

DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-16-23
УДК 620.19:629.5.023

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИНКОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ

Д. П. Ястребов, Д. В. Шунькин, А. О. Рогожников, Г. В. Кузнецов

*Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, Российская Федерация*

Обоснована актуальность организации подготовки судовых операторов, осуществляющих контроль работы систем защиты морских судов от коррозии. Представлены результаты научного исследования – контроля работы системы протекторной защиты стального корпуса вспомогательного морского судна (плавающая мастерская ПМ-15), находящегося в длительном стояночном режиме. Проведены измерения разности потенциалов между корпусом судна и тремя электродами сравнения в заданной контрольной точке. Использовали методику измерений, представленную в ранее опубликованных работах. Контрольные измерения проводились с помощью электродов сравнения: хлорсеребряного электрода сравнения, рекомендованного для использования нормативными документами, и цинковых электродов сравнения (не рекомендованных нормативными документами для морских судов). Выполнено пятьдесят параллельных контрольных измерений. Интервал времени между параллельными измерениями составил 5 с. Контрольные измерения проводили в течение пяти дней (с 02.07.2020 по 14.07.2020). Точность результатов контрольных измерений оценивали согласно нормативным требованиям. Отмечено, что электроды сравнения обеспечивают высокую точность результатов контрольных измерений; результаты контроля, выполненного с помощью цинковых электродов сравнения, отличаются высокой стабильностью. Сделаны выводы о том, что цинковые электроды сравнения могут быть использованы на российских судах для контроля протекторной защиты корпуса судна, а результаты выполненных исследований рекомендованы к применению экипажам судов в процессе подготовки судовых операторов систем защиты судов от коррозии.

Ключевые слова: коррозия корпуса судна, защита от коррозии, протекторная защита, контрольные измерения, контрольные электроды, результаты измерений.

Для цитирования: Ястребов Д. П., Шунькин Д. В., Рогожников А. О., Кузнецов Г. В. К вопросу использования цинковых электродов для контроля протекторной защиты судов и кораблей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 2. С. 16–23. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-16-23.

Введение

Защита судов и кораблей от коррозии – важная государственная задача, решению которой обязаны содействовать экипажи судов и кораблей [1–6]. В этой связи необходимо организовать подготовку судовых операторов, осуществляющих контроль работы систем защиты судов и кораблей от коррозии [2, 5, 7–15]. Наиболее эффективной формой такого рода подготовки является научно-исследовательская работа курсантов и аспирантов мореходных факультетов [8–18].

Цель настоящей статьи – обмен опытом в области подготовки операторов для контроля работы систем защиты от коррозии стальных корпусов морских судов и кораблей.

Результаты исследований и их обсуждение

Контролировали работу системы протекторной защиты стального корпуса вспомогательного морского судна (плавающая мастерская ПМ-15), находящегося в длительном стояночном режиме. Для этого измеряли разность потенциалов между корпусом судна и тремя электродами сравнения в заданной контрольной точке [10]. Использовали методику измерений, приведенную в работах [15–19], и следующие электроды сравнения:

– один хлорсеребряный электрод сравнения (ХСЭ), рекомендованный для использования нормативными документами [5, 6];

– два цинковых электрода сравнения (не рекомендованных нормативными документами [5, 6] для российских морских судов).

С помощью каждого электрода сравнения выполнили 50 параллельных контрольных измерений. Интервал времени между параллельными измерениями – 5 с. Контрольные измерения выполняли в течение 5 дней с 02.07.2020 по 14.07.2020. Точность результатов контрольных измерений оценивали согласно нормативным требованиям [20]. Результаты контрольных измерений и их статистической обработки [21] приведены в таблице ($U_{\text{сред}}$ – среднее арифметическое, мВ; D – дисперсия; σ – среднее квадратичное отклонение; Kd – линейный коэффициент вариации, %; Kr – коэффициент осцилляции, %; V – коэффициент вариации, %).

