

О ВЫБОРЕ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СИСТЕМ ПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ

Д. П. Ястребов, О. А. Белов, В. А. Швецов, О. А. Белавина

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

Судовые конструкции работают в неблагоприятных, тяжёлых условиях, способствующих выходу из строя важных механизмов и сокращающих срок службы стальных деталей машин. Названа одна из важнейших причин износа деталей судовых конструкций – коррозия. Представлен опыт выбора электродов, используемых при контроле систем протекторной защиты стальных судов и кораблей. Приведены результаты измерения потенциала корпуса катера РУМ 52-22 в заданной контрольной точке с помощью мультиметра MASTECH MY 62 и двух контрольных электродов. Первый контрольный электрод – электрод собственной конструкции, изготовленный из электроугольного изделия для электрических машин. Стандартный переносной хлорсеребряный электрод сравнения использовался в качестве второго электрода. Оба электрода находились в эксплуатации в течение трёх лет. Исследуемое судно пребывало в длительном стояночном режиме. Контрольные измерения выполняли с 23.05. по 07.07.2019 г., при этом контролировали потенциал корпуса трижды в день с помощью нескольких параллельных измерений. Интервал времени между параллельными измерениями потенциала составлял примерно 5 с. Измерения потенциала корпуса выполнял специально подготовленный оператор. Точность измерений оценивалась с помощью коэффициента вариации. Анализ выполненных исследований доказал, что точность результатов контроля протекторных систем защиты от коррозии судов и кораблей зависит от выбора типа контрольного электрода. Установлено, что на эффективность работы хлорсеребряного электрода сравнения сильное воздействие оказывает срок его эксплуатации. Результаты натурных коррозионных исследований могут быть использованы экипажами судов для обоснования выбора контрольных электродов.

Ключевые слова: коррозия стальных корпусов судов и кораблей, контроль систем протекторной защиты, контрольные электроды, потенциал корпуса судна, результаты измерений.

Для цитирования: Ястребов Д. П., Белов О. А., Швецов В. А., Белавина О. А. О выборе электродов для контроля систем протекторной защиты стальных судов и кораблей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 4. С. 39–45. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-39-45.

Введение

Коррозия – одна из главных причин износа судов и кораблей, снижения их прочности и безопасности [1, 2]. Борьба с коррозией на флоте является приоритетной государственной задачей [3–6]. Решение этой задачи невозможно без организации эффективной подготовки операторов, контролирующей работу систем защиты судов и кораблей от коррозии [7–13]. Подготовка операторов невозможна без обмена опытом в области защиты судов и кораблей от коррозии [2, 11–13].

Цель настоящей работы – обмен опытом, необходимым для выбора электродов, используемых при контроле систем протекторной защиты стальных судов и кораблей.

Методика натурных коррозионных исследований

Измеряли потенциал корпуса катера РУМ 52-22 в заданной контрольной точке [10] с помощью электроизмерительного прибора (мультиметр MASTECH MY 62) и двух контрольных электродов. В качестве первого контрольного электрода использовали электрод собственной конструкции [14], изготовленный из электроугольного изделия для электрических машин. Данный электрод эксплуатировали в течение 3 лет. В качестве второго электрода использовали переносной хлорсеребряный электрод сравнения (ХСЭ) [4–6]. Этот электрод также эксплуатировали в течение 3 лет. Судно находилось в длительном стояночном режиме у причала № 1 морского рыбного порта г. Петропавловска-Камчатского.

Схема соединения элементов контрольной электрической цепи приведена на рис. 1.

