

**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**

**3 (35)**

**Севастополь  
2010**

**С 232**  
**УДК 621.311**

**С 232**                    **Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2010. – Вип. 3 (35). – 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**


---



---

<b>Совершенствование оборудования тепловых и атомных энергоустановок</b>	<b>9</b>
<i>Быковский Ю.М., Левченко В.В.</i> К оценке возможности применения цифровых датчиков в каналах измерения температуры на АЭС Украины	9
<i>Данилин Н.Н., Ляхов М.А., Осауленко М.М.</i> Анализ поведения активной зоны ядерного реактора при стационарных и переходных режимах в ВВЭР-1000	15
<i>Ерофеев В.А., Бежин Н.А.</i> Исследование возможности использования сорбентов на основе лигнина гидролизного для оценки контроля герметичности оболочек ТВЭЛ	20
<i>Остапенко В.А., Коваль В.А.</i> К созданию телескопов нового поколения для построения изображений источников ионизирующих частиц и жесткого излучения	27
<i>Пелих С.М.</i> Метод оцінки міцності оболонки твела ВВЕР-1000 на основі енергетичного варіанту теорії повзучості	40
<i>Свириденко И.И.</i> Проблемы повышения безопасности реакторных установок при аварийном отводе остаточных тепловыделений	47
<i>Шевелев Д.В., Великолуг И.Ф.</i> Актуальность проблемы влияния неконденсирующихся газов на надежность отвода остаточных тепловыделений от активной зоны реактора	58
<b>Экологическая безопасность</b>	<b>65</b>
<i>Алёмов С.В., Лей В.А.</i> Макрозообентос прибрежных наносов как показатель экологического состояния акватории	65
<i>Бондар О.І., Хоренжася І.В., Хоренжася А.О.</i> Екологічна безпека та сталий розвиток - основоположні аспекти екологічної політики	71
<i>Браславский Ю.В., Гончаренко Ю.Ю., Хамин Н.Г., Черенькая Г.А.</i> Влияние искусственных препятствий нефтяному разливу на развитие чрезвычайных ситуаций	75
<i>Михайлов Н.П., Посошков В.Л., Пряшников Ф.Д., Слюсаренко В.Г.</i> Экспериментальные исследования поведения нерастекающихся жидкостей на поверхности воды	79
<i>Морачковский О.К., Саенко С.Ю.</i> Моделирование поведения керамического контейнера для хранения радиоактивных отходов при статических и динамических нагрузках	85
<i>Саенко С.Ю.</i> Экологическая безопасность при хранении радиоактивных отходов: разработка защитных материалов на основе высокопрочных керамик	92
<i>Холопцев А.В., Жебет Л.С.</i> Межгодовые изменения концентраций соединений азота в водах реки Южный Буг в зоне влияния Южно-Украинской АЭС и динамика метеоусловий над регионом в летние месяцы	102
<i>Цымбал И.М., Заиченко Н.Ю.</i> Изменение содержания фотосинтетических пигментов у церамииума как ответная реакция на загрязнение среды	111