Результаты контроля протекторной защиты на судне ПМ-15 в период с 02.07.2020 по 14.07.2020

№	Результаты измерений потенциала корпуса судна U , мВ, полученные с помощью электродов (в день)														
	Электрод № 1 (цинковый электрод)					Электрод № 2 (цинковый электрод)					Электрод № 3 (хлорсеребряный электрод)				
Дата	02.07.2020	06.07.2020	11.07.2020	13.07.2020	14.07.2020	02.07.2020	06.07.2020	11.07.2020	13.07.2020	14.07.2020	02.07.2020	06.07.2020	11.07.2020	13.07.2020	14.07.2020
1	-347	-354	-372	-378	-358	-339	-343	-361	-371	-358	652	652	656	647	660
2	-347	-354	-372	-377	-358	-340	-343	-361	-371	-358	652	652	656	647	660
3	-347	-354	-372	-377	-358	-340	-343	-361	-371	-358	651	652	656	647	660
4	-347	-354	-372	-378	-358	-340	-343	-361	-371	-358	652	652	656	647	660
5	-347	-354	-372	-378	-358	-340	-343	-361	-371	-358	650	652	656	647	660
6	-346	-354	-372	-377	-358	-340	-343	-361	-371	-358	651	652	656	647	660
7	-347	-354	-372	-377	-358	-340	-343	-361	-371	-358	650	652	656	647	661
8	-346	-354	-372	-378	-358	-339	-343	-361	-371	-358	651	652	656	647	660
9	-346	-354	-372	-379	-358	-339	-343	-361	-371	-358	651	652	656	647	660
10	-347	-354	-372	-379	-358	-339	-343	-361	-371	-358	650	652	656	647	661
11	-345	-354	-372	-378	-358	-339	-343	-361	-371	-358	649	652	656	647	661
12	-346	-354	-372	-378	-358	-338	-343	-361	-370	-358	649	652	656	647	661
13	-345	-354	-372	-378	-357	-338	-343	-361	-370	-358	650	652	656	647	660
14	-346	-354	-372	-377	-357	-338	-343	-361	-370	-358	650	652	656	647	661
15	-346	-354	-372	-377	-357	-338	-343	-361	-370	-358	650	652	656	647	660
16	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-361	-370	-358	650	652	656	647	661
17	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-361	-370	-358	650	652	656	647	661
18	-346	-354	-371	-377	-357	-339	-343	-361	-371	-358	650	652	656	647	661
19	-347	-354	-371	-377	-357	-339	-343	-361	-371	-358	650	652	656	647	661
20	-346	-354	-371	-377	-357	-339	-343	-361	-371	-358	649	652	656	647	661
21	-346	-354	-371	-377	-356	-339	-343	-361	-371	-358	648	652	656	647	661
22	-346	-354	-371	-377	-356	-339	-343	-361	-371	-358	649	652	656	647	661
23	-346	-354	-371	-378	-357	-340	-343	-361	-371	-358	649	652	656	647	661
24	-347	-354	-371	-378	-356	-340	-343	-360	-371	-358	649	652	656	647	661
25	-346	-354	-371	-377	-356	-339	-343	-360	-371	-358	649	652	656	647	661
26	-347	-354	-371	-377	-356	-340	-343	-360	-370	-358	648	652	656	647	661
27	-347	-354	-371	-377	-356	-340	-343	-360	-370	-358	649	652	656	647	660
28	-347	-354	-371	-376	-356	-340	-343	-360	-370	-357	649	652	656	647	661
29	-347	-354	-371	-376	-356	-340	-343	-360	-370	-358	649	652	656	647	660
30	-347	-354	-371	-376	-357	-340	-343	-360	-370	-357	649	652	656	647	661
31	-348	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-358	647	652	656	647	661
32	-348	-354	-372	-377	-356	-339	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	660
33	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-371	-357	647	652	656	647	661
34	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-371	-357	648	652	656	647	661
35	-348	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-371	-357	649	652	656	647	661
36	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	660
37	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	660
38	-346	-354	-372	-377	-357	-340	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	661
39	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-357	647	652	656	647	660
40	-348	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	660
41	-347	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	661
42	-347	-354	-372	-377	-357	-338	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	661
43	-348	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	661
44	-348	-354	-372	-377	-357	-339	-343	-360	-370	-357	648	652	656	647	660
45	-348	-354	-372	-376	-357	-339	-343	-359	-370	-356	648	652	656	647	660
46	-348	-354	-372	-376	-356	-339	-343	-359	-370	-356	648	652	656	647	660
47	-348	-354	-372	-376	-356	-338	-343	-359	-370	-356	648	652	656	647	660
48	-348	-354	-372	-376	-355	-339	-343	-359	-370	-356	649	652	656	647	660
49	-348	-354	-372	-376	-355	-339	-343	-359	-369	-356	649	652	656	647	660
50	-348	-352	-372	-377	-355	-338	-343	-359	-369	-356	649	652	656	647	660

Окончание табл.

