

МІНІСТЕРСТВО ПАЛИВА ТА ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

**СЕВАСТОПОЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ**

**З Б І Р Н И К
НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**Севастопольського національного
університету ядерної енергії
та промисловості**

2 (34)

**Севастополь
2010**

С 232
УДК 621.311

С 232 **Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2010. – Вип. 2 (34). – 260 з.: іл.**

У збірник включені статті, присвячені актуальним питанням сучасної енергетики. Збірник складається із семи розділів: «Удосконалення устаткування теплових і атомних енергоустановок», «Екологічна безпека», «Загальнонаукові і спеціальні дослідження», «Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії», «Інформаційні системи і технології», «Цивільна оборона», «Прикладна фізика і математика».

Призначений для науковців, інженерів і фахівців, що працюють на підприємствах і в організаціях енергетики України, аспірантів і студентів технічних вузів.

Редакційна колегія:

Смірнов С.Б. (відповідальний редактор), к.т.н., професор;
Дівізінюк М.М. (заст. відповідального редактора), д.ф.-м.н., професор;
Коваль В.О. (відповідальний секретар), к.т.н., доцент;
Пучков В.М., д.т.н., професор; *Лебедев А.А.*, д.т.н., професор;
Булах Є.Г., д.ф.-м.н., професор; *Вовк І.В.*, д.ф.-м.н., професор;
Гринченко В.Т., д.ф.-м.н., професор; *Шуман В.М.*, д.ф.-м.н., професор;
Ожиганов Ю.Г., д.т.н., професор; *Клементьєв М.Ф.*, д.т.н., професор;
Сафонов В.О., д.т.н., професор; *Ібрагімов Ю.І.*, д.мед.н., професор,
Попов І.О., д.т.н., професор; *Журіт Б.О.*, д.ф.-м.н., професор;
Азаренко О.В., д.ф.-м.н., професор; *Запєвалов О.С.*, д.ф.-м.н., с.н.с.;
Кириаченко В.О., к.т.н, професор; *Просужих Р.П.*, к.т.н, професор;
Прусов В.М., к.ф.-м.н., професор; *Мирошніченко С.Т.*, к.т.н., доцент;
Назаренко В.М., к.т.н., доцент; *Путілін К.П.*, к.т.н., доцент;
Акімов О.М., к.т.н., доцент; *Маловик К.М.*, к.т.н., доцент;
Попов В.П., к.т.н., с.н.с.

Адрес редколегії:

99015, м. Севастополь-15, вул. Курчатова-7, СНУЯЕтаП,
тел. (0692) 71-30-44, факс (0692) 71-01-38

Свідоцтво про державну реєстрацію серія КВ № 11381-254 Р
від 22 червня 2006 р.

Збірник внесено в перелік ВАК України (Додаток до постанови президії
ВАК України № 1-05/7 від 18.01.2007 р.)

