

Технические науки

УДК 661.635.68

**Хашимова Майя Ахраровна**

кандидат технических наук,

доцент кафедры «Теплоэнергетика»

Ташкентский государственный технический университет

**Егорова Надежда Александровна**

магистрант

Ташкентский государственный технический университет

**Мукольянц Арсен Артёмович**

доцент кафедры «Гидравлика и гидроэнергетика»

Ташкентский государственный технический университет

**Hashimova Maya Ahrarovna**

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Department "Heat Power Engineering"

Tashkent State Technical University

**Egorova Nadezhda Alexandrovna**

Graduate student

Tashkent State Technical University

**Mukolyants Arsen Artyomovich**

Associate Professor of the Hydraulics and Hydropower Department

Tashkent State Technical University

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В СИСТЕМАХ**

## **ТЕПЛОВОДОСНАБЖЕНИЯ УЗБЕКИСТАНА**

## **APPLICATION OF CORROSION INHIBITORS IN THE SYSTEMS OF WATER SUPPLY IN UZBEKISTAN**

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследования и лабораторных испытаний многокомпонентных ингибиторов коррозии стали

полимерного типа, на основе различных фосфорсодержащих соединений и полиэлектролитов. Определена степень защиты в присутствии различных солей в зависимости от pH среды, температуры, состава и концентрации ингибитора.

**Ключевые слова:** металл, трубопроводы, коррозия, полиэлектролиты, полифосфаты, двухкомпонентные ингибиторы, защита, состав.

**Annotation:** The article presents the results of research and laboratory tests of multicomponent corrosion inhibitors of polymer-type steel, based on various phosphorus-containing compounds and polyelectrolytes. The degree of protection in the presence of various salts is determined depending on the pH of the medium, temperature, composition and concentration of the inhibitor..

**Keywords:** metal, pipelines, corrosion, polyelectrolyte, polyphosphates, bicomponent inhibitors, protection, composition.

Современная классификация ингибиторов включает окислители, ингибиторы адсорбционного, комплексообразующего и полимерного типа. Такое разделение свидетельствует о разнообразии механизмов действия ингибиторов и возможности использования достижений различных областей химии для защиты металлов от коррозии. Особое значение имеют ингибиторы коррозии, используемые в водных средах.

Наиболее ощутимые потери характерны для металлоемких отраслей, таких как водоснабжение, теплоэнергетика, нефтяная и газовая промышленность.

Обработка воды в промышленных замкнутых системах энергетики и водотеплоснабжения сложная и довольно дорогостоящая задача. В теплоносителе этих систем происходит концентрация примесей (анионов, катионов, взвешенных частиц), превышающая пределы их растворимостей.

Режим эксплуатации водоподготовительных установок и водно-химический режим должны обеспечивать работу тепловых сетей без

повреждений и снижения экономичности, вызванных коррозией внутренних поверхностей водоподготовительного, теплоэнергетического и сетевого оборудования, а также образованием накипи и отложений на теплопередающих поверхностях, отложений в проточной части турбин, шлама в оборудовании и трубопроводах тепловых сетей [1].

В настоящее время в Республику Узбекистан (РУз) импортируются ингибиторы российского и германского производств и потребность в них огромна, особенно в химической, электрохимической, нефтехимической, газовой промышленности, в сетях водоснабжения и циркулирующих водах.

В связи с ужесточением требований к охране окружающей среды количественными методами прогнозирования показана ограниченная эффективность защиты металлов индивидуальными химическими соединениями, что резким образом ограничивает круг ранее известных ингибиторов. Поэтому все более актуальной становится разработка экологически безопасных, малотоксичных, многокомпонентных ингибиторов. Перспективными ингибиторами такого рода являются смеси, содержащие в своем составе соединения, способные образовывать самоорганизующиеся поверхностные слои [2].

Целью работы являлось проведение лабораторных испытаний разработанных ингибиторов в условиях, приближенных к производственным: исследование эффективности двухкомпонентных ингибиторов коррозии стали на Шуртанском газохимическом комплексе (РУз), на основе различных фосфорсодержащих соединений и полиэлектролитов электрохимическими методами и определение степени защиты и коэффициента торможения в присутствии различных солей в зависимости от рН среды, температуры, состава и концентрации ингибитора.

Объектами исследования явились полифосфаты и пирофосфаты натрия, кальция, фосфорная кислота, их смеси с полиэлектролитами

(натрийкарбоксиметилцеллюлоза (NaКМЦ), унифлок и хлористый цинк при различных температурах и средах [3].

