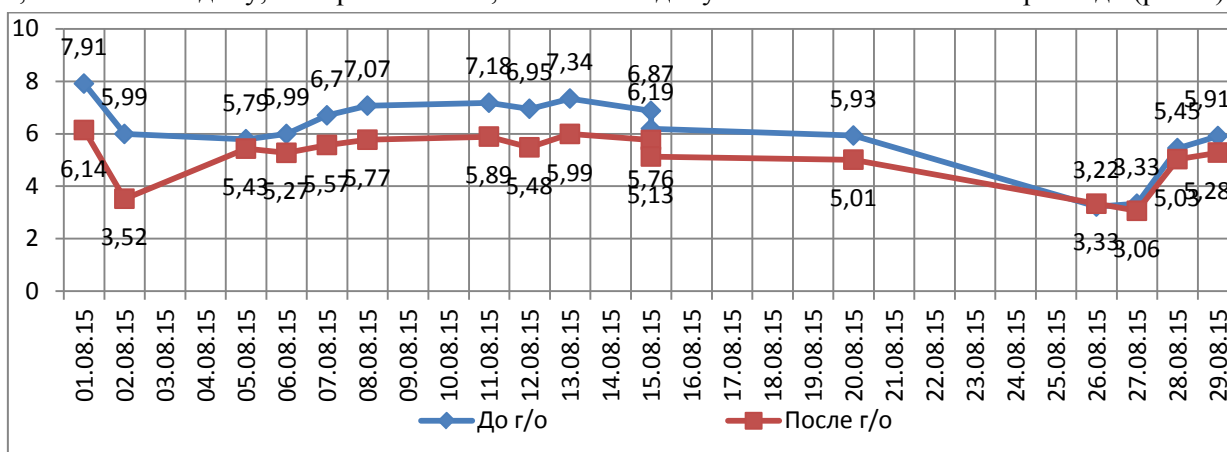


Рис. 1. Показник рН води до і після газоочищення ДП

Протягом року проведено експериментальні лабораторні випробування комплексної обробки води системи охолодження ГО-5 ДП-9, в результаті якої встановлено розрахункову кількість 45 % розчину NaOH для доведення рН оборотної води до нормативних вимог не нижче 7,0. Необхідно 3,1 м³/добу NaOH, що становить 134 тони на місяць [2].

Для досягнення нормативних показників за кількістю зважених речовин необхідне оброблення оборотної води флокулянтами. Для зниження швидкості корозії і утворення на поверхні водоводів, запірної арматури та теплоенергетичного обладнання газоочищення ГО–ДП плівки, яка перешкоджає корозії, необхідна обробка оборотної води антикорозійними інгібіторами.

Лабораторним шляхом встановлено, що для оборотного циклу насосної станції в рік необхідно флокулянта PuroFloc 1011 3504 кг та інгібітора PuroTech@Chem 8760кг.

Введення NaOH, флокулянтів та інгібіторів корозії дозволить знизити наявність зважених речовин з 150...200 мг/дм³ до 20 мг/дм³, підвищити показник рН кислотності оборотної води до 7 одиниць і вище. Це сприятиме значному зниженню абразивного і хімічного зносу обладнання, що в свою чергу збільшить термін служби теплоенергетичного обладнання і знизить витрати на

ремонт цього обладнання.

Аналізуючи воду, взятую з «брудного» циклу водопостачання ГО-5, ДП-9 та трьох чаш радіальних відстійників ЦВП (рис. 2, рис. 3, рис. 4), визначено, що для досягнення необхідного рівня рН води 8,0 необхідно використовувати в місяць 20,736 тон NaOH 100 % (каустичної соди), що становить 248,832 тон в рік