Затверджено до друку
Вченою радою СНУЯЕтаП

СОДЕРЖАНИЕ

Совершенствование оборудования тепловых и атомных энергоустановок	9
<i>Алексеев Ю.П., Громов Г.В., Бережной А.И., Шихабутин В.Е., Овдиенко Ю.Н.</i> Применение модели кинетики компьютерного кода RELAP 5 с табличной формой задания реактивности в анализе аварий	9
<i>Гущина М.О., Карпенко І.В.</i> Проблемы управління проектами будівництва нових атомних електростанцій в сучасних умовах України	18
<i>Зацаринная Т.Г., Аникевич К.П.</i> Математическая модель регулятора уровня воды в парогенераторе	22
<i>Козлов В.Я., Добровольская И.Ю., Михайловский В.Л., Смалько М.А., Письменный Е.Н.</i> Выбор автоматических анализаторов химического контроля для системы диагностики водной химии 2-го контура АЭС с ВВЭР-1000	26
<i>Лантев И.Н.</i> К вопросу о механизме хрупкого разрушения образцов-свидетелей из корпусных сталей	34
<i>Мирошниченко С.Т., Чуклин А.А., Шевелев Д.В.</i> Разработка и верификация расчетных моделей для анализа тяжелых аварий на РУ с ВВЭР	40
<i>Подопригора А.В., Свириденко И.И., Шевелев Д.В.</i> Сравнение эффективности схемных решений пассивной системы аварийного ремонтного расхолаживания ВВЭР-1000	49
<i>Пухлий В.А., Мирошниченко С.Т.</i> Расчет конических дисков центробежных насосов ядерной энергетики в поле действия сил инерции собственной массы	56
<i>Руденко А.Г.</i> Оценка свойств материала в процессе эксплуатации и разработка критериев предельного состояния металла оборудования ЯЭУ	66
<i>Яновский С.Э., Еременко М.Л., Овдиенко Ю.Н.</i> Разработка подходов к анализу чувствительности модели расчета флюенса нейтронов на корпус реактора ВВЭР-1000 на базе комплекса DOORS	74
	83
Экологическая безопасность	
<i>Гончаренко Ю.Ю., Дивизинюк М.М., Фурсенко А.Н., Черненькая Г.А.</i> Этапы развития чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением водной среды нефтепродуктами	83
<i>Гулин С.Б., Терещенко Н.Н., Проскурнин В.Ю.</i> Радиоэкологическое значение плутония-241 и методика его определения в объектах окружающей среды	88
<i>Дербасова Н.М., Тархова Э.П., Гавриш М.В.</i> Характеристика активных штаммов микроорганизмов, входящих в ассоциацию деструкторов тринитротолуола и гексогена	96
<i>Дмитрієва О.О., Хоренжася І.В., Калаши́ков В.О., Ігнатенко Л.Г.</i> Інноваційні рішення щодо захисту північно-західного узбережжя Чорного моря як унікального виду рекреаційних ресурсів України	103
<i>Прасолов Р.С.</i> Опыт и гипотезы о ЧАЭС–катастрофе (новейшие данные)	109

<i>Рудковская Е.В., Омельчук Ю.А., Гомеля Н.Д.</i> Стабилизационная обработка воды для экологически безопасных систем водопотребления в энергетике	120
<i>Черникова Н.П., Лукина Л.И.</i> Проблемы обращения с отработанными ионообменными смолами АЭС и возможные пути их решения	127
	132

Общенаучные и специальные исследования

<i>Бурков Д.В.</i> Повышение надежности и безопасности трубопроводных систем	132
<i>Ерофеев В.А., Черкашина Н.И., Бежин Н.А.</i> О взаимодействии лигниновых препаратов с ионами различной полярности	136
<i>Ефремов С.Н., Гончар А.Б.</i> Эксергетический метод сравнения работоспособности холодильных агентов, используемых в судовых системах кондиционирования воздуха	143
<i>Крамарь В.А.</i> Методика построения математических моделей сложных многомерных цифроаналоговых систем управления	148
<i>Мальчиков А.И., Рейда К.Н.</i> Анализ эффективности воздухоприемных устройств ГТД быстроходных судов	151
<i>Неклюдов И.М., Ожигов Л.С., Руденко А.Г.</i> Изменение механических свойств и параметров деформационного упрочнения металлов и сплавов при облучении	155
<i>Новосад А.П., Попов М.А.</i> Исследование структуры импульсной струи по мокрому следу на грунте	162
<i>Сопин Ю.К., Копп В.Я.</i> Исследование режимов функционирования диффузионно-кинетического преобразователя неоднородности жидких сред	168
	175

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

<i>Басок Б.И., Бублик Л.И., Горлицкий Б.А., Долинский А.А., Милоцкий В.В., Огородник С.С., Остапенко В.А., Сафонов В.А., Соболев В.А., Сухенко Ю.Г., Шамардин И.М.</i> Инновационные технологии промышленной и коммунальной теплоэнергетики как возможность обеспечения энергетической независимости (Часть 1. Научные и практические аспекты водородной энергетики)	175
<i>Кувшинов В.В.</i> Комбинированные солнечные установки для выработки тепловой и электрической энергии	182
<i>Пухлий В.А., Софийский И.Ю., Куренной В.В.</i> Использование электролиза воды в энергосберегающих технологиях	190
	197

Информационные системы и технологии

<i>Дикусар Ю.Г., Фарафонов Г.В.</i> Аналитические и графические зависимости для частотных характеристик импульсных систем автоматического регулирования	197
<i>Иванова О.А., Кушнир В.М.</i> Медианная фильтрация узкополосных случайных сигналов как средство повышения информативности экспериментальных исследований пространственных колебаний полупогружной платформы	202
<i>Моисеев Д.В., Сапожников Н.Е.</i> О методе построения вероятностного	209