<b>Общенаучные и специальные исследования</b>	<b>118</b>
<i>Бутейко О.И., Веремко А.В., Маловик К.Н., Чугурова И.Ю.</i> К выбору путей разработки системы менеджмента качества для обеспечения качества современных образовательных услуг высшей школы	118
<i>Дикусар Ю.Г., Фарафонов Г.В.</i> Обеспечение устойчивости и качества переходного процесса при синтезе импульсных систем автоматического регулирования	122
<i>Кучерик Г.В., Омельчук Ю.А., Гомеля Н.Д.</i> Ионообменное выделение хлоридов и сульфатов из воды	129
<i>Маловик К.Н., Новикова Ю.И., Юдин А.В.</i> Применение методики прогнозирования остаточного ресурса измерительных каналов при подготовке высококвалифицированных специалистов АЭС	136
<i>Пономаренко П.А., Киеня Е.Н., Фролова М.А., Безотосный С.С.</i> Экспериментально-аналитическое измерение плотности потока тепловых нейтронов в отражателе реактора ИР-100	140
<i>Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И.</i> Аналитическое решение задачи о реакции контура в магнитном поле земли	145
<i>Рудковская Е.В., Омельчук Ю.А., Гомеля Н.Д.</i> Оценка эффективности ингибиторов коррозии металлов	154
<i>Шишкевич Е.В., Стёжка Н.С.</i> Комплексный вероятностно-информационный показатель оценки качества научно-технических текстов на естественных языках	162
<b>Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии</b>	<b>168</b>
<i>Баранов Г.А., Гавриш М.В., Смирнов С.Б.</i> Получение наноразмерных порошков при утилизации и переработке изделий из твердых сплавов на основе вольфрама и других карбидов тугоплавких металлов	168
<i>Кувшинов В.В.</i> Разработка концентраторов для фотоэлектрических и комбинированных солнечных установок на основе боковых отражающих поверхностей	174
<i>Михайлов Н.П., Пряшников Ф.Д., Сычев Е.Н., Слюсаренко В.Г.</i> Теоретические исследования работы преобразователя энергии волн в электрическую	181
<b>Информационные системы и технологии</b>	<b>187</b>
<i>Запевалов А.С., Запевалова Е.А.</i> О точности дистанционного определения характеристик пограничных слоев атмосферы и океана	187
<i>Карташов Л.Е., Волков С.П., Скидан А.А., Карташов А.Л.</i> Автоматизация проведения экспериментов при имитационном моделировании гибких производственных систем	191
<i>Лисогурский А.С.</i> Анализ устойчивости систем автоматического управления с одной нелинейностью в простейших случаях	196
<i>Маловик К.Н., Никишин В.В.</i> Усовершенствование программного обеспечения для системы технического зрения экспериментального теплофизического стенда	204
<i>Софієнко І.І.</i> Синтез поглинаючих покриттів на основі композитних матеріалів	208

---

<b>Гражданская оборона</b>	<b>215</b>
<i>Азаренко Е.В., Браславский Ю.В., Гончаренко Ю.Ю., Черненькая Г.А.</i> Особенности описания чрезвычайных ситуаций, вызванных нефтяным загрязнением водной среды	215
<i>Дивизинюк М.М., Ожиганова М.И., Шумейко И.П.</i> Разработка структурного элемента подсистемы мониторинга экологических чрезвычайных ситуаций в прибрежных водах	220
<b>Прикладная физика и математика</b>	<b>225</b>
<i>Азаренко Е.В., Дивизинюк М.М., Третьякова Л.В.</i> Разработка основ метода учета реверберации	225
<i>Кебкал К.Г.</i> Оценка фазы гидроакустического сигнала с линейной разверткой несущей в условиях доплеровских сдвигов	230
<i>Кебкал К.Г., Шиповский И.Е., Кулагин В.В.</i> Численное исследование характеристик гидродинамического шума при обтекании гидроакустических приемопередатчиков цилиндрической формы	238
<i>Ластовенко О.Р., Лисютин В.А., Ярошенко А.А.</i> Антиволновод как барьер для взаимодействия акустических волн с дном мелкого моря	248
<i>Матузаева О.В., Третьякова Л.В., Чернявская С.А.</i> Физические особенности фоновых шумов Черного моря	257
<i>Папков С.О.</i> Собственные формы колебаний упругой прямоугольной призмы в случае первой основной граничной задачи	261
<i>Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И.</i> Об одном подходе к решению задач с сильной и слабой нелинейностью в квантовой радиофизике	267
<i>Чернявская С.А.</i> Основы физической модели акустической структуры Черного моря	277
<i>Шумейко И.П.</i> Характеристика аномалий и неоднородностей скорости звука Черного моря	280

12. Пухлий В.А. Аналитическое решение задачи спинового эха Хана в теории ядерного магнитного резонанса / В.А. Пухлий, Ж.А. Пухлий, Н.И. Ковалев // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – Вып. 2 (34). – С. 242 – 253.

13. Пухлий В.А. Аналитический метод решения краевых задач теории оболочек // Труды XIII Всес. конф. по теории пластин и оболочек. – Таллин, 1983.

14. Пухлий В.А. Решение задачи об изгибе косоугольной в плане цилиндрической трехслойной панели модифицированным методом последовательных приближений // Прикладная механика. – К.: АН УССР, 1986. – № 10. – С. 62 - 67.

15. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа / К. Ланцош. – М.: Физматгиз, 1961. – 524 с.

16. Рыжков В.М. Некоторые особенности явления свободной прецессии атомных ядер / В.М. Рыжков, Г.В. Скроцкий // Труды УПИ. - 1961. – Сб. III. – С. 45 – 62.

Надійшла до редакції 07.09.10 р.

УДК 628.1.034.2

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ

Е.В. Рудковская<sup>1</sup>, Ю.А. Омельчук<sup>1</sup>, Н.Д. Гомеля<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

<sup>2</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Приведены результаты исследований процессов коррозии металлов (нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, латунь Л2, медь М2) в воде водооборотных систем охлаждения.

### Введение

При коррозии трубопроводов теплообменников, конденсаторов и других установок систем охлаждения АЭС происходит не только их разрушение, но и загрязнение воды ионами металлов. Поэтому создание ингибиторов коррозии для систем охлаждения АЭС позволит увеличивать срок эксплуатации трубопровода и оборудования водооборотных систем, позволит снизить уровень загрязнения воды ионами  $\text{Cu}^{2+}$  и других тяжелых металлов, расход воды на продувку систем, а следовательно, повысить эффективность использования воды.

Одними из наиболее перспективных реагентов, используемых для приготовления ингибиторов коррозии, являются триполифосфат натрия, гексаметафосфат натрия, пирофосфорная кислота, гидролизированный полиакрилонитрил, динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты и оксиэтилидендифосфоновая кислота. При выборе реагентов учитывались известные литературные данные по их эффективности при защите металлов от коррозии в воде.

Фосфорсодержащие комплексоны и их комплексы с различными металлами в водных растворах относятся к наиболее перспективным ингибиторам коррозии черных и цветных металлов. Однако до настоящего времени ингибиторы и композиции на основе вышеперечисленных реагентов широкого распространения не получили. Это объ-

ясняется тем, что пирофосфорная кислота малоэффективна как ингибитор коррозии, отсутствуют достаточно надежные данные по оценке влияния концентрации ингибитора и композиции на его основе на скорость коррозии металлов в условиях работы оборотных циклов.

Часто фосфоновые кислоты могут быть малоэффективными как ингибиторы коррозии металлов, а в отдельных случаях могут стимулировать коррозию.

В целом актуальной является проблема выбора добавок и реагентов, которые являются эффективными стабилизаторами накипеобразования и ингибиторами коррозии металлов для систем охлаждения АЭС.

### Постановка проблемы

Метод противокоррозионной защиты металлов, основанный на использовании ингибиторов коррозии, то есть химических соединений или их композиции, которые, находясь в коррозионной системе в достаточной концентрации, уменьшают скорость коррозии металлов без значительного изменения концентрации какого-либо коррозионно-активного реагента, известного давно. Действие ингибитора всегда обусловлено изменением состояния поверхности, которая защищается, вследствие адсорбции или образования с катионами металла труднорастворимых соединений. Они уменьшают площадь активной поверхности металла или изменяют энергию коррозионного процесса.

Широко используются композиции на основе известных ингибиторов накипеобразования, например, оксиэтилидендифосфоновой кислоты (ОЭДФК). Состав содержит ОЭДФК, цинковый комплекс ОЭДФК, лигносульфанат натрия, воду и сульфат - порошок, который является побочным продуктом синтеза производства сульфата и имеет в своем составе в качестве ПАВ натриевые соли алкилсульфоновых кислот [1] или ОЭДФК, этиленгликоль и воду и дополнительно содержит алканоламин [2] или триполифосфат натрия, ОЭДФК, сульфат цинка и полиэтиленгликоль [3]. Также разрабатываются композиции на основе широко известного ингибитора накипеобразования - нитрилотриметиленфосфоновой кислоты (НТФ), а именно: композиция имеет в составе НТФ, оксид цинка, гидроксид натрия и воду [4] или сульфаминовую кислоту, аммоний хлористый, тиомочевину и НТФ [5].

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.

Проблема защиты металлов от коррозии в водной среде является очень важной. 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.