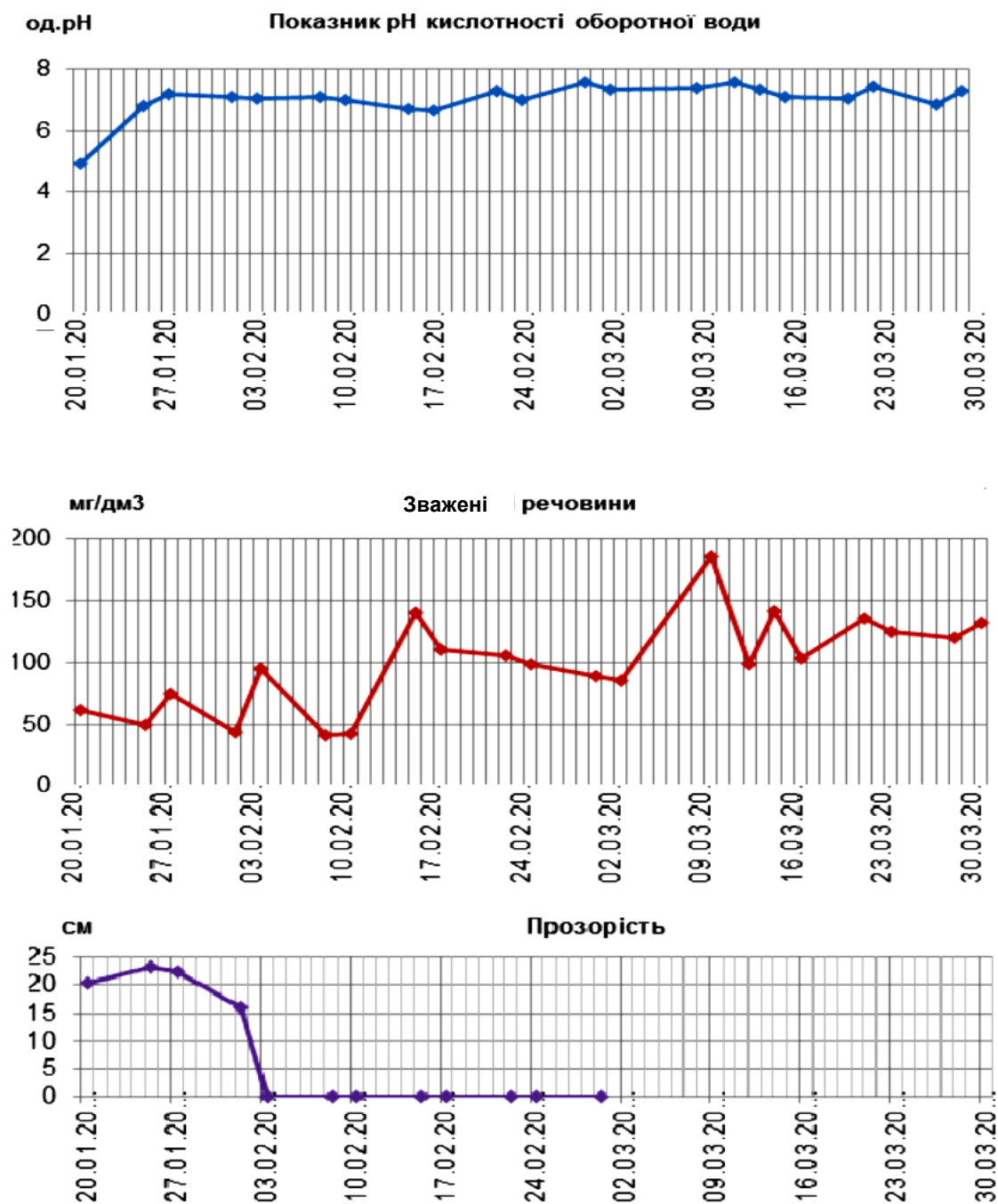


Рис. 2. Відбір проб води з чаші № 1 (дати забору однакові для всіх трьох показників)

Крім дозування каустичної соди, для зниження корозії устаткування оборотного циклу ГО-5, ДП-9 необхідно застосування інгібітору корозії. Щомісячна потреба становить 1209,6 кг, річна потреба — 14515,2 кг.

Контроль якості циркулярної води і управління дозуванням хімічних реагентів проводиться автоматичною системою моніторингу та управління за допомогою реагентної установки. [4].