№	Результаты измерений потенциала корпуса судна U_{Σ} , мВ, полученные с помощью электродов (в день)														
	Электрод № 1 (цинковый электрод)					Электрод № 2 (цинковый электрод)					Электрод № 3 (хлорсеребряный электрод)				
Дата	02.07.2020	06.07.2020	11.07.2020	13.07.2020	14.07.2020	02.07.2020	06.07.2020	11.07.2020	13.07.2020	14.07.2020	02.07.2020	06.07.2020	11.07.2020	13.07.2020	14.07.2020
$U_{\text{сред.}}$, мВ	-346,9	-353,96	-371,74	-377,1	-356,9	-339,14	-343	-360,34	-370,4	-357,46	649,12	652	656	647	660,52
D	3,00	2,00	1,00	3,00	3,00	2,00	0,00	2,00	2,00	2,00	5,00	0,00	0,00	0,00	1,00
σ	0,62	0,08	0,38	0,48	0,62	0,48	0,00	0,61	0,53	0,63	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50
Kd , %	0,65	0,08	0,19	0,49	0,69	0,40	0,00	0,46	0,32	0,49	1,59	0,00	0,00	0,00	0,25
Kr , %	0,81	0,28	0,44	0,71	0,84	0,64	0,00	0,69	0,57	0,71	1,27	0,00	0,00	0,00	0,50
V , %	-0,18	-0,02	-0,10	-0,13	-0,17	-0,14	0,00	-0,17	-0,14	-0,18	0,15	0,00	0,00	0,00	0,08

Согласно результатам исследований, приведенным в таблице, хлорсеребряный и цинковые электроды сравнения обеспечивают высокую точность [20] показателей контрольных измерений. Следует отметить:

- стоимость цинкового электрода примерно в 10 раз меньше стоимости ХСЭ;
- эксплуатировать и хранить цинковый электрод сравнения на судне проще, чем ХСЭ.

Динамика изменений результатов контрольных измерений, выполненных в разные дни, проиллюстрирована на рис. 1–3.

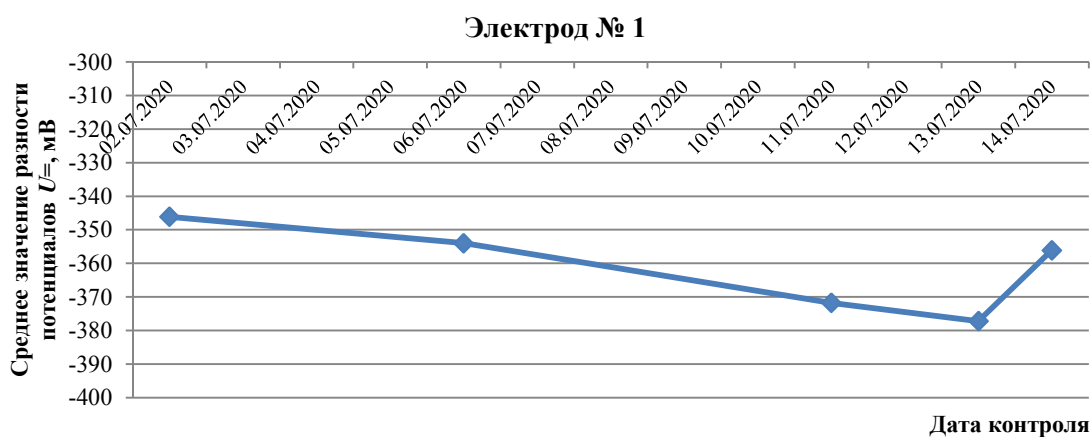


Рис. 1. Динамика результатов измерений потенциала корпуса судна в период с 02.07.2020 по 14.07.2020, полученных с помощью электрода № 1 (цинкового электрода)

