

А. Л. Егорова, канд. техн. наук, доц.,
А. Н. Потапчик, канд. техн. наук, ст. преп.,
А. И. Юсевич, канд. техн. наук, доц., Е. М. Осипёнок, ассист.,
Я. С. Воронец, студ. (БГТУ, г. Минск)

ЗАМЕДЛЕНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОД ЛАКОКРАСОЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ С ПОМОЩЬЮ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Металлы – наиболее распространенный вид материалов, защищаемых лакокрасочными покрытиями. Поверхностная защита металла от коррозии может быть выполнена его окрашиванием либо нанесением поверхностных плёнок. Для замедления процесса коррозии металла в лакокрасочные материалы (ЛКМ) вводят специальные добавки – ингибиторы коррозии.

Ингибитор коррозии – это химическое вещество или смесь веществ, которые при достаточной концентрации взаимодействуют на молекулярном уровне с агрессивной средой, заметно ослабляя или нейтрализуя ее воздействие на металлические поверхности.

В работе исследовано влияние промышленного ингибитора коррозии Wetspers 230 (ИН-1), который представляет собой смесь моноэфира ортофосфорной кислоты и длинноцепочечного спирта, и синтезированного на кафедре нефтегазопереработки и нефтехимии БГТУ ингибитора, который представляет собой 25% раствор производного имидазолина в хлороформе (ИН-2), на замедление коррозионных процессов под лакокрасочными покрытиями.

Исследовали ЛКМ на основе эпоксидной смолы KER 215, пигментированной алюминиевой пудрой ПАП-1, микротальком Finntalc M30, железной слюдкой MIOX micro 30, с добавлением диспергатора, деаэратора и растворителя [1]. Перед применением в ЛКМ добавляли стехиометрическое количество отвердителя КСА 4103, представляющий собой изофорондиамин, и рассчитанное количество ингибиторов коррозии для обеспечения их концентрации в покрытии составляла 0,5%, 1,0% и 2,0%. Составы наносили аппликатором на подготовленную металлическую подложку на основе стали марки 08кп. Покрытие формировалось не менее 7 суток. После окончания формирования покрытия были проведены эксперименты по изучению физико-механических свойств (таблица) по стандартным методикам: твердость определяли по маятниковому прибору типа ТМЛ (маятник А) по ГОСТ 5233, прочность при ударе по ГОСТ 4765, адгезия методом отрыва по ГОСТ 32299.

Таблица - Физико-механические свойства сформированных покрытий

Наименование показателя	Без ингибитора	Wetspers 230			Производное имидазолина		
		0,5%	1,0%	2,0%	0,5%	1,0%	2,0%
Твердость, отн. ед.	0,31	0,42	0,36	0,34	0,38	0,46	0,36
Адгезия, МПа	0,75	0,1	0,65	0,15	0,15	0,05	0,1
Прочность при ударе, см	30	20	25	15	25	20	25
Водопоглощение, %	6,74	2,35	2,37	2,33	0,38	0,98	0,94
Солестойкость, сут.	20	> 45	> 45	> 45	20	30	20

Защитные свойства оценивали по показателям водопоглощения ГОСТ 33352 и стойкости к статическому воздействию 3% раствора хлорида натрия по ГОСТ 9.403.

Исследования показали, что добавление ингибиторов коррозии привело к изменению показателей физико-механических свойств покрытий. Твердость модифицированных покрытий увеличилась до 0,46 отн. ед., при этом отмечено уменьшение прочности при ударе на 5–15 см в зависимости от концентрации ингибитора.

Наиболее существенное влияние отмечено на показатели водопоглощения пленок. Так добавление ингибитора Wetspers 230 привело к снижению водопоглощения более чем в 2,5 раза при всех исследуемых концентрациях, а ингибитора на основе производного имидазолина – более чем в 6 раз.

Оценку солестойкости осуществляли визуально по ГОСТ 9.403. Применение ингибиторов коррозии приводит к повышению солестойкой эпоксидных покрытий. Наиболее высокой солестойкостью (> 45 сут.) характеризуются покрытия с ингибитором коррозии Wetspers 230 (ИН-1) во всех исследуемых концентрациях. Применение ИН-2 только в концентрации 1,0% позволила повысить стойкость к статическому воздействию раствора хлорида натрия на 10 сут.

В работе также исследовано влияние ингибиторов коррозии на электрохимические свойства лакокрасочных покрытий при постоянном воздействии 3%-ого раствора хлорида натрия в течение 45 суток:

- потенциал разомкнутой цепи (V_{pc} , мВ), который характеризует электрохимическую активность поверхности материала в условиях воздействия коррозионной среды (рисунок 1);

- емкостно-частотный коэффициент (K_{FC} , Ф), который характеризует изолирующие свойства покрытия и его способность препятствовать проникновению электролита, что, в свою очередь, предотвращает развитие коррозии (рисунок 2).



Рисунок 1 – Влияние ингибиторов коррозии на потенциал разомкнутой цепи ($V_{рц}$, мВ) эпоксидных покрытий

Введение ингибиторов приводит к изменению потенциала разомкнутой цепи в сторону менее отрицательных значений, что свидетельствует о снижении коррозионной активности.

ИН-1 при концентрации 1,0% проявляет особенно высокую эффективность, смещая потенциал разомкнутой цепи в положительную сторону, что указывает на его значительные ингибирующие свойства по сравнению с другими концентрациями.