широкодиапазонного спектрометра повышенной точности	216
Гражданская оборона	
<i>Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Фурсенко А.Н., Черненькая Г.А.</i> Основные требования к системе поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций, в прибрежных водах	216
	221
Прикладная физика и математика	
<i>Азаренко Е.В., Дивизинюк М.М., Кобец Н.М., Третьякова Л.В., Шрамкова Е.А.</i> Влияние интенсивности волнения и продолжительности шторма на изменение реверберационных характеристик	221
<i>Папкова Ю.И., Ярошенко А.А.</i> Влияние геометрической неоднородности на звуковые характеристики гидроакустического поля	229
<i>Пискунов С.О.</i> Моделювання напружено-деформованого стану і повзучості просторових тіл обертання складної форми	235
<i>Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И.</i> Аналитическое решение задачи спинового эха Хана в теории ядерного магнитного резонанса	242
<i>Третьякова Л.В.</i> Особенности отражения импульсных акустических сигналов от взволнованной поверхности	253

УДК 628.1.034.2

СТАБИЛИЗАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Е.В. Рудковская¹, Ю.А. Омельчук¹, Н.Д. Гомеля²

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

²Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

Приведены результаты исследований процессов коррозии металлов (нелегированная сталь Ст3) в воде и накипеобразования, ингибиторов коррозии металлов и стабилизационных добавок для предотвращения накипеобразования в водооборотных системах охлаждения.

Введение

Известно, что в Украине промышленность является наибольшим водопотребителем. Большая часть воды на промышленных и энергетических объектах используется в системах охлаждения. Как правило, в этих системах вода используется без предыдущего смягчения и осветления, потому что системы являются незамкнутыми и при их эксплуатации значительные объемы воды сбрасывают при продувке для предотвращения накипеобразования. Часто объемы воды, которые сбрасывают на продувку, значительно превышают рекомендуемые нормативными документами 5...8 %. Это сопровождается тепловым и химическим загрязнением естественных водоемов, приводит к повышению забора воды естественной и в целом к снижению эффективности ее использования. Одним из перспективных направлений решения проблемы перехода к замкнутым системам охлаждения является применение эффективных ингибиторов накипеобразования. Известно, что такие ингибиторы обеспечивают эффективную стабильность растворов с карбонатной жесткостью при повышении ее до 10 мг-экв/дм³ и выше при температурах до 95 °С. Более распространенными ингибиторами отложения солей являются полифосфат и многообразные фосфоновые кислоты. Недостатком полифосфата является их способность к гидролизу при повышенных температурах, стимулирование процессов биообрастания. Фосфоновые кислоты являются дорогими реактивами, что обусловлено высокой стоимостью главных компонентов их синтеза - треххлористого фосфора или фосфористой кислоты. Высокая стоимость стабилизаторов является серьезным препятствием к их применению, если учитывать, насколько значительные объемы воды используются в системах охлаждения. Поэтому проблема разработки новых, более доступных ингибиторов накипеобразования не потеряла своей актуальности, несмотря на большое количество публикаций по данному вопросу.

Постановка проблемы

Большой объем воды затрачивается в теплообменной аппаратуре на отведение лишней теплоты. Только на компенсацию затрат воды в оборотных системах водоснабжения отдельные предприятия затрачивают десятки и даже сотни тысяч кубиче-

ских метров в сутки. Условия работы оборотных систем многоразового подогрева воды до 40...45 °С и охлаждения ее в градирнях или брызгальных бассейнах приводят к потере оксида углерода (IV) и отложения на поверхностях теплообменников и труб карбоната кальция [1]. В работе [2] приведены анализы условий работы сетевых подогревателей и результаты промышленных экспериментов. Показано, что осаждение карбоната кальция происходит в основном не на поверхности теплообменника, а в водогонных теплосетях. При помощи расчетов термодинамических критериев оценено влияние на накипеобразование содержания кальция, щелочности и значения рН.

