

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-2-30-38>

УДК 620.169.1:667.6

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

А. Н. ПОТАПЧИК<sup>+</sup>, А. Л. ЕГОРОВА

Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

*Выполнен краткий обзор методов прогнозирования долговечности лакокрасочных покрытий. Для оценки защитных свойств антикоррозионных лакокрасочных покрытий и расчета их срока службы применяют электрохимические методы исследований.*

*Цель работы — разработка ускоренного электрохимического метода прогнозирования долговечности антикоррозионных лакокрасочных покрытий, эксплуатируемых при постоянном воздействии электролитов в широком диапазоне температур.*

*Приведена методика расчета емкостно-частотного коэффициента как нового критерия оценки изолирующих свойств лакокрасочных покрытий. Установлено, что изменение емкостно-частотного коэффициента под воздействием эксплуатационных факторов происходит в три последовательные стадии: первоначальное уменьшение, активный рост, стабилизация. Величина емкостно-частотного коэффициента в конце стадии активного роста является критической, т. к. протекает процесс подпленочной коррозии, что является недопустимым.*

*Установлен вид зависимости емкостно-частотного коэффициента на стадии активного роста, что позволило предложить метод расчета срока службы антикоррозионных лакокрасочных покрытий, основанный на установлении кинетики изменения емкостно-частотного коэффициента до критической величины.*

*Исследовано влияние температуры и концентрации растворов NaCl и KCl на долговечность эпоксидных, полиэфирных, полиуретановых и эпоксиноволачных лакокрасочных покрытий. Установлено, что наиболее долговечными являются покрытия на основе эпоксиноволачной пленкообразующей системы. Экспериментально обнаружено, что увеличение суммарной концентрации NaCl и KCl с 12 мас.% до 28 мас.% приводит к увеличению срока службы покрытий, что может быть объяснено снижением растворимости кислорода в более концентрированном растворе.*

**Ключевые слова:** емкостно-частотный коэффициент, прогнозирование долговечности, расчет срока службы, антикоррозионное лакокрасочное покрытие, электрохимическая коррозия.

## ELECTROCHEMICAL METHOD FOR PREDICTION OF DURABILITY OF ANTI-CORROSION PAINT COATINGS

A. N. POTAPCHIK<sup>+</sup>, A. L. EGOROVA

Belarusian State Technological University, Sverdlov St., 13a, 220006, Minsk, Belarus

*A brief review of methods for predicting the durability of paint coatings is made. To evaluate the protective properties of anti-corrosion paint coatings and calculate their service life, electrochemical research methods are used.*

*A method for calculating the capacitive-frequency coefficient as a new criterion for evaluating the insu-*

<sup>+</sup>Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: alexander.potapchik@mail.ru

lating properties of paint coatings is given. It has been established that the change in the capacitance-frequency coefficient under the influence of operational factors includes three stages: initial decrease, active growth, and stabilization. The value of the capacitance-frequency coefficient at the end of the active growth stage is critical, since the process of under-film corrosion occurs.

The dependence of the capacitance-frequency coefficient at the stage of active growth has been established, which made it possible to propose a method for calculating the service life of anti-corrosion paint coatings.

The effect of temperature and concentration of NaCl and KCl solutions on the durability of epoxy, polyester, polyurethane and epoxy novolac coatings has been studied. It has been established that coatings based on an epoxy novolac film-forming system are the most durable. It was experimentally found that an increase in the total concentration of NaCl and KCl from 12 wt.% to 28 wt.% leads to an increase in the service life of coatings, which can be explained by a decrease in the solubility of oxygen in a more concentrated solution.

The aim of the work is to develop an accelerated electrochemical method for predicting the durability of anticorrosive paint coatings operated under constant exposure to electrolytes in a wide temperature range.

**Keywords:** capacitance-frequency coefficient, durability prediction, life calculation, anti-corrosion paint coating, electrochemical corrosion.

Поступила в редакцию 05.05.2022

© А. Н. Потапчик, А. Л. Егорова, 2022

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)  
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь  
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus  
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: [polmattex@gmail.com](mailto:polmattex@gmail.com)  
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

#### Образец цитирования:

Потапчик А. Н., Егорова А. Л. Электрохимический метод прогнозирования долговечности антикоррозионных лакокрасочных покрытий // Полимерные материалы и технологии. 2022. Т. 8, № 2. С. 30–38. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-2-30-38>

#### Citation sample:

Potapchik A. N., Egorova A. L. Elektrokhimicheskiy metod prognozirovaniya dolgovechnosti antikorrozionnykh lakokrasochnykh pokrytiy [Electrochemical method for prediction of durability of anticorrosion paint coatings]. *Polymer materials and technologies*, 2022, vol. 8, no. 2, pp. 30–38. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-2-30-38>

#### Литература

1. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. Москва : Химия, 1988. 272 с.
2. ГОСТ 9.401-2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов. Введ. 2019-07-01. Москва : Стандартинформ, 2018. 122 с.
3. ГОСТ 9.407-2015. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. Введ. 2016-03-01. Москва : Стандартинформ, 2015. 58 с.
4. ГОСТ 9.104-2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации. Введ. 2019-07-01. Москва : Стандартинформ, 2019. 16 с.
5. ГОСТ 9.509-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Средства временной противокоррозионной защиты. Методы определения защитной способности. Введ. 1991-01-01. Москва : Издательство стандартов, 1990. 20 с.
6. Головин В. А., Добрян С. А. Электрохимические и электрофизические методы неразрушающего контроля защитных полимерных покрытий // Коррозия: материалы, защита. 2020. № 12. С. 1–13. doi: 10.31044/1813-7016-2020-0-12-1-13
7. Пат. 2012130904 RU, МПК G 01 N 17/00 Способ прогнозирования долговечности промышленных противокоррозионных лакокрасочных покрытий для металлических поверхностей / Е. В. Бакирова, Б. С. Агаян, Т. В. Варагина, И. А. Корольченко, И. К. Гречановский; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение Научно-исследовательский институт проблем хранения Федерального агентства по государственным резервам. N 2012130904/28; заявл. 20.07.2012; опубл.