### Результаты исследований

В работе использовалась севастопольская водопроводная вода, которая имела общую жесткость 7,0...8,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Как ингибиторы были использованы гипан, гексаметафосфат натрия (ГМФ Na), нитрилтриметилфосфоновая кислота (НТМФК), триполифосфат натрия (ТПФ Na), оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФК), тиосульфат натрия.

Скорость коррозии определяется массометрическим методом. Концентрация ингибиторов составляет 10...100 мг/дм<sup>3</sup>. Результаты испытаний получали усреднением данных из двух параллельных опытов. Испытания проводились при температуре 18 °С и 90 °С.

Массометрическое измерение проводили следующим образом. Для испытаний готовились образцы в виде прямоугольных пластин разных размеров. Перед испытаниями образцы шлифовали вручную, маркировали. Обезжиривание проводили этиловым спиртом, затем взвешивали на аналитических весах с точностью  $\pm 0,0001$ . После завершения испытаний с металла очищали продукты коррозии, пластины промывали, высушивали и снова взвешивали. Образцы изготавливали из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т, латуни Л2 и меди М2, являющихся неотъемлемой частью конструктивных материалов технологического оборудования водооборотных циклов предприятий.

Как показали исследования, более стойкой к коррозии является нержавеющая сталь (табл. 1 и 2). При 18 °С скорость коррозии достигает 0,01 мм/год, при 90 °С - 0,21 мм/год. Как видно из табл. 1 и 2, влияние ингибиторов на коррозию нержавеющей стали неоднозначно. С одной стороны, ингибиторы способствуют образованию гидрофобизирующей кислородной пленки на поверхности, с другой стороны, эффективные комплексообразователи могут способствовать растворению металла в воде. Поэтому эффективность ингибиторов зависит от их концентрации. Так, в воде при 18 °С НТМФК и ТПФNa эффективны при низких концентрациях, тогда как эффективность ОЭДФК, ГМФNa и гипана возрастает при увеличении концентрации ингибитора. При повышенной температуре (90 °С) лучшими ингибиторами являются ОЭДФК и гипан. Хорошие результаты получены при использовании композиции ОЭДФК и тиосульфата натрия.

Т а б л и ц а 1

**Оценка влияния ингибиторов на степень защиты от коррозии нержавеющей стали 12Х18Н10Т в севастопольской водопроводной воде при  $t = 18$  °С (время 72 ч)**

Ингибитор	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	V, г·м <sup>2</sup> /ч	V'мм/год	J (коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	0,0093	0,0103	–	–
	10	0,0096	0,0107	0,9690	< 0,00
	20	0,0045	0,0051	2,0670	51,62
	50	0,0022	0,0024	4,2270	76,34
	100	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00
ГМФNa	Холостая	0,0093	0,0103	–	–
	10	0,0096	0,0107	0,9690	< 0,00
	20	0,0454	0,0505	0,2050	< 0,00
	50	0,0031	0,0036	3,0000	66,67
	100	0,0008	0,0009	11,6250	91,39
НТМФК	Холостая	0,0093	0,0103	–	–
	10	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00
	20	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00
	50	0,0217	0,0242	0,2490	< 0,00
	100	0,0210	0,0237	0,4430	< 0,00
ТПФNa	Холостая	0,0093	0,0103	–	–
	10	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00
	20	0,0045	0,0051	0,0670	51,62
	50	0,0041	0,0044	2,2680	55,91
	100	0,0037	0,0041	2,514	60,23
Гипан	Холостая	0,0093	0,0103	–	–
	10	0,0096	0,0107	0,6960	< 0,00
	20	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00
	50	0,0041	0,0046	2,2680	55,91
	100	0,0041	0,0046	2,2680	55,91
ОЭДФК+ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Холостая	0,0093	0,0103	–	–
	10;10	0,0069	0,0148	1,3478	25,80
	50;10	0,0156	0,0166	0,5961	< 0,00
	100;10	0,0319	0,0175	0,291	< 0,00



Т а б л и ц а 2

**Оценка влияния ингибиторов на степень защиты от коррозии нержавеющей стали  
12X18H10T в севастопольской водопроводной воде при  $t = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$  (время 6 ч)**