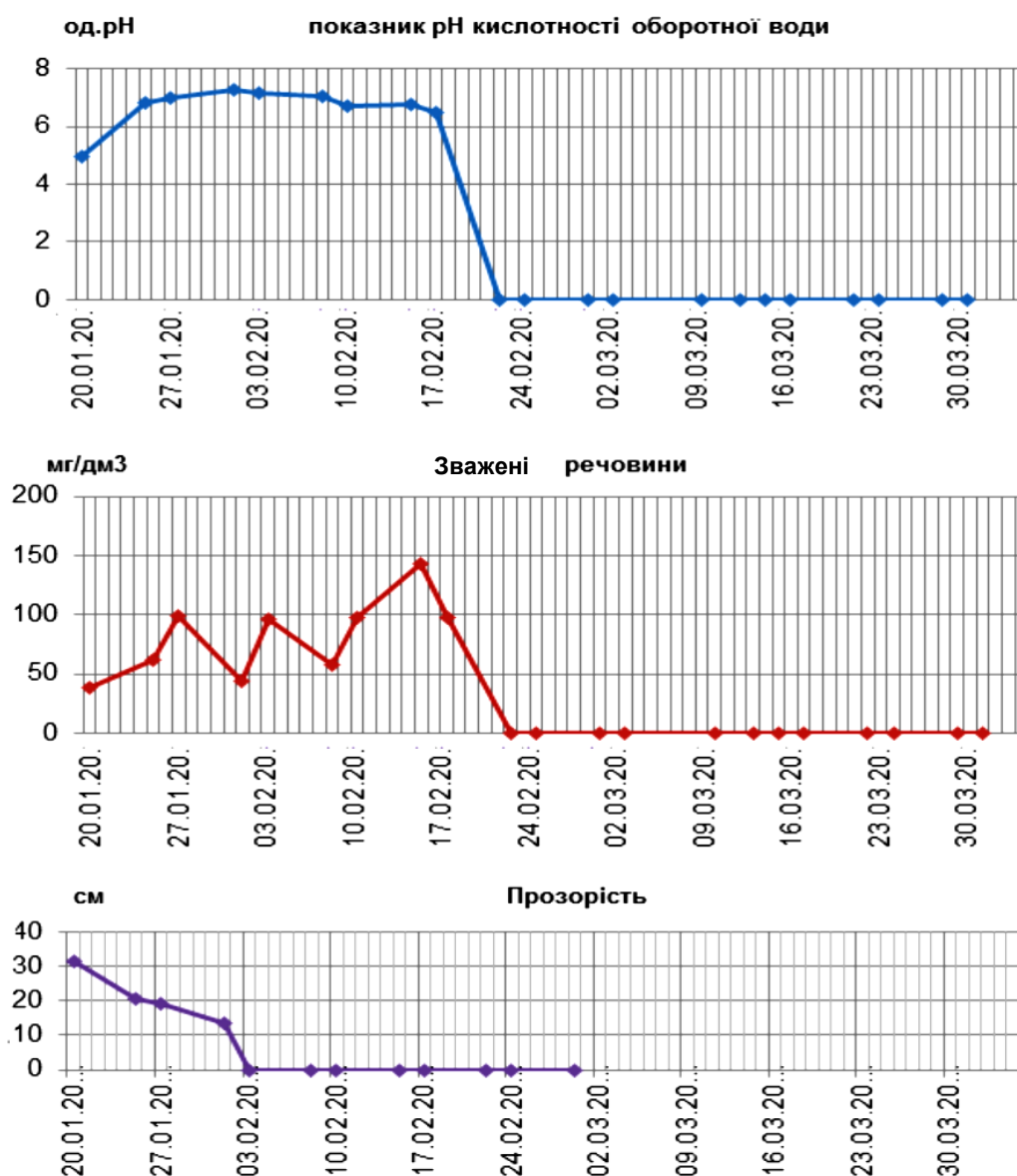


Рис. 3. Відбір проб води з чаши № 2 (дати забору однакові для всіх трьох показників)

Реагентна установка розміщується на майданчику в безпосередній близькості до об'єктів. Впродовж трьох років (з 2017 до тепер) використання ЦВП методу регулювання показника «рН кислотності оборотної води» для теплоенергетичного обладнання за допомогою реагентної установки дає свої «плюси». З рис. 6. видно, що в 2020 році показника рН кислотності оборотної води знаходився в діапазоні від 7,4 до 8,1. Нагадаємо, що на початку досліджень у 2015 році діапазон становив від 2,15 до 6,36 за норми $\leq 8,5$ [5]. З фактичних даних рівня рН кислотності оборотної води радіального відстійника ЦВП за 2015 та 2020 роки побудовано порівняльну діаграму стану показника «рН кислотності оборотної води» (рис. 6).

