

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 620.19:629.5.023

О.А. Белов

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОРПУСОВ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Камчатский государственный технический университет

Коррозия стальных корпусов кораблей и судов является основной причиной износа судна, снижения прочности корпусных конструкций и безопасности плавания. Для обеспечения защиты корпусов от коррозии, достижения требуемого уровня снижения или предотвращения коррозии, необходима реализация комплексного подхода. Такой подход должен быть основан на рациональном использовании различных методов защиты и контроля, учитывающих конструктивные особенности корпусов и условия технической эксплуатации кораблей и судов.

Ключевые слова: коррозия, лакокрасочное покрытие, электрохимическая защита, контроль, электрод сравнения, человеческий фактор.

По своим свойствам и химическому составу морская вода является высоко коррозионно-активной средой. Это обстоятельство служит основной причиной интенсивных коррозионных процессов корпуса судна, корпусных конструкций, систем, устройств и механизмов. Интенсивность коррозии определяется комплексом факторов различной природы. Например, усиленная коррозия в области переменной ватерлинии кораблей и судов обусловлена повышенным содержанием кислорода в поверхностных слоях воды. Наличие в морской воде большого количества микроорганизмов также способствует ускорению коррозии и обрастанию соприкасающихся с водой металлоконструкций. Жизнедеятельность микроорганизмов существенно ускоряет процесс разрушения противокоррозионного покрытия и способствует развитию локальных очагов коррозии.

Применение общих методов защиты от коррозии направлено на снижение интенсивности коррозии и предотвращение местных коррозионных, коррозионно-эрозионных и коррозионно-механических повреждений материалов и конструкций. Комплексная защита от коррозии плавучих сооружений должна предусматривать возможность рационального использования различных методов защиты и контроля для обеспечения снижения или предотвращения коррозии [1, 2].

Комплексная организация защиты металлических корпусов кораблей и судов от коррозии должна предусматривать качественное обеспечение следующих мероприятий:

1. Подбор и применение для корпусных конструкций технологичных, коррозионно-стойких материалов;
2. Выполнение специальной обработки судостроительных сталей, с целью улучшения их антикоррозионных качеств;
3. Применение обработки поверхности лакокрасочными защитными покрытиями;
4. Внедрение электрохимической защиты металлических корпусов и их элементов;
5. Обеспечение эффективного контроля работоспособности систем защиты от коррозии.

Первые две группы мероприятий относятся в большей степени к конструктивному на-

правлению, так как листы стали как для постройки судов, так и для замены обшивки корпуса при доковых ремонтах поставляются в готовом к использованию виде. Однако уже на этом этапе необходимо проведение отдельных видов контроля, в том числе лабораторными методами, для проверки антикоррозионных свойств стали и ее соответствия паспортным данным.

Эффективное использование лакокрасочных защитных покрытий, согласно [3, 4], требует последовательной реализации технологических операций: обоснованный выбор лакокрасочных материалов, технологическая обработка поверхности перед нанесением материала, определение состава и консистенции лакокрасочных материалов, обработка поверхности покрытием в соответствии с технологической картой и проведение контрольных мероприятий по определению качества исполнения работ. Основным видом контроля на этом этапе является визуальный контроль, в том числе с применением специальных технических средств контроля.

Для реализации комплексной защиты металлических корпусов кораблей и судов от коррозии на этом этапе, кроме традиционных мероприятий контроля качества исполнения работ, на наш взгляд, необходимо добавить еще два вида объективного контроля.

Во-первых, необходим контроль качества лакокрасочных материалов перед применением. Отсутствие централизованных поставок и возможность самостоятельного выбора, как самого материала, так и его поставщика требует обоснованного подхода. Стоимость материала не должна быть приоритетным показателем, так как не отражает способность материала обеспечивать качественную защиту корпуса.

Во-вторых, должен проводиться контроль качества работы лакокрасочного защитного покрытия после спуска судна на воду. Комплексная защита от коррозии подводной части корпуса судна должна предусматривать использование лакокрасочных покрытий совместно с применением электрохимической защиты.

Эффективным способом противокоррозионной защиты металлических материалов является электрохимическая защита. Ее реализация основана на снижении скорости коррозии металлических конструкций путем смещения потенциала до некоторого значения, соответствующего минимальной скорости растворения металла. Таким образом, задачей электрохимической защиты является снижение коррозии на участках с местными повреждениями лакокрасочных покрытий, на которых при отсутствии электрохимической защиты развиваются язвенная и точечная коррозия, что способствует увеличению шероховатости обшивки и высоким скоростям местной коррозии.

В настоящее время на подводной части корпуса применяется электрохимическая защита двух основных типов: катодная защита (наложенным током) и протекторная защита. Тип электрохимической защиты определяется на этапе проектирования судна с учетом его функционального назначения и предполагаемых условий эксплуатации. В процессе эксплуатации, ремонта и модернизации кораблей и судов следует не только сохранить выбранный тип защиты, но и обеспечить его работоспособность на всех этапах использования судна.

В общем виде система катодной защиты включает в себя три основных элемента: блок электропитания, рабочие анодные узлы и электроды сравнения (рис. 1).

В качестве блока электропитания обычно применяют статические преобразователи с выходным напряжением 12 или 24 В. В системах катодной защиты зарекомендовали себя полупроводниковые выпрямители с автоматическим регулированием.