Наиболее простым и эффективным методом предотвращения образования солевых отложений в водогонках и элементах водонагревающих установок является ограничение температуры воды до 60 °С. Кроме того, рассматриваются методы фосфатирования воды, метод ионного обмена, обработки воды в магнитном поле, метод ионизации воды [3]. Ингибиторы снижают массу отложений не за счет предотвращения разложения HCO_3^- и CO_3^{2-} , а в результате того, что в объеме раствора образуются мелкие кристаллы, которые остаются в потоке воды и транспортируются им [4]. На сегодня известны химические соединения, которые проявляют эффективные ингибирующие свойства по отношению к солям жесткости [5, 6]: неорганические поли- и метафосфаты, эфиры фосфорной кислоты и их соли, фосфоновые кислоты и их соли, фосфонкарбоновые кислоты, аминокислоты и их соли, полимерные ингибиторы и композиции смешанного типа.

В работе [7] приведен обзор исследований эксплуатационных данных по водно-химическому режиму водоохлаждающих систем. Рассмотрены разнообразные способы обработки воды, в том числе и ингибиторами отложений (полифосфаты, полифосфонаты, полиакрилаты другие полимерные ингибиторы).

Рациональное использование воды в промышленности и в энергетике позволит во многом решить проблему сохранения водных ресурсов в Украине. На сегодняшний день энергетика и промышленность потребляют более 50 % общего забора природной воды. Большая часть этой воды используется в системах охлаждения. При этом вследствие низкой стабильности воды по отношению к накипеобразованию и осадкоотложениям значительная часть воды сбрасывается при продувке систем охлаждения. Часто объемы сбрасываемой воды весьма значительные и для отдельных АЭС достигают 10 м³/с и более. В сутки при этом сбрасывается порядка 860 тыс. м³ воды. В целом это приводит к существенному тепловому загрязнению водоемов, к загрязнению водных объектов химическими токсичными веществами, такими как медь, цинк, органическими токсикантами. При этом в промышленных регионах, которые и так относятся к маловодным (например, Донбасс, Приазовье, Причерноморье), создается еще больший дефицит чистой пресной воды.

Поскольку строительство мощных станций водоподготовки требует больших капиталовложений, которых у предприятий зачастую просто нет в наличии, то разработка эффективных, недорогих ингибиторов накипеобразования и осадкоотложения, без сомнения, является важной и актуальной проблемой.

Результаты исследований

Для проведения исследований по оценке эффективности накипеобразования в Севастопольской водопроводной воде использовали водяную баню, температура поддерживалась строго 90 °С. Пробы воды в объеме 100 мл и пробы воды, обработанные ингибиторами, помещались на водяную баню с $T = 90$ °С и выдерживались в течение 6 ч при этой температуре.

Ингибиторы использовались в дозах 5...15 мг/дм³. После охлаждения пробы фильтровали и определяли остаточную жесткость воды.

Стабилизационный эффект рассчитываем по формуле

$$CЭ = \left(1 - \frac{\Delta Ж_i}{\Delta Ж} \right) \cdot 100 \% ;$$

(1)

$$\Delta Ж_i = Ж - Ж_i ;$$

(2)

$$\Delta Ж = Ж - Ж_{ост} ,$$

(3)

где СЭ – стабилизационный эффект;

$\Delta Ж$ – снижение жесткости в холостом опыте;

$\Delta Ж_i$ – снижение жесткости в опыте с ингибитором;

$Ж$ – жесткость исходной воды;

$Ж_{ост}$ – остаточная жесткость в холостой пробе;

$Ж_i$ – остаточная жесткость в пробе с ингибитором.

В целом все рассмотренные вещества являются перспективными стабилизаторами накипеобразования, так как способны к образованию устойчивых хелатных структур с ионами кальция и магния, что резко замедляет рост кристаллов карбоната кальция и магния. Это происходит потому, что в кристаллическую решетку включаются ассиметричные анионы с размерами, значительно большими, чем у карбонат-анионов.

Полученные нами результаты (табл. 1) подтверждают предположение о перспективности выбранных реагентов как стабилизаторов накипеобразования.