Отже, для впровадження методу регулювання показника рН кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання за допомогою реагентної установки для металургійних підприємств є перш за все необхідність проведення аналізу на виявлення потреби у автоматизації процесу, готовність підприємства до великих капіталовкладень, наявність регіонального представника для проведення сервісного обслуговування реагентної установки. Переваги застосування реагентної установки є значними у порівнянні з ремонтом теплоенергетичного обладнання на яке впливають зміни властивостей води [6]. Цей метод надійний, прогнозований, аналітичний (електронні звіти з установки). Отже, використовуючи метод регулювання показника рН кислотності оборотної води для теплоенергетичного обладнання за допомогою реагентної установки, металургійні підприємства зможуть збільшувати виробничий потенціал і використовувати новітні технології.

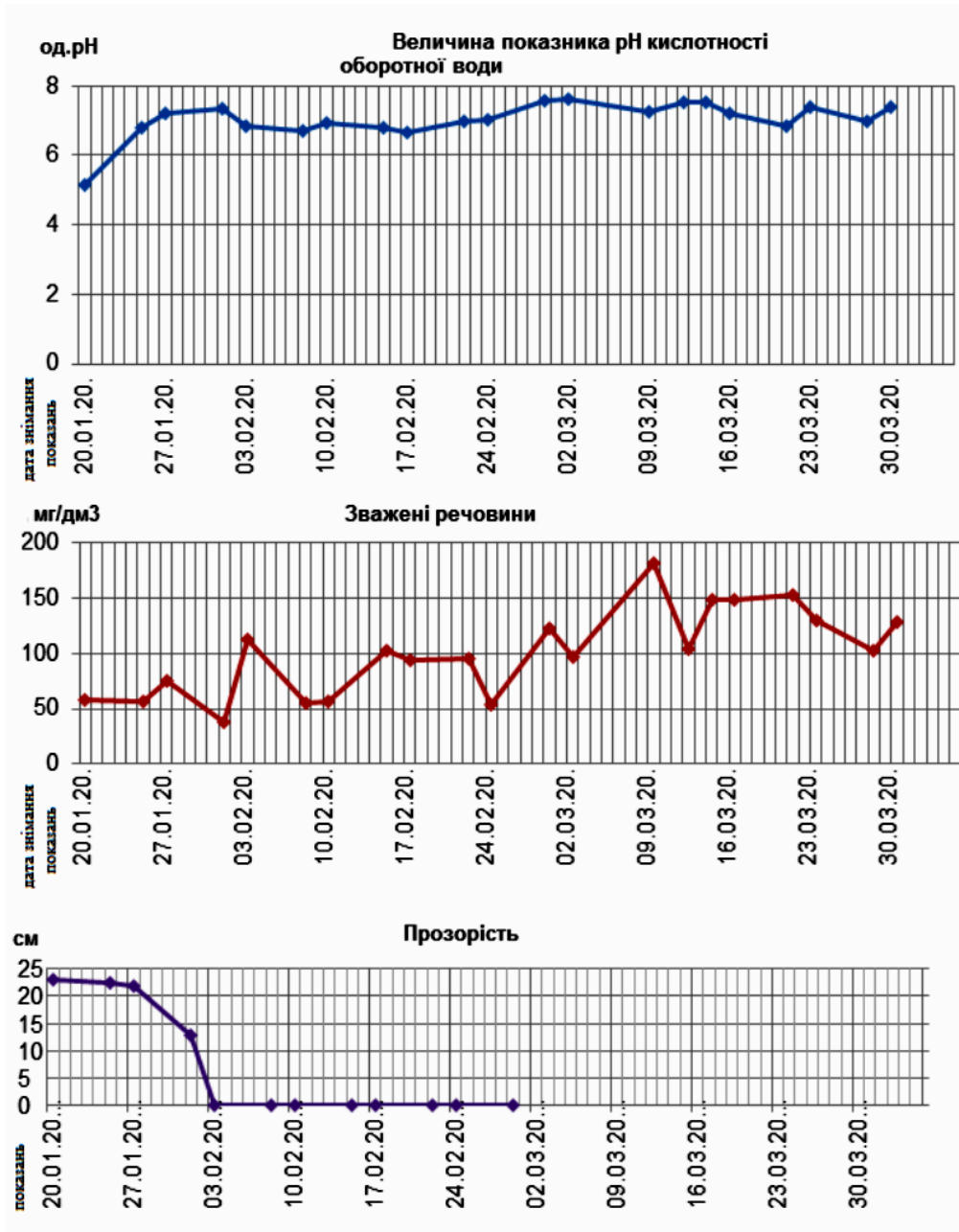


Рис. 4. Відбір проб води з чаші № 3

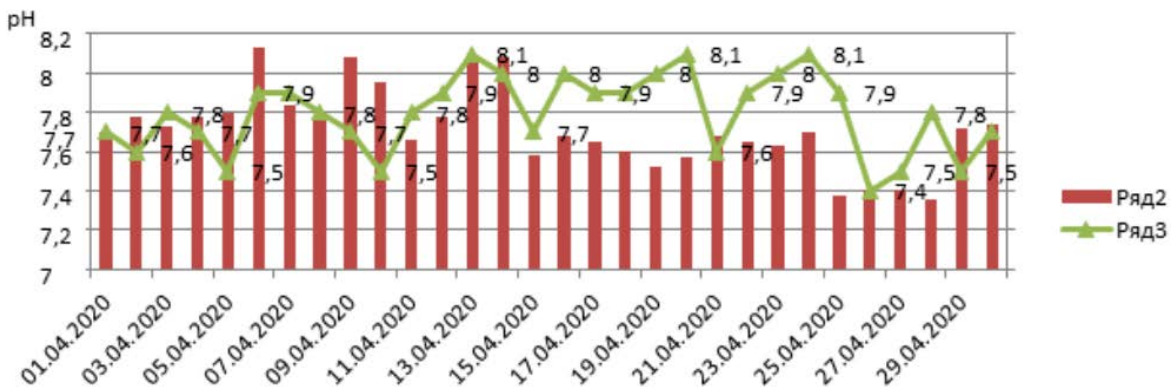


Рис. 5. Добові показники рН кислотності оборотної води у квітні 2020 року після впровадження методу регулювання показника «рН кислотності оборотної води» за допомогою системи автоматичного регулювання рН кислотності оборотної води

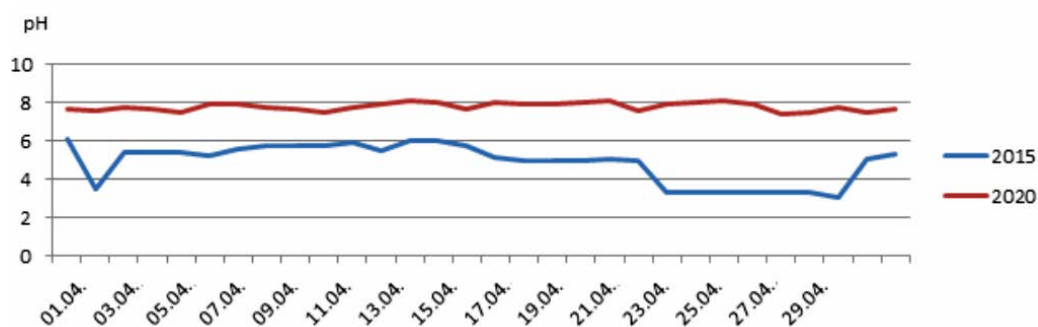


Рис. 6. Порівняння стану показника рН кислотності оборотної води у 2015 та 2020 рр.