- 20.06.2014, Бюл. N 17. 20 с.
8. Zoltan Lukacs, Tamas Kristof. A generalized model of the equivalent circuits in the electrochemical impedance spectroscopy // *Electrochimica Acta*, 2020, vol. 363. doi: 10.1016/j.electacta.2020.137199
  9. Bierwagen G., Li J., He L., Tallman D. Fundamentals of the Measurement of Corrosion Protection and the Prediction of Its Lifetime in Organic Coatings // *Service Life Prediction: Methodology and Metrologies* / eds: Jonathan W. Martin, David R. Bauer. Monterey, 2001, pp. 316–350. doi: 10.1021/bk-2002-0805.ch016
  10. Потапчик А. Н., Егорова А. Л. Электрохимические свойства покрытий как критерий оптимизации рецептур антикоррозионных эпоксидных лакокрасочных материалов // *Полимерные материалы и технологии*. 2021. Т. 7, № 2. С. 59–65. doi: 10.32864/polymmattech-2021-7-2-59-65
  11. *Impedance Spectroscopy. Theory, Experiment, and Applications* / eds.: Evgenij Barsoukov, J. Ross Macdonald. Second Edition. New Jersey : John Wiley & Sons, 2005. 595 с. doi:10.1002/0471716243
  12. Быстрова О. Н. Влияние хлорид-ионов и сероводорода на катодное поведение стали в нейтральных растворах // *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. Т. 15, № 9. С. 243–245.

## References

1. Karyakina M. I. *Ispytanie lakokrasochnykh materialov i pokrytiy* [Testing of paint and varnish materials and coatings]. Moscow : Khimiya Publ., 1988. 272 p.
2. GOST 9.401-2018. Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya lakokrasochnye. Obshchie trebovaniya i metody uskorennykh ispytaniy na stoykost' k vozdeystviyu klimaticheskikh faktorov [State Standard 9.401-2018. Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. General requirements and methods of accelerated tests on resistance to the influence of climatic factors]. Moscow : Standartinform Publ., 2018. 122 p.
3. GOST 9.407-2015. Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya lakokrasochnye. Metod otsenki vneshnego vida [State Standard 9.407-2015. Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. Method of appearance rating]. Moscow : Standartinform Publ., 2015. 58 p.
4. GOST 9.104-2018. Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya lakokrasochnye. Gruppy usloviy ekspluatatsii [State Standard 9.104-2018. Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. Groups of operation conditions]. Moscow : Standartinform Publ., 2019. 16 p.
5. GOST 9.509-89. Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Sredstva vremennoy protivokorroziionnoy zashchity. Metody opredeleniya zashhitnoy sposobnosti [State Standard 9.509-89. Unified system of corrosion and ageing protection. Means of temporary corrosion protection. Methods of determining protection ability]. Moscow : Izdatel'stvo standartov Publ., 1990. 20 p.
6. Golovin V. A., Dobriyan S. A. Elektrokhimicheskie i elektrofizicheskie metody nerazrushayushchego kontrolya zashchitnykh polimernykh pokrytiy [Electrochemical and electrophysical methods of non-destructive testing of protective polymer coatings]. *Korroziya: materialy, zashchita* [Corrosion: materials, protection], 2020, no. 12, pp. 1–13. doi: 10.31044/1813-7016-2020-0-12-1-13
7. Bakirova E. V., Agayan B. S., Varagina T. V., Korol'chenko I. A., Grechanovskiy I. K. Sposob prognozirovaniya dolgovechnosti promyshlennykh protivokorroziionnykh lakokrasochnykh pokrytiy dlya metallicheskih poverkhnostey [Method for predicting the durability of industrial anti-corrosion paint coatings for metal surfaces]. Patent RF, no. 2012130904, 2014.
8. Zoltan Lukacs, Tamas Kristof. A generalized model of the equivalent circuits in the electro-chemical impedance spectroscopy. *Electrochimica Acta*, 2020, vol. 363. doi: 10.1016/j.electacta.2020.137199
9. Bierwagen G., Li J., He L., Tallman D. Fundamentals of the Measurement of Corrosion Protection and the Prediction of Its Lifetime in Organic Coatings. *Service Life Prediction: Methodology and Metrologies*, 2001, pp. 316–350. doi: 10.1021/bk-2002-0805.ch016
10. Potapchik A. N., Egorova A. L. Elektrokhimicheskie svoystva pokrytiy kak kriteriy optimizatsii retseptur antikorroziionnykh epoksidnykh lakokrasochnykh materialov [Electrochemical properties of coatings as a criterion for optimizing formulations of anticorrosive epoxy paints]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 2, pp. 59–65. doi 10.32864/polymmattech-2021-7-2-59-65
11. *Impedance Spectroscopy. Theory, Experiment, and Applications*. Eds.: Evgenij Barsoukov, J. Ross Macdonald. Second Edition. New Jersey : John Wiley & Sons, 2005. 595 p. doi: 10.1002/0471716243
12. Bystrova O. N. Vliyanie khlorid-ionov i serovodoroda na katod-noe povedenie stali v neytral'nykh rastvorakh [Influence of chloride ions and hydrogen sulfide on the cathodic behavior of steel in neutral solutions]. *Vestnik Kazanskogo tekhnolo-icheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan technological university], 2012, vol. 15, no. 9, pp. 243–245.