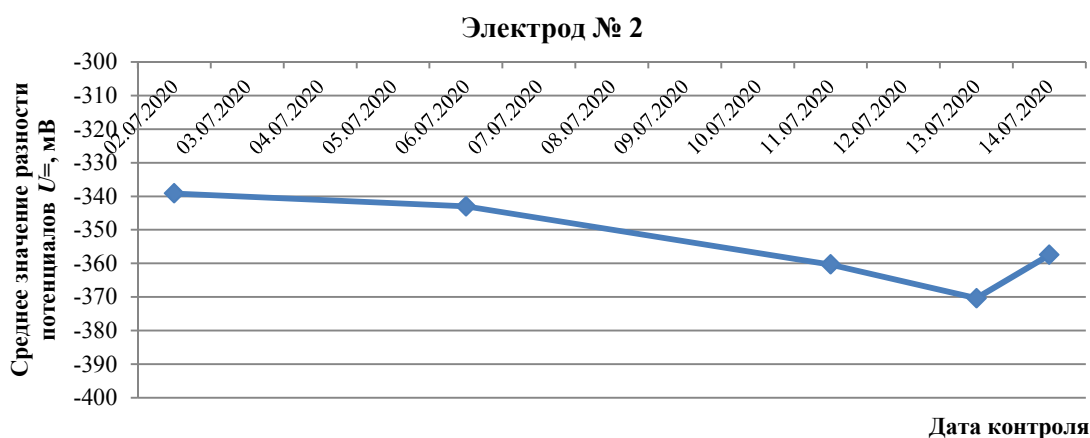


Рис. 2. Динамика результатов измерений потенциала корпуса судна в период с 02.07.2020 по 14.07.2020, полученных с помощью электрода № 2 (цинкового электрода)

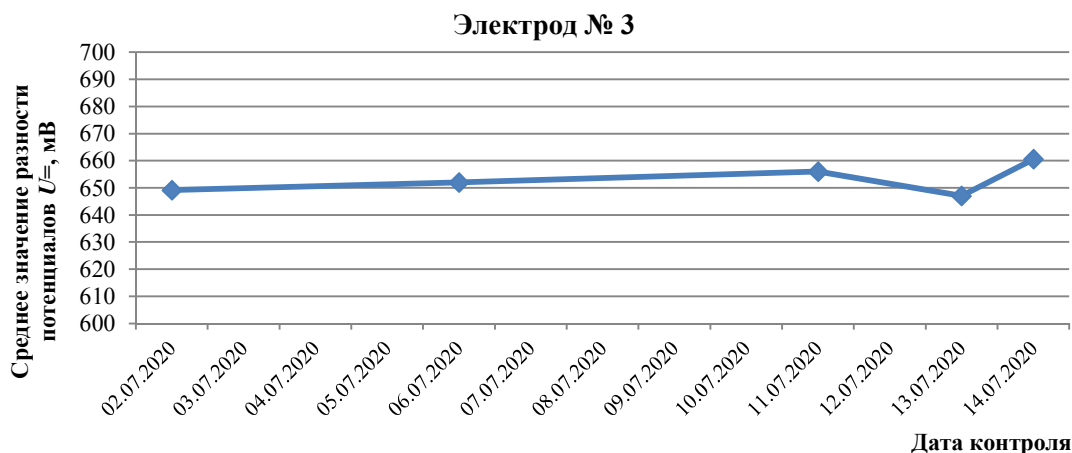


Рис. 3. Динамика результатов измерений потенциала корпуса судна в период с 02.07.2020 по 14.07.2020, полученных с помощью электрода № 3 (ХСЭ)

Согласно рис. 1–3 результаты контрольных измерений, выполненных с помощью цинковых электродов сравнения, отличаются высокой стабильностью [6]. Они находятся в интервале значений от $-346,90$ до $-377,10$ мВ (электрод № 1) и от $-339,14$ до $-370,40$ мВ (электрод № 2).

Следует отметить, что результаты контрольных измерений, полученные с помощью разных электродов сравнения, подтвердили, что протекторная защита судна ПМ-15 не соответствует нормативным требованиям [5, 6].