Т а б л и ц а 1

Влияние дозы и типа ингибитора на стабильность севастопольской водопроводной воды при $t = 95...100$ °С

Ингибитор	Доза реагента, мг/дм ³	$Ж_{нач}$, мг экв/дм ³	$Ж_{кон}$, мг экв/дм ³	$\Delta Ж$, мг экв/дм ³	Стабилизационный эффект, СЭ %
-	-	7,5	5,7	1,8	-
ОЭДФК	5	7,3	6,8	0,5	72,2
	10	7,3	7,2	0,1	94,4
	15	7,3	7,2	0,1	94,4
ГМФNa	5	7,4	7,4	0	100,0
	10	7,4	7,9	0	100,0
	15	7,4	7,6	0	100,0
НТМФК	5	7,3	8,2	0	100,0
	10	7,3	8	0	100,0
	15	7,3	7,4	0	100,0
ТПФNa	5	7,5	7,3	0,2	88,9
	10	7,5	7,6	0	100,0
	15	7,5	7,8	0	100,0
Гипан	5	7,4	7,8	0	100,0
	10	7,4	7,8	0	100,0
	15	7,4	7,4	0	100,0

Как видно из табл. 1, при нагревании воды с жесткостью 7,3...7,5 мг-экв/дм³ при 95...100 °С в течение 6 ч практически все реагенты обеспечивали высокий уровень стабильности воды в отношении накипеобразования при использовании в концентрациях 5...15 мг-экв/дм³. Следует отметить, что полифосфаты и гипан по эффективности не только не уступали фосфонатным ингибиторам, но даже были более эффективными по сравнению с одним из лучших и широко распространенных ингибиторов ОЭДФК.

Если сравнивать полифосфаты (ТПФNa, ГМФNa) и гипан, то последний является более перспективным, так как при длительном использовании полифосфаты гидролизуются до ортофосфатов и теряют свою активность, тогда как гипан является более стойким веществом и в воде химическим путем при температурах 0...100 °С не разлагается.

В целом можем сказать, что полифосфаты и гипан наряду с фосфоновыми кислотами являются эффективными ингибиторами накипеобразования в воде с высокой карбонатной жесткостью при температурах до 100 °С при использовании в концентрациях 5...15 мг/дм³. Они тем более будут эффективны в системах охлаждения, где максимальная температура воды достигает 40 °С, редко 60 °С.

Очень важной, наряду с проблемой накипеобразования, является проблема защиты металлов от коррозии в водной среде. При этом необходимо защищать от коррозии коммуникации и оборудование как в системах охлаждения, так и в энергетических системах, где используется умягченная или обессоленная вода, нагретая до высоких температур.

Поэтому важным аспектом при создании ингибиторов накипеобразования является оценка влияния разработанных добавок на процессы коррозии.

В значительной мере задача создания ингибиторов коррозии осложняется тем, что в водооборотных системах используют воду при разных температурах, разных уровнях аэрации. В конструктивных элементах систем используют разные металлы. Все это приводит к тому, что в системах реализуются различные механизмы процессов коррозии металлов и разные механизмы торможения коррозионных процессов. Поэтому задача создания универсального ингибитора коррозии металлов в воде является достаточно сложной.

Очень важной является защита от коррозии в воде черной стали, которая используется для изготовления трубопроводов, градирен и других конструктивных элементов водооборотных систем. Эти металлы являются наиболее доступными, поэтому основная масса трубопроводов и оборудования изготовлены из черной стали. Следует отметить, что черная сталь является наименее стойкой к коррозии в ряду использованных металлов. Это является еще одной причиной создания эффективных ингибиторов коррозии для данного металла.

Результаты по оценке эффективности ингибиторов коррозии стали Ст3 в воде приведены в табл. 2 и 3. Как видно из табл. 2, при коррозии стали Ст3 в воде при 18 °С, при достаточно высокой концентрации кислорода в воде практически все рассмотренные добавки являются ингибиторами коррозии. В этом случае коррозия происходит с кислородной деполяризацией. Ингибирующее действие сводится к повышению эффективности пассивации стали. Вероятно, процесс ингибирования происходит по адсорбционному механизму, при котором на поверхности металла образуется адсорбционная пленка кислорода, гидрофобизирующая поверхность металла. Ингибиторы повышают стабильность пассивационной кислородной пленки. Для большинства ингибиторов пассивационный эффект отмечается с концентрации ингибитора 10 мг/дм³, и только для НТМФК стабилизационное действие наблюдается при концентрациях, больших 50 мг/дм³. При более низких концентрациях НТМФК является стимулятором коррозии. Более сложной является задача защиты стали Ст3 от коррозии при высоких температурах.