Висновки

1. Проаналізовано методи визначення та регулювання кислотності оборотної води (рН середовища) сучасних металургійних підприємств.
2. Досліджено регулювання кислотності оборотної води (рН середовища) на підприємстві ПАО «Арселор Мітал Кривий Ріг» за допомогою системи автоматичного регулювання.
3. Впровадження автоматичної системи регулювання кислотності оборотної води дозволяє суттєво покращити її фізико-хімічні характеристики та знизити корозію обладнання металургійних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Р. Бейтс, *Определение рН. Теория и практика*, 2-е изд., Львов, Украина: Химия, 1972, 400 с.
- [2] ПАО «АМКР», *Техническое задание «Комплекс работ «под ключ» по объекту: «ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». ЦВС. Газоочистка ДП-9. Система автоматического регулирования уровня рН в воде «грязного» цикла, подающей на газоочистку ГО-5 ДП-9»*, 2017.
- [3] ООО «ЛВТ Инжиниринг», *Проект организации работ*, Кривой Рог, Украина, 2020.
- [4] З. А. Байназаров и др., «Способ автоматического регулирования величины рН водных растворов», *Патент России*, № 2284048 РФ: МПК G05D21/00, C02F1/66 /; RU2004134297/15, 20.09.2006.
- [5] В. П. Дмитриенко, «Устройство для электрохимической активации воды и водных растворов», *Патент России*, № 2658028 РФ: МПК C02F1/461 /04; RU2016109685A, 17.03.2016.
- [6] "Apparatus, program, system and process for in-flow increasing or decreasing the acidity of a fluid, including water and water solutions for surfaces of glass treatment, cleaning and disinfection," *Patent US 62/628296*. Priority date: 02/09/2018.
- [7] Н. В. Данякин, А. А. Сигида, «Способы и механизмы применения ингибиторов коррозии металлов и сплавов», *Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета*, № 2, 2017.

Рекомендована кафедрою хімії та хімічної технології ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.04.2021

Ялова Альона Миколаївна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: al.yalovaya@knu.edu.ua ;

Бондар Наталія Василівна — старший викладач кафедри теплоенергетики, e-mail: bondar_nv@knu.edu.ua

Криворізький національний університет, Кривий ріг

A. M. Yalova¹
N. V. Bondar¹

Introduction of Reagent Acidity Adjustment Installations of Return Water of Heat and Energy Equipment of Metallurgical Enterprise

¹Kryvyi Rih National University

The methods of regulating the indicator "pH water" of heat power equipment of metallurgical enterprise are analyzed. It is noted that the introduction of a reagent unit for regulating the indicator "pH of water" is the most optimal method. It was found that the use of the reagent has significant advantages compared with the repair of heat and equipment, which is affected by changes in water properties. This method is reliable, predictable, and analytical. The analysis of statistical information, the dynamics of changes in the required percentage of chemical reagents to obtain indicators with the value of "norm" at PJSC "Arcelor Mittal Kryvyi Rih" was carried out. Attention is focused on reaching regulatory indicators by the number of suspended substances, for which the treatment

of circulating water with flocculants is used. To reduce the rate of corrosion and the formation on the surface of heat-and-power equipment of the gas cleaning film, which prevents corrosion, the treatment of circulating water with anti-corrosion inhibitors is used. Methods for regulating the indicator "ph water" have been systemized for the heat and power equipment. It is established that the transition of metallurgical enterprises to the method of regulating the indicator "ph water" for heat and power equipment with the help of a reagent is recommended firstly: after analyzing the need for automation of the process (chemical reagent is often introduced into the water cycle), and secondly: the readiness of the enterprise for large investments (reagents and chemical reagents for it are expensive), and thirdly: having a regional service representative, because there are not many service specialists). There have been proposed technological solutions affecting water quality indicators, namely efficiency of blast furnace dust collector (BF)-9, efficiency of gas cleaning elements of GO-5, raw materials and technological load of BF-9. Experimental laboratory tests of complex water treatment of GO-5 DP-9 cooling system were conducted. As a result, the estimated amount of 45 % NaOH solution to bring the pH of return water to the normative requirements of not less than 7,0, which is 134 tons of NaOH per month, was established. It is noted that the proposed method will lead to the introduction of NaOH, flocculants and corrosion inhibitors, which will reduce the presence of suspended solids from 150...200 mg/dm to 20 mg/dm, increase water pH to 7 units or higher. This will lead to a significant reduction in abrasion and chemical wear of the Go-5 DP-9 equipment and the water supply department pump station, which, in turn, will increase the service life of the heat and power supply and reduces the repair cost of this equipment.