Выводы

1. Цинковые электроды сравнения допустимо применять на российских судах для контроля протекторной защиты корпуса судна.
2. Результаты выполненных исследований могут быть использованы экипажами судов для подготовки судовых операторов систем защиты судов от коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зобочев Ю. Е., Солинская Э. В. Защита судов от коррозии и обрастания. М.: Транспорт, 1984. 174 с.
2. Швецов В. А., Белов О. А., Белозеров П. А., Шунькин Д. В. Контроль систем протекторной защиты стальных судов и кораблей: моногр. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2016. 109 с.
3. Коробцов И. М. Техническое обслуживание и ремонт флота. М.: Транспорт, 1975. 195 с.
4. РД 31.28.10-97. Комплексные методы защиты судовых конструкций от коррозии. URL: <https://dokipedia.ru/document/5319913> (дата обращения: 05.10.2019).
5. ГОСТ 9.056-75. Стальные корпуса кораблей и судов. Общие требования к электрохимической защите при долговременном стояночном режиме. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015017> (дата обращения: 05.10.2019).
6. ГОСТ 26501-85. Корпуса морских судов. Общие требования к электрохимической защите. М.: Изд-во стандартов, 1985. 7 с.
7. Белов О. А., Швецов В. А., Ястребов Д. П. Обоснование оптимальной периодичности контроля работы протекторной защиты стальных корпусов судов // Эксплуатация мор. трансп. 2017. № 1 (82). С. 41–48.
8. Белов О. А., Швецов В. А., Ястребов Д. П., Белавина О. А., Шунькин Д. В. Внедрение усовершенствованного способа контроля систем протекторной защиты стальных корпусов судов Камчатского флота // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та. 2017. Вып. 39. С. 6–11.
9. Швецов В. А., Белов О. А., Белавина О. А., Ястребов Д. П. Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2017. № 1. С. 29–38.
10. Белозеров П. А., Швецов В. А., Белавина О. А., Шунькин Д. В., Коростылев Д. В., Пахомов В. А., Малиновский С. А. Обоснование способа выбора контрольных точек для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та. 2014. Вып. 28. С. 6–11.
11. Швецов В. А., Белозеров П. А., Адельшина Н. В., Белавина О. А., Петренко О. Е., Шунькин Д. В., Кириносенко В. В. Влияние квалификации оператора на результаты измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та. 2014. Вып. 30. С. 46–54.

12. Швецов В. А., Белозеров П. А., Белавина О. А., Шунькин Д. В., Малиновский С. А. Обоснование выбора необходимого числа параллельных измерений защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов в контрольной точке // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та. 2016. Вып. 35. С. 40–46.
13. Швецов В. А., Белов О. А., Белозеров П. А., Белавина О. А., Кириносенко В. В. Обоснование необходимости подготовки операторов для измерения потенциала стальных корпусов судов и кораблей // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та. 2016. Вып. 37. С. 19–24.
14. Ястребов Д. П., Белов О. А., Швецов В. А., Белавина О. А. О выборе электродов для контроля систем протекторной защиты стальных судов и кораблей // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2019. № 4. С. 39–45.
15. Ястребов Д. П., Белов О. А., Швецов В. А., Ушакевич А. П., Кузнецов Г. В. О целесообразности использования хлорсеребряных электродов для контроля систем протекторной защиты стального корпуса судна // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: материалы Второй междунар. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 23–25 октября 2019 г.). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. С. 121–124.
16. Ястребов Д. П., Белов О. А., Швецов В. А., Белавина О. А., Зайцев С. А. К вопросу использования стальных пластин для контроля протекторной защиты корпусов судов и кораблей // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: материалы Второй междунар. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 23–25 октября 2019 г.). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. С. 125–129.
17. Белов О. А., Ястребов Д. П., Рогожников А. О., Швецов В. А., Зайцев С. А., Тарабанов Б. В. Разработка автоматизированной системы контроля протекторной защиты корпусов рыбопромысловых судов // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы XI Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 24–25 марта 2020 г.). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. С. 82–85.
18. Ястребов Д. П., Белов О. А., Швецов В. А., Тарабанов Б. В., Зайцев С. А. К вопросу использования электродов из судокорпусной стали для контроля защищенности от коррозии корпусов судов и кораблей // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2020. № 2. С. 15–21.
19. Пат. 153280 Рос. Федерация, U1 МПК G01N 17/02 (2006.01). Устройство для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / Швецов В. А., Белозеров П. А., Шунькин Д. В., Диденко А. А., Луценко А. А., Коростылев Д. В., Белавина О. А. № 2014142289/28; заявл. 20.10.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19.
20. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089016> (дата обращения: 05.10.2019).
21. Microsoft Office Excel 365: 2002 (16.0.12527.20278) / 10 марта 2020. URL: http://www.naslozhdaysya.com/load/soft/microsoft_office_2016_2019_16_0_12527_20278_by_m0nkrus/9-1-0-31256 (дата обращения: 27.10.2020).