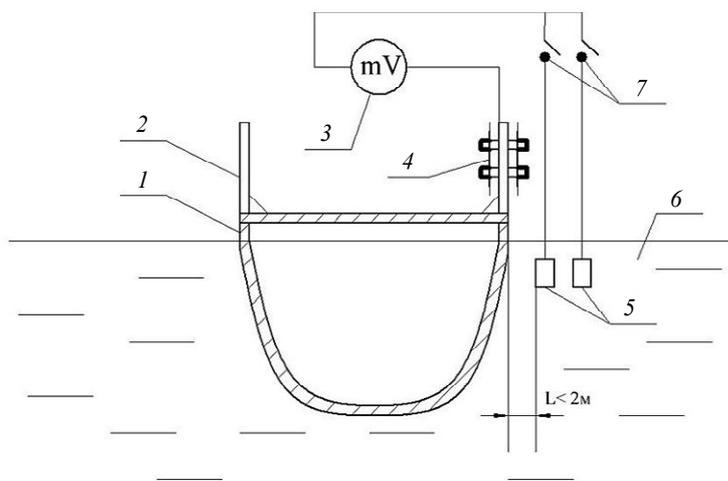


Рис. 1. Схема соединения элементов контрольной электрической цепи, используемой для измерения потенциала корпуса судна:

1 – корпус судна; 2 – фальшборт судна; 3 – переносной милливольтметр; 4 – прижимной контакт; 5 – переносные электроды; 6 – морская вода; 7 – выключатели

Измерения выполняли в соответствии с рекомендациями [7–13] в период времени с 23.05.2019 по 07.07.2019, при этом контроль потенциала корпуса выполняли 3 раза в день (9:00; 14:00; 19:00 ч) с помощью 5 параллельных измерений. Интервал времени между параллельными измерениями потенциала – примерно 5 с. Все измерения потенциала корпуса выполнил специально подготовленный оператор [11–13]. Точность измерений оценивали с помощью коэффициента вариации V , % [15].

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты натуральных коррозионных исследований приведены в таблице и на рис. 2.

Результаты натуральных коррозионных исследований на катере РУМ 52-22

Дата/время выполнения контроля потенциала	Значения потенциала корпуса катера РУМ 52-22 в контрольной точке $U_{\text{ср}}$, мВ, полученные с помощью электродов					
	Электрод № 1 (электроугольное изделие для электрических машин)			Электрод № 2 (ХСЭ)		
	Интервал значений $U_{\text{ср}}$, мВ	$U_{\text{ср}}$, мВ	Коэффициент вариации V , %	Интервал значений $U_{\text{ср}}$, мВ	$U_{\text{ср}}$, мВ	Коэффициент вариации V , %
23.05.2019/9:00	857–862	860,0	0,31	814–825	816,5	0,70
23.05.2019/14:00	864–865	864,2	0,05	820–828	824,4	0,41
23.05.2019/19:00	862–864	862,6	0,1	825–826	825,6	0,07
24.05.2019/9:00	858–859	858,4	0,06	832–836	833,8	0,21
24.05.2019/14:00	859–859	859,0	0,00	836–837	836,4	0,05
24.05.2019/19:00	859–860	859,6	0,07	835–836	835,4	0,05
25.05.2019/9:00	857–857	857,0	0,00	778–778	778,0	0,00
25.05.2019/14:00	856–556	856,0	0,00	778–778	778,0	0,00
25.05.2019/19:00	855–855	855,0	0,00	778–778	778,0	0,00
27.05.2019/9:00	844–845	842,2	0,05	775–775	775,0	0,00
27.05.2019/14:00	845–846	845,6	0,06	776–778	776,8	0,14
27.05.2019/19:00	847–847	847,0	0,00	779–779	779,0	0,00
28.05.2019/9:00	832–833	832,6	0,06	761–763	761,8	0,11
28.05.2019/14:00	838–839	838,4	0,07	767–767	767,0	0
28.05.2019/19:00	834–835	834,6	0,07	777–781	778,8	0,23
29.05.2019/9:00	830–830	830,0	0,00	763–765	763,6	0,12
29.05.2019/14:00	834–834	834,0	0,00	779–779	779,0	0,00
29.05.2019/19:00	837–837	837,0	0,00	780–781	781,6	0,07
30.05.2019/9:00	825–825	825,0	0,00	758–758	758,0	0,00