Keywords: water purification, reagent unit, "water pH" indicator, heat and power equipment, water supply.

Yalova Aliona M. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Heat And Power Engineering, e-mail: al.yalovaya@knu.edu.ua ;

Bondar Nataliia V. — Senior Lecturer of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: bondar_nv@knu.edu.ua

А. Н. Яловая¹
Н. В. Бондарь¹

Внедрение реагентной установки для регулирования кислотности оборотной воды теплоэнергетического оборудования металлургического предприятия

¹Криворожский национальный университет

Проанализованы методы регулирования кислотности оборотной воды теплоэнергетического оборудования металлургического предприятия. Отмечается, что оптимальным методом является введение реагента для регулирования индикатора "рН воды". Установлено, что использование реагента имеет значительные преимущества по сравнению с ремонтом тепло- и энергооборудования, на которое влияют изменения свойств воды. Этот метод является надежным, предсказуемым, аналитическим. Проведен анализ статистической информации, оценена динамика изменений требуемого процента химических реагентов для получения показателей со значением «нормы» на предприятии ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог». Систематизированы методы регулирования индикатора "рН кислотности оборотной воды" для тепло- и энергооборудования. Внимание сосредоточено на достижении нормативных показателей количества взвешенных веществ, для которых используется обработка циркулирующей воды флокулянтами. Для снижения скорости коррозии и образования на поверхности тепло- и силового оборудования газоочистной пленки, предотвращая коррозию, используется обработка циркулирующей воды антикоррозийными ингибиторами. Установлено, что переход металлургических предприятий на метод регулирования индикатора "рН кислотности оборотной воды" для тепло- и энергооборудования с помощью реагента рекомендуется осуществлять во-первых: после анализа необходимости автоматизации процесс (часто вводится химический реагент в цикл водоснабжения), во-вторых: готовность предприятия к крупным инвестициям (реагенты и химические реагенты к нему стоят дорого), и в-третьих: наличие регионального представителя службы, так как специалистов по обслуживанию не так много). Предлагаемые технологические решения, влияют на показатели качества воды, а именно эффективность пылеуловителя доменной печи (ДП)-9, эффективность газоочистных элементов ГО-5, сырье и технологическая нагрузка ДП-9. Проведены экспериментальные лабораторные испытания комплексной обработки воды системы охлаждения ГО-5 ДП-9, в результате которых установлено расчетное количество 45 % раствора NaOH для доведения рН кислотности оборотной воды до нормативных требований не ниже 7,0. Необходимо 3,1 м³/сутки NaOH, а это — 134 тонны в месяц. Предложенный метод предлагает введение NaOH, флокулянтов и ингибиторов коррозии, что позволит снизить присутствие взвешенных веществ с 150...200 мг/дм³ до 20 мг/дм³, повысить показатель рН воды до 7 единиц и выше. Это значительно уменьшит абразивный и химический износ оборудования ГО-5 ДП-9 и насосной станции отдела водоснабжения, а значит — увеличит срок службы тепло- и электроснабжения и снизит стоимость ремонта этого оборудования.

Ключевые слова: очищение воды, реагентная установка, показатель «рН кислотности оборотной воды», теплоэнергетическое оборудование, водоснабжение.

Ялова Алёна Николаевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры теплоэнергетики, e-mail: al.yalovaya@knu.edu.ua ;

Бондарь Наталия Васильевна — старший преподаватель кафедры теплоэнергетики, e-mail: bondar_nv@knu.edu.ua