Ингибитор	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	V, г·м <sup>2</sup> /ч	V' мм/год	J (коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	0,1889	0,2102	-	-
	10	0,0231	0,0258	8,1770	87,77
	20	0,0545	0,0606	3,4660	71,15
	50	0,0422	0,0697	4,4760	77,66
	100	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00
ГМФNa	Холостая	0,1889	0,2102	-	-
	10	0,0116	0,0129	16,2800	<0,00
	20	0,4357	0,4849	0,4340	<0,00
	50	0,1933	0,2152	0,9770	<0,00
	100	0,3450	0,3839	0,5480	<0,00
НТМФК	Холостая	0,1889	0,2102	-	-
	10	0,2315	0,2576	0,8160	<0,00
	20	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00
	50	0,2127	0,2367	0,8880	<0,00
	100	0,0986	0,1097	1,9160	47,81
ТПФNa	Холостая	0,1889	0,2102	-	-
	10	0,1157	0,1288	1,6330	38,76
	20	0,1634	0,1819	1,1560	13,49
	50	0,0677	0,0753	2,7900	64,15
	100	0,0690	0,0768	2,7380	63,48
Гипан	Холостая	0,1889	0,2102	-	-
	10	0,0578	0,0644	3,2680	69,40
	20	0,0545	0,0607	3,4670	71,16
	50	0,0493	0,0549	3,8310	73,90
	100	0,0099	0,0109	19,080	94,76
ОЭДФК+Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Холостая	0,1889	0,2102	-	-
	10;10	0,1123	0,1249	1,682	40,54
	50;10	0,0952	0,1059	1,984	49,60
	100;10	0,0000	0,0000	$\infty$	100,00

Как видно из табл. 3, использование ингибиторов при коррозии меди в воде при 18 °С оказалось совершенно неэффективным. Это можно объяснить тем, что коррозия при  $t = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит в основном за счет окисления ее кислородом. Поэтому ингибиторы, которые способствуют концентрированию кислорода на поверхности металла, способствуют его коррозии, а не пассивации. Более того, эти вещества способствуют растворению в воде продуктов коррозии, что в целом способствует коррозионному процессу.

Картина резко изменяется при температуре 90 °С, когда концентрация кислорода в воде существенно снижается (табл. 4). В данном случае с повышением температуры растет скорость окисления меди, что приводит к увеличению скорости коррозии. Вероятно, что при высоких температурах депполяризатором в коррозионном процессе является не кислород, а вода. Это подтверждается тем, что при использовании тиосульфата натрия, который связывает остатки кислорода, скорость коррозии не падает, а растет. Взаимодействие воды с медью возможно, потому что медь М2 является сплавом и со-

держит примеси металлов, способных вытесняться водородом с молекулы воды или кислот. В этих условиях ингибиторы, которые способны сорбироваться на поверхности металла и уменьшать площадь контакта с водой, способствуют его защите от коррозии. Лучшими в этом случае являются ГМФ Na, НТМФК и гипан.

Т а б л и ц а 3

**Оценка влияния ингибиторов на степень защиты от коррозии меди М2  
в севастопольской водопроводной воде при  $t = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (время 72 ч)**

Ингибитор	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	V, г·м <sup>2</sup> /ч	V'мм/год	j(коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	0,0554	0,0542	-	-
	10	0,1017	0,0995	0,5440	<0,00
	20	0,0922	0,0901	0,6010	<0,00
	50	0,0831	0,0813	0,6670	<0,00
	100	0,0793	0,0775	0,6990	<0,00
ГМФNa	Холостая	0,0554	0,0542	-	-
	10	0,0779	0,0762	0,7110	<0,00
	20	0,0948	0,0927	0,5840	<0,00
	50	0,0515	0,0504	1,0750	6,98
	100	0,0870	0,0851	0,6370	<0,00
НТМФК	Холостая	0,0554	0,0542	-	-
	10	0,1628	0,1592	0,3400	<0,00
	20	0,1404	0,1373	0,3950	<0,00
	50	0,1657	0,1620	0,3340	<0,00
	100	0,1735	0,1696	0,3190	<0,00
ТПФNa	Холостая	0,0554	0,0542	-	-
	10	0,0897	0,0877	0,6180	<0,00
	20	0,0852	0,0833	0,6500	<0,00
	50	0,0778	0,0761	0,7120	<0,00
	100	0,1249	0,1221	0,4430	<0,00
Гипан	Холостая	0,0554	0,0542	-	-
	10	0,0559	0,0547	0,9910	<0,00
	20	0,0700	0,0684	0,7910	<0,00
	50	0,0531	0,0519	1,0430	4,12
	100	0,0772	0,0754	0,7160	<0,00
ОЭДФК+ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Холостая	0,0554	0,0542	-	-
	10;10	0,1193	0,1165	0,4652	<0,00
	50;10	0,1928	0,1883	0,2878	<0,00
	100;10	0,1452	0,1419	0,3819	<0,00

