характер растворимости вещества, где они находятся. Липосомы позволяют перенести гидрофобные вещества в водных растворах, например, для переноса жирорастворимых витаминов А, D, К и Е. [6]

5) Целевая доставка и снижение токсичности. Оболочка липосом предотвращает нежелательное взаимодействие растворенного внутри активного компонента с нецелевыми клетками. Это не позволяет незапланированным веществам взаимодействовать друг с другом, образуя токсичные или просто нежелательные комплексы. Также, благодаря целевой доставке, есть возможность использовать минимальную дозировку активных компонентов и предотвратить интоксикацию от высокой дозы биологически активных добавок. [4]

6) Экономичность косметического продукта. Целевая доставка при использовании липосом позволяет использовать минимальное количество дорогих, но эффективных активных компонентов. Эффективность данного метода позволяет снизить расход и самого продукта в целом, что позволяет производить его в небольших объемах и маленькой упаковке.

Липосомы в косметических изделиях прекрасно взаимодействуют с липидами кожи, эффективно воздействуя на нее. Из перечисленных выше пунктов, можно сделать вывод о том, что использование многофункциональных липосом в косметической продукции позволяет сделать ее наиболее эффективной, безопасной и стабильной.

1. Калманович С.А. Использование функциональных подсолнечных лецитинов в качестве функциональных ингредиентов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2016, – №4. – С. 73-80.
2. Маракулина К.М. Взаимодействие природных фосфолипидов с антиоксидантами нового класса – изоборнилфенолами: диссертация ... канд.хим.наук: 02.00.04. // Москва: 2016, – 132 с.
3. Мельникова Е.В., Горячев Д.В., Чапленко А.А., Водякова М.А., Сайфутдинова А.Р., Меркулов В.А. Разработка липосомальных форм лекарственных препаратов: методы оценки и показатели качества // Вестник РГМУ. – 2018, – №6. – 8 с.
4. Шимовян К.Т. Изучение влияния разработанных липосомальных препаратов на удержание влаги и рост волос // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016, - №2. – С. 424-426
5. Braun-Falco O., Korting H., Maibach H. Liposome Dermatics: Griesbach Conference. Springer Science and Business Media. – 2012, - P.185-194.
6. Campani V, Marchese D, Pitaro MT, Pitaro M, Grieco P, De Rosa G. Development of a liposome-based formulation for vitamin K1 nebulization on the skin. // International Journal of Nanomedicine. – 2014, – №9. – PP. 1823-1832.
7. Dragicevic N, Maibach H. Percutaneous Penetration Enhancers Physical Methods in Penetration Enhancement. Springer Science and Business Media. – 2017, - P.158-172.
8. Ganesan P, Choi D. Current application of phytocompound-based nanocosmeceuticals for beauty and skin therapy. // International Journal of Nanomedicine. – 2016, – №11. – PP. 1987-2007.
9. Kurapati S. The current role of nanomaterials in cosmetics. // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2016, – №8(5). – PP. 906-914.

Сутягин А.И.¹, Красникова Е.М., Андриянцева С.А., Бондаренко В.А.²
Исследование эффективности применения фосфорсодержащих кислот и их производных как ингибиторов коррозии в реагентной обработке воды

¹НПО «Экотехнологии»

²Липецкий государственный технический университет
(Россия, Липецк)

doi: 10.18411/lj-10-2020-45

idsp: ljjournal-10-2020-45

Аннотация

В статье представлены результаты исследования возможности применения фосфорсодержащих реагентов в системе водооборотного цикла промышленного

предприятия с целью предотвращения процесса коррозии. Полученные результаты показали, что наиболее эффективным является применение отечественного реагента ECOTECH ING 1010 в концентрации 5 мг/л.

Ключевые слова: коррозия, ингибиторы коррозии, фосфорсодержащие реагенты, ECOTECH ING 1010.

Abstract

The article presents the results of a study of the possibility of using phosphorus-containing reagents in the water circulation system of an industrial enterprise in order to prevent the corrosion process. The results obtained showed that the most effective is the use of the domestic reagent ECOTECH ING 1010 at a concentration of 5 mg / l.

