

– на четвертом шаге расщепления $k = n + 1$; $c = n + \frac{3}{4}$:

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^+ C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^c + M_{yy}^+ C^k)$$

На каждом шаге расщепления шаблон разностных уравнений имеет треугольную форму на верхнем временном слое, поэтому неизвестное значение функции C можно найти по методу «бегущего счета».

Список литературы

1. Поляков Ю. С. Неравномерное осаждение частиц внутри полупроницаемых мембран [Текст] / Ю. С. Поляков // Теоретические основы химической технологии. – 2008. – Т. 42, N 1. – С. 80-87.
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Лойцянский Л. Г. – М.: Наука, 1978. – 735 с.
3. Самарский А. А. Теория разностных схем / Самарский А. А. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
4. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беяев. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
УДК 628.168.3

Надійшло до редакції 15.11.2015

УДК 628.168.3

Н.П. НЕЧИТАЙЛО, кандидат технических наук

Е.Н. КОСЮК, аспирант

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ В ОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вивчено вплив фосфоровмісних комплексонів на відкладення малорозчинних солей і корозійних утворень. Досліджена ефективність використання біоцидів неокислювального типу.

Ключові слова: корозія, солі, біоциди, зворотні системи водопостачання.

Изучено влияние фосфорсодержащих комплексонеров на отложения малорастворимых солей и коррозионных образований. Исследована эффективность применения биоцидов неокислительного типа.

Ключевые слова: коррозия, соли, биоциды, оборотные системы водоснабжения.

There have been studied an effect of phosphorus-containing complexones at the sediments of sparingly soluble salts and corrosion formations in the article. The efficiency of the use of non-oxidizing biocides type.

Key words: corrosion, salt, biocides, circulating water system.

Коррозия оборудования, отложения малорастворимых соединений и биологическое обрастание – три взаимосвязанных проблемы, возникающие при эксплуатации оборотных систем охлаждения. В том случае, когда продувки не обеспечивают поддержание оптимального водно-химического баланса (сухой остаток 750...1450 мг/л, хлориды не более 200 мг/л, сульфаты не более 200 мг/л, водородный показатель 8,5...9,5 [1]) необходимо применять соответствующую химическую обработку воды. В качестве ингибиторов коррозии и накипеобразования могут применяться различные соединения способные к адсорбции или же к встраиванию в поверхностный слой кристаллов солей жесткости с образованием прочных поверхностных комплексов. Большое практическое применение в качестве ингибиторов роста кристаллов получили комплексы фосфоновых кислот с цинком.

Однако ужесточение экологических требований к ингибиторам приводит к необходимости создания реагентов, обладающих наибольшей эффективностью при минимальных концентрациях [2,3].

Долгое время в качестве ингибиторов коррозии и накипеобразования применяли соединения на основе фосфатов. Автор [3] первым обнаружил, что добавление к воде малых концентраций полифосфатов предотвращает осаждение карбонатов кальция и тормозит кинетику коррозионных процессов. Однако рост концентраций фосфатов нарушает биологическое равновесие, приводит к резкому повышению биопродуктивности водорослей. Так, один грамм триполифосфата натрия стимулирует образование 5...10 килограммов водорослей [4]. Аналогами ингибиторов коррозии и накипеобразования на основе фосфатов являются комплексоны. Более 50 лет для отмывки и ингибирования теплотехнического оборудования от коррозионных образований и отложений малорастворимых солей применяются комплексоны класса полиаминополикарбоновых кислот и композиций на их основе [5].

В последние годы все большее распространение находят комплексоны, содержащие фосфоновую группу. Фосфонаты лишены основных недостатков фосфатов: низкой эффективности и высокой биоусвояемости [4]. Следует отметить, что фосфонаты способны не только предотвращать накипеобразование и коррозию, но и удалять уже образовавшиеся отложения.

Так, оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) и аминотриметиленфосфоновая кислота (АТМФ) активно применяются для предотвращения и удаления накипи в теплообменных и охлаждающих системах.

Удаление накипи и продуктов коррозии объясняется созданием в порах адсорбционных слоев фосфонатов. Под влиянием колебаний давления и градиентов температур, возникающих при эксплуатации систем, происходит разрушение кристаллических отложений и коррозионных повреждений, и, как следствие, превращение их в суспензию, которая легко удаляется из системы.

По результатам многочисленных испытаний растворов ОЭДФ для растворения отложений карбонатного типа были найдены условия, обеспечивающие максимально эффективные показатели по удалению накипи: исходная концентрация 30...40 мг/л, температура раствора 60...70°C. Следует подчеркнуть, что концентрация ОЭДФ не должна снижаться ниже 25...30 мг/л, так как это может привести к образованию осадка и значительно замедлить процесс удаления накипи [6].

Особенностью ОЭДФ и АТМФ является то, что они обладают эффектом стехиометрии, то есть в небольших дозах тормозят образование твердой фазы [7]. Комплексоны фосфонатов не только адсорбируются на поверхностях зародышей кристаллов, предотвращая их дальнейший рост, но также способны образовывать на металлических поверхностях тонкую защитную пленку. Как следствие, резко снижается доступ кислорода, и скорость коррозионных процессов падает, отсутствует накипеобразование.