ГМФ Na и гипан являются лучшими ингибиторами коррозии латуни при 18 °С (табл. 5, 6). Латунь существенно уступает по стойкости нержавеющей стали и меди. Высокую эффективность ГМФ Na и относительно удовлетворительную эффективность ТПФ Na можно объяснить образованием малорастворимых фосфатов на поверхности латуни. При этом фосфаты металлов способствуют образованию и стабилизации пассивационной гидрофобизированной кислородной пленки за счет адсорбции кислорода на поверхности металла.

НТМФК и ОЭДФК наоборот образуют растворимые фосфаты цинка, что способствует возрастанию скорости коррозии, в присутствии кислорода в воде, растворимость которого достаточно высокая при 18 °С.

Т а б л и ц а 4

**Оценка влияния ингибиторов на степень защиты от коррозии меди М2  
в севастопольской водопроводной воде при  $t = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$  (время 6 ч)**

Ингибитор	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	V, г·м <sup>2</sup> /ч	V' мм/год	j(коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	0,8923	0,8724	-	-
	10	1,2798	1,2491	0,6980	<0,00
	20	0,5878	0,3802	2,2920	56,37
	50	0,2985	0,6334	1,3760	27,33
	100	0,4048	0,3906	2,2320	55,20
ГМФNa	Холостая	0,8923	0,8724	-	-
	10	0,4890	0,4769	1,8280	45,30
	20	0,3886	0,3801	2,2930	56,39
	50	0,3564	0,3411	2,5550	60,86
	100	0,6423	0,6231	1,3990	28,52
1	2	3	4	5	6
НТМФК	Холостая	0,8923	0,8724	-	-
	10	0,6915	0,6761	1,2890	22,42
	20	0,3340	0,3801	2,2930	56,38
	50	0,6558	0,6530	1,3350	25,09
	100	0,5745	0,5629	1,5480	35,40
ТПФNa	Холостая	0,8923	0,8724	-	-
	10	0,6079	0,5961	1,4620	31,60
	20	0,7590	0,6919	1,2600	20,63
	50	0,6372	0,6334	1,3760	27,33
	100	1,2137	1,1811	0,7380	<0,00
Гипан	Холостая	0,8923	0,8724	-	-
	10	0,6123	0,5986	1,4560	31,32
	20	0,4918	0,4808	1,8130	44,84
	50	0,5050	0,5360	1,6260	38,50
	100	0,4760	0,4654	1,8730	46,61
ОЭДФК+Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Холостая	0,8923	0,8724	-	-
	10;10	1,5826	1,5470	0,5630	<0,00
	50;10	0,8181	0,7998	1,0900	8,26
	100;10	1,2403	1,2126	0,6660	<0,00

При температуре 90 °С фосфаты оказались малоэффективными ингибиторами. Вероятно, в этом случае происходит гидролиз полифосфатов, что существенно снижает их эффективность.

Вероятно, что в случае коррозии латуни, как и при коррозии меди при высоких температурах, когда концентрация кислорода в воде существенно падает, деполяризатором выступает не кислород, а вода. Это подтверждает отсутствие защитного эффекта при использовании тиосульфата натрия, который связывает растворимый в воде кислород.

Защитное действие ОЭДФК при температуре 90 °С обусловлено образованием нерастворимых компонентов с ионами цинка на поверхности латуни, что не характерно для НТМФК. Гипан при 90 °С, как и при 18 °С, способствует гидрофобизации латуни, что способствует снижению скорости ее коррозии в воде.