Статья поступила в редакцию 01.12.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Павлович Ястребов – аспирант кафедры энергетических установок и электрооборудования судов; Камчатский государственный технический университет; Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; restart1101@mail.ru.

Дмитрий Владимирович Шунькин – аспирант кафедры энергетических установок и электрооборудования судов; Камчатский государственный технический университет; Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; Otryd41@yandex.ru.

Алексей Олегович Рогожников – студент кафедры энергетических установок и электрооборудования судов; Камчатский государственный технический университет; Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; Aleksei17_90@mail.ru.

Глеб Валерьевич Кузнецов – аспирант кафедры энергетических установок и электрооборудования судов; Камчатский государственный технический университет; Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; restart1101@mail.ru.



ON QUESTION OF USING ZINC ELECTRODES FOR MONITORING CATHODIC PROTECTION OF SHIPS AND VESSELS

D. P. Yastrebov, D. V. Shunkin, A. O. Rogozhnikov, G. V. Kuznetsov

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation

Abstract. The article focuses on the importance of organizing the ship operators training, who control the operation of systems protecting the sea vessels from corrosion. There are presented the results of a scientific research - control of the operation of the tread protection system of the steel hull of an auxiliary marine vessel (floating workshop PM-15), which is in a long-term standby mode. The potential difference between the ship's hull and two reference electrodes was measured at a given control point. The control measurements have been carried out using the reference electrodes: silver chloride reference electrode recommended for use by regulatory documents and zinc reference electrodes (not recommended by regulatory documents for sea vessels). There have been made 50 parallel control measurements. The time interval between parallel measurements was 5 seconds. Control measurements were performed within 5 days from 07.02.2020 to 07.14.2020. The accuracy of the control measurements was assessed in accordance with regulatory requirements. It has been stated that both reference electrodes provide high accuracy of control measurements; the results of control carried out with the help of zinc reference electrodes are highly stable. It has been inferred that zinc reference electrodes can be used on Russian ships to control the tread protection of the ship's hull and can be recommended for using by ship crews for training ship operators of ship corrosion protection systems.

Key words: corrosion of the ship's hull, corrosion protection, tread protection, control measurements, control electrodes, measurement results.

For citation: Yastrebov D. P., Shunkin D. V., Rogozhnikov A. O., Kuznetsov G. V. On question of using zinc electrodes for monitoring cathodic protection of ships and vessels. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2021;2:16-23. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-16-23.