Для покрытий с ИН-2 с содержанием 0,5% на 15-е сутки наблюдается существенное смещение потенциала в положительную область, что может свидетельствовать о формировании более устойчивого защитного слоя при данных условиях экспонирования.

Емкостно-частотный коэффициент K_{FC} увеличивается для большинства покрытий с добавлением ингибиторов по сравнению с контрольным образцом без ингибитора, что свидетельствует о возможном снижении изолирующей способности покрытия в отдельные моменты экспонирования.

Ингибитор ИН-1 при концентрации 2,0% демонстрирует снижение K_{FC} через 30 суток до уровня ниже исходного значения ($3,7 \cdot 10^{-9}$ Ф), что может указывать на повышение стабильности покрытия при длительном воздействии коррозионной среды.

Ингибитор ИН-2 при концентрации 1,0% на 15-е сутки демонстрирует наименьшее значение K_{FC} ($2,9 \cdot 10^{-9}$ Ф), что может свидетельствовать о восстановлении и улучшении изолирующих свойств покрытия.

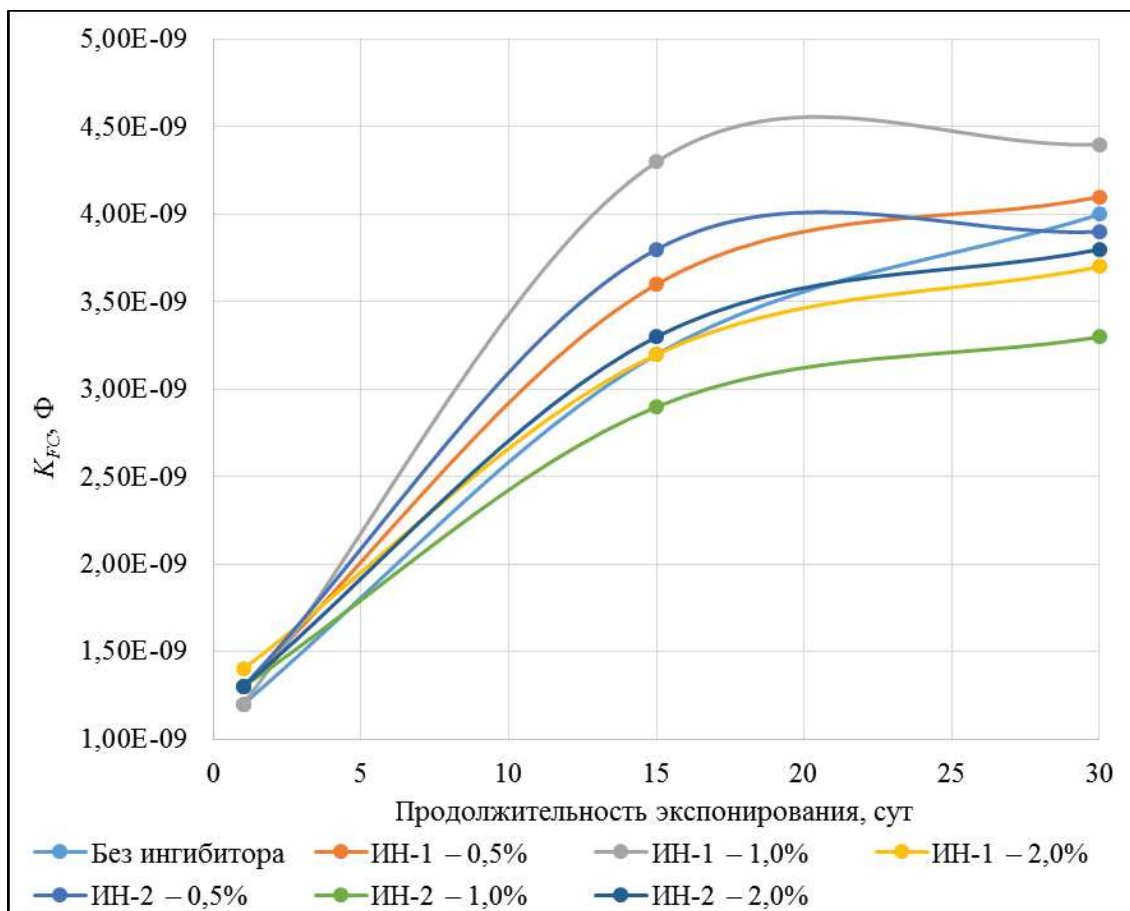


Рисунок 2 - Влияние ингибиторов коррозии на величину емкостно-частотного коэффициента (K_{FC} , Ф)

Анализ влияния ингибиторов на емкостно-частотный коэффициент K_{FC} показывает, что не все ингибиторы и не в каждой концентрации положительно сказываются на изолирующие свойства покрытия. Оптимальный выбор концентрации ингибитора обеспечивает максимальную защиту металлических поверхностей от коррозии покрытия: для ИН-1 наилучший эффект наблюдается при концентрации 2,0%, тогда как для ИН-2 – при концентрации 1,0%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потапчик А. Н., Егорова А. Л. Электрохимические свойства покрытий как критерий оптимизации рецептур антикоррозионных эпоксидных лакокрасочных материалов // Полимерные материалы и технологии. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 59–65.
2. Потапчик А. Н., Егорова А. Л. Электрохимический метод прогнозирования долговечности антикоррозионных лакокрасочных покрытий // Полимерные материалы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 30–38.