Таблица 5

**Влияние типа и дозы ингибитора на степень защиты от коррозии латуни Л2  
в севастопольской водопроводной воде при  $t = 18^{\circ}\text{C}$  (время 72 ч)**

Ингибитор	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	V, г·м <sup>2</sup> /ч	V'мм/год	j (коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	0,1453	1,1513	-	-
	10	0,1096	0,1142	1,3260	24,58
	20	0,1263	0,1316	1,1500	13,04
	50	0,1887	0,1966	0,7700	<0,00
	100	0,2488	0,2592	0,5840	<0,00
ГМФNa	Холостая	0,1453	1,1513	-	-
	10	0,0694	0,0723	2,0940	52,24
	20	0,0396	0,0412	3,6690	72,74
	50	0,0189	0,0197	7,6880	86,99
	100	0,0585	0,0609	2,4840	59,74
НТМФК	Холостая	0,1453	1,1513	-	-
	10	0,1425	0,1484	1,0200	1,96
	20	0,1473	0,1573	0,9860	<0,00
	50	0,2352	0,2450	0,6180	<0,00
	100	0,1866	0,1944	0,7790	<0,00
ТПФNa	Холостая	0,1453	1,1513	-	-
	10	0,0877	0,0913	1,6570	40,30
	20	0,1448	0,1508	1,0030	0,30
	50	0,1509	0,1571	0,9630	<0,00
	100	0,1306	0,1360	1,1130	23,08
Гипан	Холостая	0,1453	1,1513	-	-
	10	0,0914	0,0952	1,5900	37,11
	20	0,0614	0,0640	2,3660	57,73
	50	0,0918	0,0956	1,5830	36,83
	100	0,0796	0,0829	1,8250	45,21
ОЭДФК+ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Холостая	0,1453	1,1513	-	-
	10;10	0,2678	0,2763	4,1668	76,00
	50;10	0,2402	0,2474	4,6535	78,51
	100;10	0,2296	0,2363	4,8721	79,47

Таблица 6

**Влияние типа и дозы ингибитора на степень защиты от коррозии латуни Л2  
в севастопольской водопроводной воде при  $t = 90^{\circ}\text{C}$  (время 6 ч)**

Ингибитор	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	V, г·м <sup>2</sup> /ч	V'мм/год	j (коэффициент торможения)	Z (степень защиты), %
ОЭДФК	Холостая	0,8840	0,3666	-	-
	10	0,5702	0,5939	1,5500	35,48
	20	0,4848	0,5050	1,8230	45,15
	50	0,4227	0,4403	2,0910	52,18
	100	0,5227	0,5445	1,6910	40,86
ГМФNa	Холостая	0,8840	0,3666	-	-
	10	0,4649	0,4842	1,9070	47,56
	20	0,8383	0,8732	1,0550	5,21
	50	1,2530	1,3051	0,7060	<0,00
	100	1,0155	1,0577	0,8710	<0,00

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6
НТМФК	Холостая	0,8840	0,3666	-	-
	10	0,7456	0,3665	1,1850	15,61
	20	0,5050	0,5260	1,1750	42,86
	50	1,4040	1,4624	0,6300	<0,00
	100	1,1947	1,2444	0,7400	<0,00
ТПФNa	Холостая	0,8840	0,3666	-	-
	10	0,6579	0,6853	1,3440	25,60
	20	0,7878	0,8206	1,1220	10,87
	50	1,1322	1,1793	0,7810	<0,00
	100	1,2396	1,2912	0,7130	<0,00
Гипан	Холостая	0,8840	0,3666	-	-
	10	0,5702	0,5939	1,5500	35,48
1	2	3	4	5	6
	20	0,4545	0,4734	1,9450	48,59
	50	0,4982	0,5189	1,7740	43,63
	100	0,2240	0,2333	3,9460	74,65
ОЭДФК+ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Холостая	0,8840	0,3666	-	-
	10;10	1,6636	1,7330	0,5310	<0,00
	50;10	1,0677	1,1120	0,8280	<0,00
	100;10	1,4039	1,4620	0,6300	<0,00

Таким, образом, из приведенных данных видно, что выбор ингибиторов зависит от металлов, используемых в водооборотных системах, температурного режима, режима аэрации.