Влияние типа и дозы ингибитора на эффективность защиты от коррозии стали Ст 3 в Севастопольской водопроводной воде при $t = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (время 72 ч)

Ингибитор	Доза, мг/дм ³	V , г·м ² /ч	V' , мм/год	j (коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	0,3297	0,3669	-	-
	10	0,2285	0,2543	1,4430	30,70
	20	0,1523	0,1728	2,1650	53,81
	50	0,1539	0,1713	2,1420	53,31
	100	0,3297	0,0879	4,1730	76,04
ГМФNa	Холостая	0,0809	0,3669	-	-
	10	0,1965	0,2187	1,6780	40,41
	20	0,2171	0,2416	1,5190	34,17
	50	0,1562	0,1738	2,1110	52,63
	100	0,1462	0,1627	2,2550	55,65
НТМФК	Холостая	0,3297	0,3669	-	-
	10	0,3846	0,4280	0,8570	<0,00
	20	0,3412	0,3797	0,9660	<0,00
	50	0,1693	0,1884	1,9470	48,64
	100	0,2111	0,2349	1,5620	35,98
ТПФNa	Холостая	0,3297	0,3669	-	-
	10	0,2795	0,3111	1,1800	15,25
	20	0,2490	0,2771	1,3240	24,47
	50	0,1670	0,1858	1,9740	49,34
	100	0,1304	0,1451	2,5280	60,44
Гипан	Холостая	0,3297	0,3669	-	-
	10	0,2346	0,2611	1,4050	28,83
	20	0,1241	0,1381	2,6570	62,36
	50	0,1139	0,1268	2,8950	65,45
	100	0,1012	0,1126	3,2580	69,31
ОЭДФК+ $a_2S_2O_3$	Холостая	0,3297	0,3669	-	-
	10;10	0,2890	0,3245	1,1408	12,34
	50;10	0,2665	0,2995	1,2371	19,16
	100;10	0,4074	0,2286	0,8092	<0,00

Как видно из табл. 3, при повышении температуры воды до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость коррозии стали Ст3 возрастает с 0,3669 до 1,4540 мм/год. Вероятно, это связано с возрастанием скорости окисления железа при повышенных температурах. При этом концентрация кислорода в воде существенно ниже, чем при $18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Вероятно, остаточного кислорода в данном случае достаточно для окисления металла и недостаточно для создания пассивационной пленки. Создание такой пленки возможно только в присутствии ингибиторов. Лучшими в данных условиях являются НТМФК и ТПФNa. Существенно улучшить защиту металла от коррозии удалось при включении в композицию наряду с ОЭДФК тиосульфата натрия. В этом случае степень защиты достигла 89...98 %. Объяснить это можно тем, что тиосульфат связывает растворенный в воде кислород, что приводит к существенному снижению скорости коррозии стали.

Т а б л и ц а 3

Влияние типа и дозы ингибитора на степень защиты от коррозии стали Ст 3 в Севастопольской водопроводной воде при $t = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ (время 6 часов)

Ингибитор	Доза, мг/дм ³	V, г·м ² /ч	V' мм/год	j(коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	1,3065	1,4540	-	-
	10	0,8681	0,9661	1,5050	33,55
	20	0,6396	0,7118	2,0430	51,05
	50	0,7571	0,8426	1,7260	42,06
	100	1,0719	1,2011	1,2190	17,97
ГМФNa	Холостая	1,3065	1,4540	-	-
	10	1,1695	1,3016	1,1170	10,47
	20	1,1422	1,2712	1,1440	12,59
	50	0,6464	0,7194	2,0210	50,52
	100	0,6925	0,7707	1,8870	47,01
НТМФК	Холостая	1,3065	1,4540	-	-
	10	0,3015	0,3356	4,3330	76,92
	20	0,1827	0,2033	7,1510	86,02
	50	0,3232	0,3597	4,0420	75,26
	100	0,2372	0,2639	5,5080	81,84
ТПФNa	Холостая	1,3065	1,4540	-	-
	10	0,7584	0,8441	1,7220	41,93
	20	0,6396	0,7118	2,0430	51,05
	50	0,3693	0,4110	3,5380	71,74
	100	0,0949	0,1056	13,7670	92,74
Гипан	Холостая	1,3065	1,4540	-	-
	10	0,9868	1,0982	1,3240	24,47
	20	0,8955	0,9966	1,4590	31,46
	50	0,8587	0,9557	1,5210	34,25
	100	0,7589	0,8446	1,7220	41,93
ОЭДФК+Na ₂ S ₂ O ₃	Холостая	1,3065	1,4540	-	-
	10;10	0,1461	0,1626	8,9430	88,82
	50;10	0,0185	0,0206	70,6200	98,58
	100;10	0,0190	0,0211	68,6300	98,54

Таким, образом, выбор ингибиторов зависит от металлов, используемых в водооборотных системах, температурного режима, режима аэрации.