Среди недостатков ОЭДФ и АТМФ следует отметить их нестабильность в гипохлоридных средах. По этой причине для предотвращения биологического обрастания оборудования оборотных систем охлаждения рекомендуется использовать биоциды неокислительного типа.

Деление биоцидов на окисляющие и неокисляющие объясняется механизмом их действия. Окислительные биоциды (хлор-, бром-, йодопроизводные, озон, перекись водорода) воздействуют на пленку как снаружи, так и изнутри [8]. Микроорганизмы погибают в результате разрушения внутренних компонентов клетки. Неокислительные биоциды менее токсичны и коррозионно активны. Сорбируясь на поверхности клетки, они нарушают обмен веществ и вызывают тем самым гибель микроорганизмов.

Наибольшее распространение в последние годы получили биоциды на основе полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) [9]. По сравнению с другими биоцидами неокислительного действия (2,2-дибромо-3-нитрилпропионамид ДБНПА при pH воды выше 9,5 разлагается, что приводит к повышению его дозировки и времени контакта; изотиазолины малоактивны по отношению к биопленке [8]) ПГМГ более стабилен при повышенном pH, обладает пролонгирующим действием, имеет низкий токсико-экологический эффект (III-ий класс опасности по ГОСТ 12.1.007).

Таблица 1

Эффективность действия биоцида на основе ПГМГ по снижению общего микробного числа (ОМЧ) в испытуемой среде охлаждающей воды [11]

Доза по основному веществу, мг/л	Снижение ОМЧ, %		
	Через 3 часа	Через 24 часа	Через 48 часов
1	74,0	75,0	90,0
5	99,0	99,7	96,7
10	93,1	99,2	99,5

ПГМГ обладает также антикоррозионными свойствами, так как способен образовывать комплексы с катионами металла, первичными продуктами гидролиза, а также образует тонкую полимерную пленку.

Разработки композиций реагентов на основе фосфоновых кислот и ПГМГ на сегодняшний день является актуальными по ряду следующих причин:

- применение данных соединений позволяет снизить число дозирующей аппаратуры;
- усиление антикоррозионных свойств за счет ПГМГ уменьшает концентрации фосфоновых кислот, что влечет за собою изменение себестоимости реагента;
- отсутствие шоковых дозировок (за исключением первоначального ввода реагента) исключает риск засорения системы отмершими водорослями.

Список литературы

1. *Водоподготовка*: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. *Предотвращение* солеотложений, коррозии и биообрастаний в системах оборотного водоснабжения, Тарасова С.А. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.
3. *Розенфельд И.Л.* Ингибиторы коррозии. – М.: Химия, 1977. – 350 с.
4. *Андрусишина Т.А.* Берегись фосфаты // «Вода и водоочистные технологии», №5 (55). – 2012.
5. *Маклакова В.П., Б.И.Бихман Б.И., Кузнецова Л.Л.* //Химические реактивы и особо чистые вещества: Тр. ИРЕА. – М.,1983.
6. *Дятлова Н.М., Терехин С.Н., Маклакова В.П. и др.*//Применение комплексонов для отмывки и ингибирования солеотложения в различных энерго- и теплосистемах. – М.:НИИТЭХИМ, 1986. – С.34-44.
7. *Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И..* Комплексоны и комплексонаты металлов – М.: Химия, 1988. – 544 с.
8. *Сусь М.И.* Биоциды разные нужны, «Вода и водоочистные технологии», №3 (63). – 2012.

9. *Исследование проблем биокоррозии и биообрастаний в системах оборотного водоснабжения и технологии их предотвращения*, Хасанова Д.И., V научно-практическая Конференция «Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования». // Сборник докладов, 29-30 октября 2013 г., г. Москва, «Экспоцентр».

Надійшло до редакції 14.11.2015

УДК628.1

В.В.НОР, аспірант

Т.П.ХОМУТЕЦЬКА, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Розглянуто методи регулювання потоку в системах водопостачання, схеми та особливості застосування перетворювача частоти, досліджено ефективність частотного регулювання насосів на водопровідних насосних станціях Чернігова.

Ключові слова: система водопостачання, насосна станція, частотне регулювання, енергоефективність.

Рассмотрены методы регулирования потока в системах водоснабжения, схемы и особенности применения преобразователя частоты, исследована эффективность частотного регулирования насосов на водопроводных насосных станциях Чернигова.

Ключевые слова: система водоснабжения, насосная станция, частотное регулирование, энергоэффективность.

The article contains methods of flow regulation in water supply systems, circuits and features of frequency converter, studies the efficiency of frequency regulation pumps for water pumping stations in Chernigov.

Key words: water supply system, pumping station, frequency regulation, energy efficiency.

Одним з найважливіших завдань комунальних підприємств водопостачання в умовах невідомого зростання цін на електроенергію є забезпечення енергоощадної роботи споруд водопровідної системи, насамперед, насосних станцій, функціонування яких вимагає значних експлуатаційних витрат.

Діючим системам водопостачання в Україні притаманна велика знешеність споруд і обладнання, що давно відпрацювали свій