Key words: corrosion, corrosion inhibitors, phosphorus-containing reagents, ECOTECH ING 1010.

Одной из важнейших проблем всех промышленных предприятий, в которых используется охлаждение оборудования водой, является коррозия на поверхностях трубопроводов и теплообменного оборудования.

Из-за процессов коррозии предприятия тратят большие суммы на восстановление и ремонт оборудования [1]. По оценкам специалистов различных стран эти потери в промышленно развитых странах составляют от 2 до 4 % валового национального продукта. При этом потери металла, включающие массу вышедших из строя металлических конструкций, изделий, оборудования, составляют от 10 до 20 % годового производства стали [2]. Оптимальным решением данных проблем служит реагентная обработка - введение в среду специальных веществ для изменения ее химических характеристик, в результате чего снижается коррозионная активность теплообменного и технологического оборудования и увеличивается срок его службы [3].

В работе исследована возможность применения фосфорсодержащих реагентов для защиты технологического оборудования и трубопроводов от коррозии.

В качестве испытуемых образцов были взяты реагенты отечественного и иностранного производств, названия и основные действующие компоненты которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ингибиторы коррозии

Название	Основной компонент
ECOTECH [®] ING1010	Оксиэтилидендифосфоновая кислота (HEDP)
ECOTECH [®] ING1020	Фосфобутантрикарбоновая кислота (PBTC)
ECOTECH [®] ING1040	Оксиэтилидендифосфоновая кислота (HEDP)
GE DeposiTrol [®] BL 5400	Ортофосфорная кислота + Оксиэтилидендифосфоновая кислота (HEDP)
GE DeposiTrol [®] BL 6501	Фосфоновая кислота + полимер
Фосфорная кислота	Фосфорная кислота
Фосфорная кислота с полиакриламидом	Фосфорная кислота с полиакриламидом
ФБТК	Фосфобутантрикарбоновая кислота
ОЭДФ	Оксиэтилидендифосфоновая кислота (HEDP)
Комплекс Zn - ОЭДФ	Комплекс Zn - ОЭДФ

Испытания проводили на оборотной воде одного из ведущих промышленных предприятий г. Липецка.

Данный водооборотный цикл представляет собой типичную открытую водооборотную систему, включающую в себя градирни и приемные камеры. Вода, проходя через теплообменное оборудование, смешивается с химически очищенной

водой и далее идет на охлаждение технологического оборудования. Подпитка водооборотного цикла происходит из реки Воронеж. В воде растворен кислород, в первую очередь, вызывающий коррозионные процессы внутри системы.

При подборе ингибитора коррозии использовали методику, основанную на определении скорости коррозии подготовленного образца металла в исследованной среде [4]. В установку добавляли точно отмеренный объем воды, содержащей реагент в заданной концентрации. В систему устанавливали образец металла и проводили испытания в течение одной недели при постоянной циркуляции воды. Было проведено три серии испытаний, в которых концентрация ингибиторов составила 1, 5 и 10 мг/л. При проведении экспериментов и в холостом опыте использовали воду замкнутого цикла без добавок. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Скорость коррозии рассчитывали по формуле:

$$C_0 = \frac{(M_2 - M_1)}{F \cdot T}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч, где} \quad (1)$$

M_1 – вес пластины до экспозиции, г;

M_2 – вес пластины после экспозиции, г;

F – площадь поверхности пластины, м^2 ;

T – продолжительность экспозиции пластины, час.

Для удобства анализа полученные результаты переводили в единицу измерения «мм/год».