Представляло интерес выявление влияния рН среды на степень защиты исследуемых ингибиторов (табл.1). При уменьшении кислотности эффективность однокомпонентного ингибитора падает, тогда как двухкомпонентные полимерные ингибиторы во всем интервале рН проявляют высокую степень защиты. Установлено явление синергизма в двухкомпонентных ингибиторах на полимерной основе, особенно сильно проявляющееся в системах  $(\text{NaPO}_3)_n$  -унифлок и  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$  -желатин при  $\text{pH}=7\div 9$  и температурном интервале  $20\div 40$  °С.

Таблица 1

**Результаты гравиметрического определения степени защиты двухкомпонентного ингибитора в фоновом растворе при различных рН**

Ингибитор	рН	$t, ^\circ\text{C}$	$K, (\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{сут})$	$\gamma$	Z, %	$\text{Sr}\cdot 10^{-2}$
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -желатин	4	20	42,21	3,14	68,13	0,235
	6		5,39	20,52	95,13	0,034
	8		3,21	36,27	97,24	0,160
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -NaКМЦ	4		45,88	2,89	65,43	0,051
	6		6,33	17,76	94,37	0,094
	8		5,08	28,12	96,31	0,097
$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ -унифлок	5		5,97	20,06	95,26	0,062
	7		2,48	36,14	97,64	0,007
	9		7,46	16,72	94,02	0,642

Исследование эффективности разработанных на кафедре физической и коллоидной химии Национального университета Узбекистана двухкомпонентных ингибиторов, проводилось на кафедре «Теплоэнергетика» Ташкентского государственного технического университета и на Шуртанском газохимическом комплексе (РУЗ)

Результаты визуальных наблюдений показали, что при отсутствии добавок ионов дифосфатов, полиэлектролитов и хлористого цинка сталь корродирует локально. Уже через 12-14 часов после погружения образцов в растворы на их поверхности появлялись отдельные очаги коррозии в виде пятен. За время опыта они увеличивались и покрывались "шапкой"

продуктов коррозии. В присутствии добавок гидратированных дифосфатов и полиэлектролитов на поверхности образцов стали отмечалось образование плотных пленок светло-зеленого цвета.

Исследуемый ингибитор  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  и его смеси с полиэлектролитами концентрации 0,001%, по данным десятисуточных испытаний проявляют высокие защитные свойства от 92,56 до 93,42% при температуре 25 °С, а у  $(\text{NaPO}_3)_n$  и его смесей с полиэлектролитами защитное действие также высокое и составляет от 87,45 до 94,27%. Ингибитор пирофосфат кальция и его смеси с полиэлектролитами проявляют высокие защитные свойства: от 92,89 до 93,37% при температуре 25°С. Гравиметрические исследования показали, что в стационарных условиях добавление раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (экт) и ее смеси с полиэлектролитами приводит к снижению скорости коррозии стали по сравнению с фоном в 2-3 раза, что соответствует степени защиты от 53,71 до 67,81% и уменьшению отложений Са в трубопроводах, что продлевает ресурс котлов, препятствует снижению теплопроизводительности водонагревателей и пропускной способности трубопроводов.

Проведены исследования по определению совместного действия ингибиторов и поиску их наиболее эффективных композиций. Результаты получены для смеси ингибиторов, относящихся к одной реакционной серии, при их постоянной суммарной концентрации. Так, в экспериментах по защите стали от коррозии смесями полифосфатов и полимеров при их определенных соотношениях наблюдается синергизм действия ингибиторов.

Для количественной оценки эффективности смешанного ингибитора в сравнении с его компонентами использовали коэффициент их взаимного влияния:

$$\chi^\Sigma = \gamma^\Sigma \Pi \gamma_i = \Pi \chi_i,$$

где  $\gamma^\Sigma = K_0 / K^\Sigma$  и  $\gamma_i = K_0 / K_i$  - коэффициенты торможения коррозии стали ингибитором;  $K^\Sigma$  - скорость коррозии в присутствии смешанного

ингибитора,  $K_i$ -лишь одного из его компонентов. Условие  $\chi^\Sigma > 1$  соответствует взаимоусилению защитных свойств компонентов,  $\chi^\Sigma < 1$  - их взаимоослаблению.