Выводы

1. Исследованы процессы накипеобразования в севастопольской водопроводной воде, и показано, что полифосфаты и гипан наряду с фосфоновыми кислотами являются высокоэффективными ингибиторами накипеобразования. Стабилизационный эффект при 95...100 °C достигает 72...100 % при дозах ингибиторов 5...15 мг/дм³.

2. Определено влияние фосфиновых кислот, полифосфатов и гипана на коррозию стали 3 ст3 при 18 и 90 °C и установлено, что данные вещества являются ингибиторами коррозии стали 3 ст3. Эффективность ингибиторов зависит от типа и дозы реагента.

Лучшие показатели достигнуты при использовании композиции ОЭДФК и тиосульфата натрия, когда степень защиты достигла 89...98 %.

3. Проведенные исследования показали, что для стабилизационной обработки воды в водооборотных системах, для снижения ее коррозионной агрессивности можно использовать как фосфоновые кислоты, так и фосфонаты, а также поликарбонатные кислоты. Выбор ингибиторов зависит от характеристик воды и металлов, используемых в конструкциях водооборотных систем.

СТАБІЛІЗАЦІЙНА ОБРОБКА ВОДИ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ СИСТЕМ ВОДОСПОЖИВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ

О.В. Рудковська, Ю.А. Омельчук, М.Д. Гомеля

Приведені результати досліджень процесів корозії металів (нелегована сталь Ст3) у воді і накипоутворення, інгібіторів корозії металів і стабілізаційних добавок для запобігання накипоутворення у водооборотних системах охолодження.

STABILIZING WATER PROCESSING FOR ECOLOGICALLY SAFE WATER CONSUMING SYSTEMS IN ENERGETICS

E. Rudkovskaja, J. Omelchuk, N. Gomejja

The research of the metal corrosion (non-alloy steel St3) in the water and scale formation processes, corrosion inhibitors and stabilizing additives for scale formation prevention in cooling water circulation systems are resulted.

Список использованных источников

1. *Запольський А.К.* Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А.К. Запольський [та ін.]. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
2. *Балабан-Ирменин Ю.В.* Применение термодинамических критериев для оценки накипеобразовательных способностей воды в сетевых подогревателях / Ю.В. Балабан-Ирменин, С.Е. Бессолицин, А.М. Рубашов // Теплоэнергетика. - 1996. – № 8. – С. 67 - 71.
3. Kalk in warmwasser anlagen - und was dagegen hilft Effenbergen Maik // KZ. – Haustechn, 2002. – Vol. 57. – № 24. – С. 30 - 33.
4. *Goeldner R.W.* Scale control inhibitor performance at 100 °C under boiling conditions // WSIA J. – 1983. - № 2. – P. 33 - 39.
5. *Емков А.А.* Методы борьбы с отложениями неорганических солей в оборудовании подготовки нефти. – М.: ВНИИОЭНГ, 1988. – 50 с.
6. *Дятлова Н.М.* Комплексоны и комплексонаты металлов / Н.М. Дятлова, В.Я. Темкина, К.И. Попов. – М.: Химия, 1988. – 544 с.
7. *Shykla S.K.* Maintenance of water coolant systems / S.K. Shykla, Y.K. Agarwal // CEW: Chem. Eng. World, 1990. – 25. - № 2. – С. 49 - 51, 54 - 59.

Надійшла до редакції 23.03.2010 р.

Збірник наукових праць СНУЯЕтаП

Випуск 2 (34)

Літературний редактор *Н.М. Остапенко*
Технічний редактор *Р.В. Дмитрієва*
Комп'ютерна верстка *Л.В. Литвинова*

Підписано до друку 22.06.10. Вид. № 43/10. Зам. 297/2010. Тираж 100 прим.
Обсяг 32,5 др. арк. Умов. друк. арк. 30,22. Навч-вид. л. 31,85. Формат паперу 60x84 1/8

Видавничий центр СНУЯЕтаП