Дата/время выполнения контроля потенциала	Значения потенциала корпуса катера РУМ 52-22 в контрольной точке U_{Σ} , мВ, полученные с помощью электродов					
	Электрод № 1 (электроугольное изделие для электрических машин)			Электрод № 2 (ХСЭ)		
	Интервал значений U_{Σ} , мВ	$U_{\text{сред}} \text{ мВ}$	Коэффициент вариации V , %	Интервал значений U_{Σ} , мВ	$U_{\text{сред}} \text{ мВ}$	Коэффициент вариации V , %
30.05.2019/14:00	824-824	824,0	0,00	761-761	761,0	0,00
30.05.2019/19:00	818-820	819,0	0,09	742-742	742,0	0,00
31.05.2019/9:00	808-809	808,6	0,07	736-737	736,4	0,05
31.05.2019/14:00	810-810	810,0	0,00	738-739	738,6	0,07
31.05.2019/19:00	811-811	811,0	0,00	740-740	740,0	0,00
01.06.2019/9:00	810-811	810,4	0,05	743-743	743,0	0,00
01.06.2019/14:00	811-811	811,0	0,00	744-744	744,0	0,00
01.06.2019/19:00	810-810	810,0	0,00	744-744	744,0	0,00
03.06.2019/9:00	806-807	806,6	0,07	740-740	740,0	0,00
03.06.2019/14:00	811-812	811,4	0,07	746-747	746,4	0,07
03.06.2019/19:00	811-811	811,0	0,00	746-746	746,0	0,00
04.06.2019/9:00	809-812	810,4	0,14	750-752	751,0	0,13
04.06.2019/14:00	812-813	812,8	0,06	753-753	753,0	0,00
04.06.2019/19:00	813-814	813,4	0,07	754-755	754,6	0,07
05.06.2019/9:00	812-813	812,8	0,06	761-761	761,0	0,00
05.06.2019/14:00	812-812	812,0	0,00	762-763	762,8	0,06
05.06.2019/19:00	811-811	811,0	0,00	762-762	762,0	0,00
06.06.2019/9:00	813-814	813,8	0,06	767-768	767,6	0,07
06.06.2019/14:00	813-813	813,0	0,00	767-768	767,4	0,07
06.06.2019/19:00	814-814	814,0	0,00	769-769	769,0	0,00
07.06.2019/9:00	814-814	814,0	0,00	768-768	768,0	0,00
07.06.2019/14:00	815-816	815,4	0,07	770-770	770,0	0,00
07.06.2019/19:00	816-817	816,6	0,07	771-772	771,8	0,06
10.06.2019/9:00	813-814	813,5	0,07	767-768	768,8	0,06
10.06.2019/14:00	814-815	814,2	0,05	768-768	768,0	0,00
10.06.2019/19:00	814-814	814,0	0,00	768-768	768,0	0,00
11.06.2019/9:00	817-817	817,0	0,00	768-768	768,0	0,00
11.06.2019/14:00	817-817	817,0	0,00	768-768	768,0	0,00
11.06.2019/19:00	816-817	816,5	0,07	767-767	767,0	0,00
13.06.2019/9:00	817-817	817,0	0,00	766-766	766,0	0,00
13.06.2019/14:00	816-817	816,8	0,06	767-767	767,0	0,00
13.06.2019/19:00	816-817	816,5	0,07	767-767	767,0	0,00
14.06.2019/9:00	814-814	814,0	0,00	765-765	765,0	0,00
14.06.2019/14:00	814-814	814,0	0,00	766-766	766,0	0,00
14.06.2019/19:00	814-815	814,4	0,07	766-766	766,0	0,00
15.06.2019/9:00	817-818	817,2	0,05	772-772	772,0	0,00
15.06.2019/14:00	819-819	819,0	0,00	774-775	774,4	0,07
15.06.2019/19:00	820-820	820,0	0,00	775-776	775,5	0,07
17.06.2019/9:00	816-817	816,2	0,05	770-771	770,4	0,07
17.06.2019/14:00	816-817	816,4	0,07	769-769	769,0	0,00
17.06.2019/19:00	817-818	817,2	0,05	771-771	771,0	0,00
18.06.2019/9:00	818-818	818,0	0,00	769-769	769,0	0,00
18.06.2019/14:00	817-817	817,0	0,00	768-768	768,0	0,00
18.06.2019/19:00	818-818	818,0	0,00	770-770	770,0	0,00
19.06.2019/9:00	817-818	817,8	0,06	768-768	768,0	0,00
19.06.2019/14:00	818-819	818,6	0,07	769-769	769,0	0,00
19.06.2019/19:00	818-819	818,4	0,07	768-769	768,8	0,05
21.06.2019/9:00	816-817	816,4	0,07	767-768	767,8	0,05
21.06.2019/14:00	812-813	812,5	0,07	762-763	762,5	0,07
21.06.2019/19:00	821-822	821,4	0,07	769-770	768,8	0,05
22.06.2019/9:00	810-810	810,0	0,00	761-761	761,0	0,00
22.06.2019/14:00	810-810	810,0	0,00	762-762	762,0	0,00
22.06.2019/19:00	810-811	811,2	0,05	761-762	761,6	0,07
23.06.2019/9:00	811-812	811,2	0,05	760-761	760,8	0,05
23.06.2019/14:00	810-811	810,4	0,07	759-760	759,6	0,07
23.06.2019/19:00	810-810	810,0	0,00	759-759	759,0	0,00
24.06.2019/9:00	811-811	811,0	0,00	758-758	758,0	0,00
24.06.2019/14:00	811-811	811,0	0,00	758-758	758,0	0,00
24.06.2019/19:00	812-812	812,0	0,00	760-760	760,0	0,00
25.06.2019/9:00	815-815	815,0	0,00	758-759	758,2	0,05
25.06.2019/14:00	816-816	816,0	0,00	759-759	759,0	0,00
25.06.2019/19:00	816-816	816,0	0,00	759-759	759,0	0,00