REFERENCES

1. Zobochev Iu. E., Solinskaia E. V. *Zashchita sudov ot korrozii i obrastaniia* [Protection of ships from corrosion and fouling]. Moscow, Transport Publ., 1984. 174 p.
2. Shvetsov V. A., Belov O. A., Belozarov P. A., Shun'kin D. V. *Kontrol' sistem protekturnoi zashchity stal'nykh sudov i korablei: monografiia* [Control of tread protection systems of steel hulls of vessels and ships: monograph]. Petropavlovsk-Kamchatskii, Izd-vo KamchatGTU, 2016. 109 p.
3. Korobtsov I. M. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont flota* [Maintenance and repair of fleet]. Moscow, Transport Publ., 1975. 195 p.
4. RD 31.28.10-97. *Kompleksnye metody zashchity sudovykh konstruksii ot korrozii* [RD 31.28.10-97. Complex methods of protection of ship structures from corrosion]. Available at: <https://dokipedia.ru/document/5319913> (accessed: 05.10.2019).
5. GOST 9.056-75. *Stal'nye korpusa korablei i sudov. Obshchie trebovaniia k elektrokhimicheskoi zashchite pri dolgovremennom stoianochnom rezhime* [GOST 9.056-75. Steel hulls of ships and vessels. General requirements for electrochemical protection in long-term standby mode]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200015017> (accessed: 05.10.2019).
6. GOST 26501-85. *Korpusa morskikh sudov. Obshchie trebovaniia k elektrokhimicheskoi zashchite* [GOST 26501-85. Hulls of sea vessels. General requirements for electrochemical protection]. Moscow, Izd-vo standartov, 1985. 7 p.
7. Belov O. A., Shvetsov V. A., Iastrebov D. P. Obosnovanie optimal'noi periodichnosti kontrolya raboty protekturnoi zashchity stal'nykh korpusov sudov [Substantiation of optimal frequency of control of tread protection of ship steel hulls]. *Ekspluatatsiia morskogo transporta*, 2017, no. 1 (82), pp. 41-48.
8. Belov O. A., Shvetsov V. A., Iastrebov D. P., Belavina O. A., Shun'kin D. V. Vnedrenie usovershenstvovannogo sposoba kontrolya sistem protekturnoi zashchity stal'nykh korpusov sudov Kamchatskogo flota [Implementing improved method for monitoring tread protection systems of steel hulls of ships of Kamchatka fleet]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, iss. 39, pp. 6-11.
9. Shvetsov V. A., Belov O. A., Belavina O. A., Iastrebov D. P. Obosnovanie vozmozhnosti isklucheniia vneshnego osmotra sistem protekturnoi zashchity stal'nykh korpusov sudov [Substantiating possibility of excluding external inspection of tread protection systems of steel hulls of ships]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaia tekhnika i tekhnologiya*, 2017, no. 1, pp. 29-38.