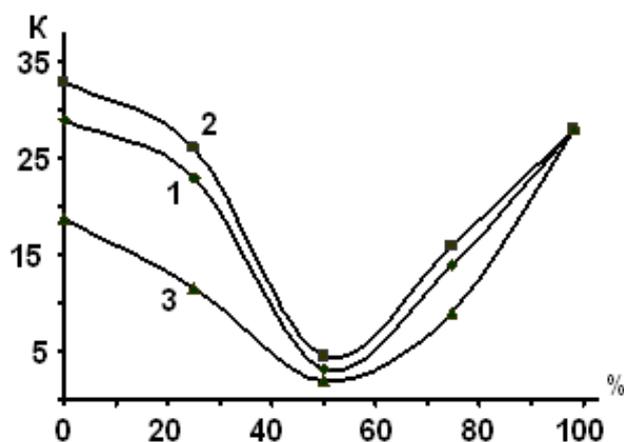


Рис. 2. Желатин- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (1);  
 $\text{NaKMЦ-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (2); унифлок- $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$  (3);  
 $C_{\text{инг.}} = 0,001\%$ ;  $\text{pH} = 8,00$ .

Исследования показали, что при  $20^\circ\text{C}$  и  $\text{pH} = 8,00$  наиболее эффективными оказались композиции  $(\text{NaPO}_3)_n$ -унифлок и  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -унифлок при эквимолярно соотношении, где коэффициенты взаимного влияния принимают максимальные значения, равные 2,44 и 1,54, соответственно (табл.2).

При повышенных температурах также наблюдались синергетические эффекты, что указывает на возможность совместного применения фосфорсодержащих соединений и полиэлектролитов в температурном интервале от  $20$  до  $80^\circ\text{C}$ .

Таблица 2

**Значения коэффициента торможения и коэффициента взаимного влияния компонентов полимерных ингибиторов ( $\text{pH} = 8,00$ ,  $T = 20^\circ\text{C}$  и  $C_{\text{инг.}} = 10$  мг/л)**

Ингибитор	Соотношение компонентов	$K$ , (г/м <sup>2</sup> ·сут)	$\gamma^\Sigma$	$P\gamma_i$	$\chi^\Sigma$
$(\text{NaPO}_3)_n$ -унифлок	1: 3	12,66	9,85	14,05	0,70
	1: 2	6,86	18,19	14,05	1,30
	1: 1	3,95	34,37	14,05	2,44
	2: 1	5,27	23,65	14,05	1,69
	3: 1	8,44	14,78	14,05	1,05
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -унифлок	1: 3	11,56	10,79	11,56	0,33
	1: 2	9,40	13,27	11,56	1,15
	1: 1	7,46	17,81	11,56	1,54
	2: 1	7,98	16,03	11,56	1,38
	3: 1	10,62	11,74	11,56	1,01

Обосновываясь на собственные исследования и литературные данные можно полагать, что при выдержке образцов стали в растворе двухкомпонентных ингибиторов на поверхности формируются два слоя - тонкий слой оксида железа, на котором равномерно располагается слой рыхлого фосфата железа, в результате образуется однородная поверхность, покрытая мономолекулярным слоем высокомолекулярного соединения.

Таким образом, исследуемые ингибиторы показали высокую эффективность замедления процесса растворения стали в слабо кислых и нейтральных средах.

Отличительными свойствами данных полифосфатов, пирофосфатов и полиэлектролитов являются низкая оптимальная концентрация, дешевизна, универсальность, нетоксичность, а также то, что они являются местным сырьем и проведенные испытания разработанных ингибиторов выявили, что двухкомпонентные ингибиторы  $(\text{NaPO}_3)_n$  -унифлок,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -желатин,  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ -желатин и  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -Na-КМЦ проявляют высокие защитные свойства в производственных условиях.

### **Литература:**

1. Цуканова Т.В., Молгачева И.В. Ингибиторы для коррекционной обработки воды систем теплоснабжения – от лабораторных испытаний до промышленного внедрения / *Новости теплоснабжения* - №2 (174) 2015. - с. 48.
2. А.Н. Феденко. Применение полифосфата натрия в химводоподготовке: особенности, практика и экономическая эффективность / *"Новости теплоснабжения"*, № 11, 2002. - С. 29 – 30.
3. Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Коррозия углеродистой стали и его защита ингибиторами полимерного типа / *"Энциклопедия инженера-химика"*. - Москва, 2008. - №5, - С.32-37.