Дата/время выполнения контроля потенциала	Значения потенциала корпуса катера РУМ 52-22 в контрольной точке U_{\neq} , мВ, полученные с помощью электродов					
	Электрод № 1 (электроугловое изделие для электрических машин)			Электрод № 2 (ХСЭ)		
	Интервал значений U_{\neq} , мВ	$U_{\text{средн}}$, мВ	Коэффициент вариации V , %	Интервал значений U_{\neq} , мВ	$U_{\text{средн}}$, мВ	Коэффициент вариации V , %
26.06.2019/9:00	818–819	818,2	0,05	761–762	761,4	0,07
26.06.2019/14:00	817–818	817,6	0,07	761–762	761,6	0,07
26.06.2019/19:00	818–819	818,8	0,05	762–763	762,8	0,05
27.06.2019/9:00	816–817	816,6	0,07	762–762	762,0	0,00
27.06.2019/14:00	817–817	817,0	0,00	762–762	762,0	0,00
27.06.2019/19:00	817–817	817,0	0,00	763–764	763,4	0,07
28.06.2019/9:00	816–816	816,0	0,00	765–765	765,0	0,00
28.06.2019/14:00	816–816	816,0	0,00	765–765	765,0	0,00
28.06.2019/19:00	815–816	815,8	0,05	764–765	764,6	0,07
30.06.2019/9:00	817–817	817,0	0,00	767–767	767,0	0,00
30.06.2019/14:00	812–813	812,6	0,07	768–768	768,0	0,00
30.06.2019/19:00	809–810	809,2	0,05	765–766	765,6	0,07
01.07.2019/9:00	814–814	814,0	0,00	768–769	768,6	0,07
01.07.2019/14:00	813–814	813,6	0,07	771–771	771,0	0,00
01.07.2019/19:00	812–812	812,0	0,00	761–762	761,8	0,05
02.07.2019/9:00	816–816	816,0	0,00	755–755	755,0	0,00
02.07.2019/14:00	816–817	816,4	0,07	750–751	750,6	0,07
02.07.2019/19:00	817–817	817,0	0,00	748–748	748,0	0,00
03.07.2019/9:00	815–815	815,0	0,00	746–746	746,0	0,00
03.07.2019/14:00	816–816	816,0	0,00	749–749	749,0	0,00
03.07.2019/19:00	816–816	816,0	0,00	749–749	749,0	0,00
04.07.2019/9:00	814–815	814,4	0,07	746–747	746,6	0,07
04.07.2019/14:00	814–814	814,0	0,00	748–748	748,0	0,00
04.07.2019/19:00	814–814	814,0	0,00	747–748	747,8	0,05
05.07.2019/9:00	815–816	816,6	0,07	739–742	746,6	0,15
05.07.2019/14:00	814–814	814,0	0,00	740–741	740,8	0,05
05.07.2019/19:00	806–807	806,6	0,07	735–738	736,4	0,15
06.07.2019/9:00	807–807	807,0	0,00	730–733	731,4	0,21
06.07.2019/14:00	804–805	804,6	0,07	740–742	741,2	0,15
06.07.2019/19:00	798–798	798,0	0,00	720–720	720,0	0,00
07.07.2019/9:00	785–786	785,4	0,07	705–707	705,8	0,12
07.07.2019/14:00	784–785	784,8	0,05	702–703	702,4	0,07
07.07.2019/19:00	784–785	784,6	0,07	702–703	702,4	0,07