### Выводы

1. Установлено, что использованные ингибиторы неоднозначно влияют на скорость коррозии нержавеющей стали. Лучшие результаты получены при использовании ОЭДФК, ТПФNa и гипана, а также композиции ОЭДФК и тиосульфата натрия, степень защиты в ряде случаев достигала 100 %.

2. Показано, что использованные реагенты не эффективны, как ингибиторы коррозии меди при температуре 18 °С, и достаточно эффективны при 90 °С. Степень защиты в случае ОЭДФК, НТМФК и ГМФNa достигает 56...60 %. Если учитывать, что медные элементы теплообменников работают при высоких температурах, то данные реагенты можно использовать как ингибиторы коррозии.

3. Установлено, что фосфоновые кислоты являются стимуляторами коррозии латуни при 18 °С, тогда как ГМФNa является ингибитором коррозии. При температуре 90 °С, наоборот, лучшими ингибиторами являются ОЭДФК и НТМФК, а полифосфаты являются стимуляторами коррозии. Гипан является ингибитором коррозии латуни как при 18 °С, так и при 90 °С.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ

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

Приведені результати досліджень процесів корозії металів (нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, Л2 латунь, мідь М2) у воді водооборотних систем охолодження.

## EVALUATION OF METALS CORROSION INHIBITORS

**E. Rudkovskaya, J. Omelchuk, N. Gomejja**

The findings of metals corrosion (stainless steel 12X18N10T, brass B2, copper C2) in the cooling circulation systems water are resulted.

### Список использованных источников

1. *Кузнецов Ю.И.* ИФХАН-36 - эффективный ингибитор коррозии металлов в водных средах / Ю.И. Кузнецов, В.А. Исаев, И.В. Старобинская, Т.Н. Бардашева // *Защита металлов.* - 1990. - Т. 26. - № 6. - С. 965 - 969.
2. *Kuznetsov Y.I.* Organic inhibitors of corrosion of metals: Plenum Press. - New York and London, 1996. - P. 201 - 209.
3. *Акользин П.А.* Предупреждение коррозии оборудования технического водо- и теплоснабжения / П.А. Акользин. - М.: Металлургия, 1988. - 40 с.
4. *Gonzales Y.* A synergistic effect between zinc salt and phosphonic acid for corrosion inhibition of a carbon steel / Y. Gonzales, M.C. Lafont, N. Pebere, F. Moran // *J. Appl. Electrochem.* - 1996. - 26. - № 12. - P. 1259 - 1265.
5. *Rajendran S.* Synergistic effect of ethyl phosphonate and  $Zn^{2+}$  in low chloride media / S. Rajendran, B.V. Apparao, N. Palaniswamy // *Anti-Corros. Meth. And Mater.* - 1998. - 45. - № 5. - P. 338 - 343.

Надійшла до редакції 15.06.10 р.

УДК 681.5.03

## КОМПЛЕКСНЫЙ ВЕРОЯТНОСТНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКАХ

**Е.В. Шишкевич, Н.С. Стёжка**

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*

Рассмотрены актуальные вопросы, связанные с оценкой качества научно-технических текстов с использованием комплексного вероятностно-информационного показателя. Приведены результаты исследований текстов на различных языках, разных авторов и стилей, содержащих информацию, необходимую для обоснования вероятностно-информационного показателя качества текста. Экспериментальные данные подтвердили предварительные расчеты и дали возможность говорить об адекватности предлагаемой модели комплексного показателя качества.

### Введение

С момента создания первых искусственных языков для написания текста программ, а позднее и лингвистических процессоров для обработки текстов на естественных языках с помощью ЭВМ, многими авторами предлагались различные критерии оценки качества, основанные на статистическом анализе и оценке структурных элементов конкретного языка. Эта языковая проблема получила дальнейшее развитие именно

# **Збірник наукових праць СНУЯЕтаП**

**Випуск 3 (35)**

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

---

Підписано до друку 22.08.10. Вид. № 59/10. 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