10. Belozеров P. A., Shvetsov V. A., Belavina O. A., Shun'kin D. V., Korostylev D. V., Pakhomov V. A., Malinovskii S. A. Obosnovanie sposoba vybora kontrol'nykh tochek dlia izmereniia zashchitnogo potentsiala stal'nykh korpusov korablei i sudov [Substantiating method for selecting control points for measurement protective potential of steel hulls of ships and vessels]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, iss. 28, pp. 6-11.
11. Shvetsov V. A., Belozеров P. A., Adel'shina N. V., Belavina O. A., Petrenko O. E., Shun'kin D. V., Kirnosenko V. V. Vliianie kvalifikatsii operatora na rezul'taty izmereniia zashchitnogo potentsiala stal'nykh korpusov korablei i sudov [Influence of qualification operator on values of measuring protective potential of steel hulls of ships and vessels]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, iss. 30, pp. 46-54.
12. Shvetsov V. A., Belozеров P. A., Belavina O. A., Shun'kin D. V., Malinovskii S. A. Obosnovanie vybora neobkhodimogo chisla parallel'nykh izmerenii zashchitnogo potentsiala stal'nykh korpusov korablei i sudov v kontrol'noi tochke [Substantiation of choice of required number of parallel measurements of protective potential of steel hulls of ships and vessels at control point]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2016, iss. 35, pp. 40-46.
13. Shvetsov V. A., Belov O. A., Belozеров P. A., Belavina O. A., Kirnosenko V. V. Obosnovanie neobkhodimosti podgotovki operatorov dlia izmereniia potentsiala stal'nykh korpusov sudov i korablei [Substantiation of necessity of training operators for measuring potential of steel hulls of vessels and ships]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2016, iss. 37, pp. 19-24.
14. Iastrebov D. P., Belov O. A., Shvetsov V. A., Belavina O. A. O vybere elektrodov dlia kontrolya sistem protektonoi zashchity stal'nykh sudov i korablei [On choosing electrodes for monitoring tread protection systems of steel ships]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaiia tekhnika i tekhnologiia*, 2019, no. 4, pp. 39-45.
15. Iastrebov D. P., Belov O. A., Shvetsov V. A., Ushakevich A. P., Kuznetsov G. V. O tselesoobraznosti ispol'zovaniia khloroserebrianykh elektrodov dlia kontrolya sistem protektonoi zashchity stal'nogo korpusa sudna. Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia vodnogo transporta: problemy i puti razvitiia [On expediency of using silver chloride electrodes to control tread protection systems of ship steel hull. Technical operation of water transport: problems and ways of development]. *Materialy Vtoroi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Petropavlovsk-Kamchatskii, 23–25 oktiabria 2019 g.)*. Petropavlovsk-Kamchatskii, Izd-vo KamchatGTU, 2020. Pp. 121-124.
16. Iastrebov D. P., Belov O. A., Shvetsov V. A., Belavina O. A., Zaitsev S. A. K voprosu ispol'zovaniia stal'nykh plastin dlia kontrolya protektonoi zashchity korpusov sudov i korablei. Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia vodnogo transporta: problemy i puti razvitiia [On issue of using steel plates to control tread protection of hulls of ships. Technical operation of water transport: problems and ways of development]. *Materialy Vtoroi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Petropavlovsk-Kamchatskii, 23–25 oktiabria 2019 g.)*. Petropavlovsk-Kamchatskii, Izd-vo KamchatGTU, 2020. Pp. 125-129.
17. Belov O. A., Iastrebov D. P., Rogozhnikov A. O., Shvetsov V. A., Zaitsev S. A., Tarabanov B. V. Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy kontrolya protektonoi zashchity korpusov rybopromyslovykh sudov. Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoianie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie [Development of automated system for monitoring tread protection of hulls of fishing vessels. Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use]. *Materialy XI Natsional'noi (vsrossiiskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii (Petropavlovsk-Kamchatskii, 24–25 marta 2020 g.)*. Petropavlovsk-Kamchatskii, Izd-vo KamchatGTU, 2020. Pp. 82-85.
18. Iastrebov D. P., Belov O. A., Shvetsov V. A., Tarabanov B. V., Zaitsev S. A. K voprosu ispol'zovaniia elektrodov iz sudokorpusnoi stali dlia kontrolya zashchishchennosti ot korrozii korpusov sudov i korablei [On issue of using electrodes made of ship hull steel for monitoring protection against corrosion of ship hulls]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaiia tekhnika i tekhnologiia*, 2020, no. 2, pp. 15-21.
19. Shvetsov V. A., Belozеров P. A., Shun'kin D. V., Didenko A. A., Lutsenko A. A., Korostylev D. V., Belavina O. A. *Ustroistvo dlia izmereniia zashchitnogo potentsiala stal'nykh korpusov korablei i sudov* [Device for measuring protective potential of steel buildings ships and vessels]. Patent RF № 2014142289/28; 10.07.2015.
20. GOST R 8.736-2011. Gosudarstvennaia sistema obespecheniia edinstva izmerenii (GSI). Izmereniia priamyie mnogokratnye. Metody obrabotki rezul'tatov izmerenii. Osnovnye polozeniia [GOST R 8.736-2011. State system for ensuring uniformity of measurements (GSI). Multiple direct measurements. Methods for processing measurement results. Basic provisions]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200089016> (accessed: 05.10.2019).
21. Microsoft Office Excel 365: 2002 (16.0.12527.20278) / 10 marta 2020 [Microsoft Office Excel 365: 2002 (16.0.12527.20278) / March, 10, 2020]. Available at: http://www.naslozhdaysya.com/load/soft/microsoft_office_2016_2019_16_0_12527_20278_by_m0nkrus/9-1-0-31256 (accessed: 27.10.2020).

The article submitted to the editors 01.12.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitry P. Yastrebov – Postgraduate Student of the Department of Ship Power Plants and Electrical Equipment; Kamchatka State Technical University; Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; restart1101@mail.ru.

Dmitry V. Shunkin – Postgraduate Student of the Department of Ship Power Plants and Electrical Equipment; Kamchatka State Technical University; Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Otryd41@yandex.ru.

Alexey O. Rogozhnikov – Student of the Department of Ship Power Plants and Electrical Equipment; Kamchatka State Technical University; Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Aleksei17_90@mail.ru.

Gleb V. Kuznetsov – Postgraduate Student of the Department of Ship Power Plants and Electrical Equipment; Kamchatka State Technical University; Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; restart1101@mail.ru.