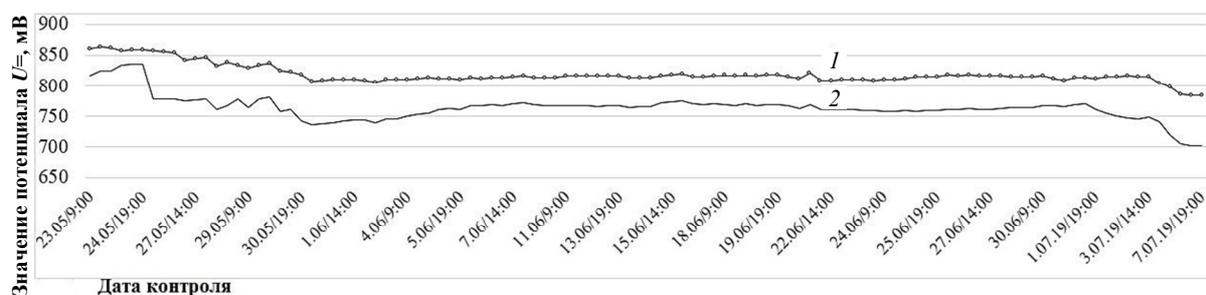


Рис. 2. Динамика изменений потенциала корпуса катера РУМ 52-22 в период с 23.05.2019 по 07.07.2019:
 1 – значения потенциала корпуса судна, полученные с помощью электрода № 1;
 2 – значения потенциала корпуса судна, полученные с помощью электрода № 2

Согласно табл. и рис. 2 при использовании электрода № 1 значения потенциала корпуса, полученные с помощью данного электрода, изменились незначительно. При этом они соответствуют реальному состоянию системы протекторной защиты судна. Следует отметить, что результаты измерений потенциала корпуса катера РУМ 52-22, полученные в это же время с помощью ХСЭ, существенно различаются между собой. За время выполнения исследований результаты измерений потенциала, полученные с помощью ХСЭ, снизились от 837 до 702 мВ. В соответствии с этими результатами система протекторной защиты судна подлежит ремонту [4–6]. Таким образом, длительная эксплуатация ХСЭ привела к неадекватным результатам контроля защищенности корпуса судна от коррозии.

Выводы

1. Точность результатов контроля протекторных систем защиты от коррозии судов и кораблей в первую очередь зависит от выбора типа контрольного электрода.
2. На достоверность результатов измерений, полученных с помощью ХСЭ, оказывает влияние срок эксплуатации данного электрода.
3. Результаты натурных коррозионных исследований могут быть использованы экипажами судов для обоснования выбора электродов для контроля систем протекторной защиты стальных судов и кораблей.

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: <http://docs.cntd.ru/document/1200049727> (дата обращения: 07.04.2017).
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: 20.07.2015).
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 морского транспорта.* 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. № 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., Коростыльёв 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. № 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. № 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. № 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. № 37. С. 19–24.
14. *Пат. 153280* Рос. Федерация, U1 МПК G01N 17/02 (2006.01). Устройство для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / Швецов В. А., Белозёров П. А., Шунькин Д. В., Диденко А. А., Луценко А. А., Коростыльёв Д. В., Белавина О. А. № 2014142289/28; заявл. 20.10.14; опубл. 10.07.15, Бюл. № 19.
15. *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: 23.07.2019).

Статья поступила в редакцию 30.07.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ястребов Дмитрий Павлович – Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; Камчатский государственный технический университет; аспирант кафедры технологических машин и оборудования; restart1101@mail.ru.