Таблица 2

Результаты лабораторных испытаний по скорости коррозии

Реагент	Скорость коррозии, мм/год (концентрация 1 мг/л)	Скорость коррозии, мм/год (концентрация 5 мг/л)	Скорость коррозии, мм/год (концентрация 10 мг/л)
Холостой опыт	0,23		
ECOTECH ING1010	0,08	0,02	0,007
ECOTECH ING1020	0,12	0,10	0,080
ECOTECH ING1040	0,2	0,16	0,110
DeposiTrol BL 5400	0,11	0,06	0,025
DeposiTrol BL 6501	0,09	0,03	0,005
Фосфорная кислота	0,15	0,11	0,088
Фосфорная кислота с полиакриламидом	0,09	0,06	0,035
ФБТК	0,18	0,15	0,110
ОЭДФ	0,21	0,16	0,12
Комплекс Zn с ОЭДФ	0,10	0,07	0,056

Для открытых контуров предприятия регламентированным пределом скорости коррозии служит показатель 0,1 мм/год. По результатам испытаний данному значению удовлетворяют 4 реагента при всех значениях взятых концентраций – ECOTECH ING1010, DeposiTrol BL6501, фосфорная кислота с полиакриламидом и комплекс цинк-ОЭДФ. При концентрации 5 мг/л к данному списку добавляется ECOTECH ING1020, а при увеличении концентрации до 10 мг/л еще и фосфорная кислота.

Наилучший показатель по скорости коррозии

— 0,007 мм/год (концентрация 10 мг/л) наблюдался у DeposiTrol BL6501 (смесь фосфоновых кислот с полимерами);

- 0,02 мм/год (концентрация 5 мг/л) у ECOTECH ING1010 (на основании ОЭДФ);
- 0,08 мм/год (концентрация 1 мг/л) также у ECOTECH ING 1010.

Результаты эксперимента показали, что при увеличении концентрации реагента скорость коррозии снижается, но не для всех испытуемых образцов одинаково.

Эффективность действия ингибитора коррозии оценивали по показателю степени защиты (K, %). Полученные результаты приведены в таблице 3.

Степень защиты рассчитывали по формуле:

$$K = \frac{V_1 - V_2}{V_1} * 100\%, \quad (9)$$

где V_1 и V_2 – скорости коррозии металла в среде без ингибитора и с ингибитором соответственно, мм/год.

Таблица 3

Результаты расчетов степени защиты K

Реагент	Степень защиты от коррозии, % (при дозировке 1 мг/л)	Степень защиты от коррозии, % (при дозировке 5 мг/л)	Степень защиты от коррозии, % (при дозировке 10 мг/л)
ECOTECH ING1010	65,22	91,30	96,96
ECOTECH ING1020	47,83	56,52	65,22
ECOTECH ING1040	13,04	30,43	52,17
Depositrol BL 5400	52,17	73,91	89,13
Depositrol BL 6501	60,87	86,96	97,83
Фосфорная кислота	34,78	52,17	61,74
Фосфорная кислота с полиакриламидом	60,87	73,91	84,78
ФБТК	21,74	34,78	52,17
ОЭДФ	30,43	43,48	47,83
Комплекс Zn ОЭДФ	56,52	69,57	75,65

Наиболее экономически эффективным оказался ECOTECH ING1010 (на основе ОЭДФ), показавший лучший результат при концентрации в 1 и 5 мг/л и лишь немного хуже при концентрации в 10 мг/л.

Таким образом, наиболее эффективным ингибитором коррозии на оборотной воде замкнутого цикла промышленного предприятия оказался реагент ECOTECH ING 1010 в концентрации 5 мг/л. Его применение наиболее выгодно ввиду более низкой себестоимости продукта, отечественного производства и упрощенной логистики.

1. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение [Текст]: учебник для вузов / Н.Н. Абрамов. – Москва: Стройиздат, 1974. – 480 с.
2. Алферова, Л.А. Создание замкнутых систем водопользования промышленных предприятий и комплексов [Текст]: учебник для вузов / Л.А. Алферова, А.П. Нечаев. – Москва: Стройиздат, 1984. – 272 с.
3. Замкнутые системы. Основное направление реконструкции водного хозяйства промышленных предприятий [Текст] / В.И. Аксенов, В.А. Никулин, И.И. Ничкова, С.С. Пещура, В.Л. Подберезный, О.Д. Линников // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. – №2 (том 13). – С.56 – 60.
4. ГОСТ 9.908 – 85. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости [Текст]. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 18 с.