Белов Олег Александрович – Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; Камчатский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; зав. кафедрой энергетических установок и электрооборудования судов; boa-1@mail.ru.

Швецов Владимир Алексеевич – Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; Камчатский государственный технический университет; д-р хим. наук, доцент; профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов; oni@kamchatgtu.ru.

Белавина Ольга Александровна – Россия, 683003, Петропавловск-Камчатский; Камчатский государственный технический университет; канд. хим. наук; зав. сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций; oni@kamchatgtu.ru.



SELECTION OF ELECTRODES FOR MONITORING PROTECTION SYSTEMS OF SHIPS' STEEL HULLS AND MACHINERY

D. P. Yastrebov, O. A. Belov, V. A. Shvetsov, O. A. Belavina

*Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation*

Abstract. The article considers the problems of ship structures exposed to adverse conditions, which contribute to the failure of important mechanisms and reduce the service life of steel parts of machines. One of the most important reasons for the ship structures wear is corrosion. The experience of choosing the electrodes to control the sacrificial protection systems on board ships is presented. There are presented the results of measuring the potential of the hull of the boat ROOM 52-22 at a given control point, using a multimeter MASTECH MY 62 and two control electrodes. The first control electrode is of in-house design; it was made of electric carbon product for electric machines. A standard portable silver chloride reference electrode was used as a second electrode. Both electrodes have been in operation for 3 years. The vessel under consideration was in a long-term parking mode. Control measurements were performed from 23.05 - 07.07.2019, while monitoring the potential of the hull three times a day using several parallel measurements. The time interval between parallel potential measurements made ≈ 5 seconds. The potential of the hull was measured by a specially trained operator. The accuracy of measurements was estimated using the coefficient of variation. Analysis of the studies justified that the accuracy of the control results of the protective anticorrosion systems on ships depends on the choice of the type of control electrode. It has been found that the efficiency of the silver chloride electrode has a strong impact on its operation life. The results of full-scale corrosion studies can be used by ship crews to justify the selection of control electrodes.

Key words: corrosion of ships' steel hulls, control of tread protection systems, control electrodes, potential of the ship hull, measuring results.

For citation: Yastrebov D. P., Belov O. A., Shvetsov V. A., Belavina O. A. Selection of electrodes for monitoring protection systems of ships' steel hulls and machinery. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;4:39-45. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-39-45.

REFERENCES

1. Zobochev Yu. E., Solinskaya E. V. *Zashchita sudov ot korrozii i obrastaniya* [Protecting ships from corrosion and fouling]. Moscow, Transport Publ., 1984. 174 p.
2. Shvecov V. A., Belov O. A., Belozarov P. A., Shun'kin D. V. *Kontrol' sistem protektoznoj zashchity stal'nyh sudov i korablej: monografiya* [Control of tread protection systems of ships steel hulls: monograph]. Petropavlovsk-Kamchatskij, Izd-vo KamchatGTU, 2016. 109 p.
3. Korobcov I. M. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont flota* [Fleet maintenance and repair]. Moscow, Transport Publ., 1975. 195 p.
4. RD 31.28.10-97 *Kompleksnye metody zashchity sudovyh konstrukcij ot korrozii* [RD 31.28.10-97 Integrated methods for protection of ship structures from corrosion]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200049727> (accessed: 07.04.2017).
5. GOST 9.056-75. *Stal'nye korpusa korablej i sudov. Obshchie trebovaniya k elektrohimicheskoj zashchite pri dolgovremennom stoyanochnom rezhime* [GOST 9.056-75. Ships' steel hulls. General requirements for electrochemical protection during long-term parking]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200015017> (accessed: 20.07.2015).

6. GOST 26501-85. *Korpusa morskikh sudov. Obshchie trebovaniya k elektrohimicheskoy zashchite* [GOST 26501-85. Hulls of ships. General requirements for electrochemical protection]. Moscow, Izd-vo standartov, 1985. 7 p.
7. Belov O. A., Shvecov V. A., Yastrebov D. P. Obosnovanie optimal'noj periodichnosti kontrolya raboty protekturnoj zashchity stal'nyh korpusov sudov [Justification of optimal frequency of monitoring tread protection of steel hulls]. *Ekspluatatsiya morskogo transporta*, 2017, no. 1 (82), pp. 41-48.
8. Belov O. A., Shvecov V. A., Yastrebov D. P., Belavina O. A., Shun'kin D. V. Vnedrenie usovershenstvovannogo sposoba kontrolya sistem protekturnoj zashchity stal'nyh korpusov sudov Kamchatskogo flota [Implementation of improved method for monitoring tread protection systems of steel hulls of Kamchatka fleet vessels]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, no. 39, pp. 6-11.
9. Shvecov V. A., Belov O. A., Belavina O. A., Yastrebov D. P. Obosnovanie vozmozhnosti isklucheniya vneshnego osmotra sistem protekturnoj zashchity stal'nyh korpusov sudov [Justification of excluding external inspection of tread protection systems of steel hulls]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2017, no. 1, pp. 29-38.
10. Belozеров P. A., Shvecov V. A., Belavina O. A., Shun'kin D. V., Korostylyov D. V., Pahomov V. A., Malinovskij S. A. Obosnovanie sposoba vybora kontrol'nyh toчек dlya izmereniya zashchitnogo potentsiala stal'nyh korpusov korablej i sudov [Justification of method of choosing control points for measuring protective potential of steel hulls of ships]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 28, pp. 6-11.
11. Shvecov V. A., Belozеров P. A., Adel'shina N. V., Belavina O. A., Petrenko O. E., Shun'kin D. V., Kirnosenko V. V. Vliyanie kvalifikatsii operatora na rezul'taty izmereniya zashchitnogo potentsiala stal'nyh korpusov korablej i sudov [Influence of operator qualifications on results of measuring protective potential of ships' steel hulls]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 30, pp. 46-54.
12. Shvecov V. A., Belozеров P. A., Belavina O. A., Shun'kin D. V., Malinovskij S. A. Obosnovanie vybora neobhodimogo chisla parallel'nyh izmerenij zashchitnogo potentsiala stal'nyh korpusov korablej i sudov v kontrol'noj tochke [Justification for selection of required number of parallel measurements of protective potential of ships' steel hulls at control point]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2016, no. 35, pp. 40-46.
13. Shvecov V. A., Belov O. A., Belozеров P. A., Belavina O. A., Kirnosenko V. V. Obosnovanie neobhodimosti podgotovki operatorov dlya izmereniya potentsiala stal'nyh korpusov sudov i korablej [Justification of need for training operators to measure potential of ships' steel hulls]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2016, no. 37, pp. 19-24.
14. Shvecov V. A., Belozыorov P. A., Shun'kin D. V., Didenko A. A., Lucenko A. A., Korostylyov D. V., Belavina O. A. *Ustrojstvo dlya izmereniya zashchitnogo potentsiala stal'nyh korpusov korablej i sudov* [Device for measuring protective potential of ships' steel hulls]. Patent RF № 2014142289/28; 10.07.2015.
15. GOST R 8.736-2011 *Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij (GSI). Izmereniya pryamyё mnogokratnyё. Metody obrabotki rezul'tatov izmerenij. Osnovnyё polozeniya* [GOST R 8.736-2011 State system ensuring uniformity of measurements (GSI). Direct multiple measurements. Methods for processing measurement results. Key Points]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200089016> (accessed: 23.07.2019).

The article submitted to the editors 30.07.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yastrebov Dmitry Pavlovich – Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Kamchatka State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Technological Machines and Equipment; restart1101@mail.ru.

Belov Oleg Aleksandrovich – Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Kamchatka State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Power Plants and Electrical Equipment of Ships; boa-1@mail.ru.

Shvetsov Vladimir Alekseevich – Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Kamchatka State Technical University; Doctor of Chemical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Power Plants and Electrical Equipment of Ships; oni@kamchatgtu.ru.

Belavina Olga Aleksandrovna – Russia, 683003, Petropavlovsk-Kamchatsky; Kamchatka State Technical University; Candidate of Chemical Sciences; Head of the Sector of Patenting and Scientific-Qualification Activity of the Department of Science and Innovation; oni@kamchatgtu.ru.