Стандартный анодный узел состоит из рабочей поверхности анода, в качестве которой служит платиновая фольга толщиной 50 мкм, нанесенная на титановую или ниобиевую основу тепловой прокаткой в среде аргона и изоляционной системы. Типовые системы катодной защиты оборудуются анодными узлами марки АУ-1, АУ-2, АКК и АП в зависимости от характеристик судна.

Электроды сравнения, входящие в типовые системы катодной защиты, представляют собой хлорсеребряные электроды марок ЭСХП-СС и ЭСБС-СС с пористой диафрагмой, которая предохраняет измеритель от воздействия набегающего потока морской воды.

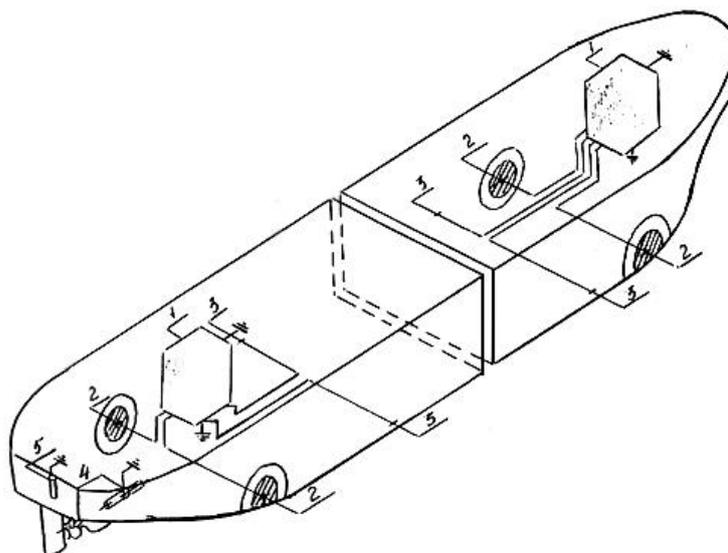


Рис. 1. Принципиальная схема автоматической катодной защиты:

1 - автоматический блок электропитания (выпрямитель); 2 - анодные узлы; 3 - электроды сравнения; 4 - контактно-щеточное устройство; 5 - кабель для заземления руля

Система катодной защиты обеспечивает регулирование основных параметров - токоотдачи и протяженности защиты. Расположение кормовых анодов регламентируется размерами судна и составляет расстояние 10–15 м от гребного винта. Хлорсеребряные электроды сравнения располагаются в точках с наименьшим снижением потенциалов. В процессе производства работ на корпусе судна следует обеспечить защиту поверхности анодов и электродов сравнения от загрязнения и механических повреждений.

Таким образом, комплексный подход при использовании катодных систем защиты должен включать себя не только мероприятия по техническому обслуживанию, но и постоянному контролю работоспособности системы в процессе эксплуатации.

Стандартизация и регламент покраски подводной части корпуса судна определяют четыре типа системы окраски. Если система окраски судна, согласно международным стандартам ИСО 8501 – 8504, относится к IV типу, то на таком судне применяется только протекторная защита [3, 4].

Таблица 1

Основные характеристики материалов протекторной защиты

Состав сплава	Теоретическая токоотдача, А·час/кг	КПИ, %	Потенциал по НВЭ		Плотность, г/см
			стационарный	рабочий	
Zn to USMil Spec A-18002-j	781	95	-0,82	-0,73	7,1
Al-Zn (3,5-5) In (0,015-0,025)	2600	88	-0,82	-0,70	2,8
Al-Zn (4-6) Zr (до 0,1)	2880	85	-0,82	-0,70	2,8
Al-Zn (4-6) Mg (0,5-1,0) Sn (0,05-0,1)	2880	85	-0,90	-0,80	2,8

Протекторная защита, по сути, является упрощенной разновидностью катодной защиты. В данном случае, на защищаемую поверхность устанавливают протектор, представляю-

щий собой сплав электроотрицательных металлов, растворение в морской воде которых защищает от разрушения основной металл корпусных конструкций. Общая характеристика основных типов протекторных сплавов представлена в табл. 1.

Протекторная защита не предусматривает регулирование тока, поэтому для равномерного распределения тока протекторы равномерно размещаются вдоль подводной поверхности судна. Примерная типовая схема размещения протекторов в подводной части корпуса судна приведена на рис. 2. Чтобы предотвратить отрыв и повреждение протекторов при швартовке судна, их располагают в скуловой части. Для взаимного перекрытия областей защиты расстояние между протекторами у основных типов морских судов, как правило, составляет 6-8 м.

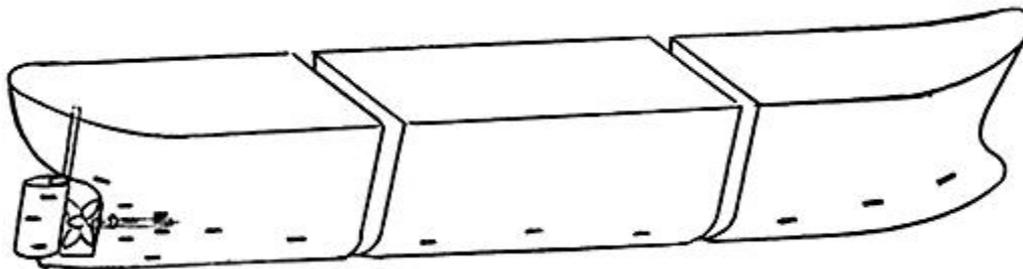


Рис. 2. Общая схема расположения протекторов на подводной части корпуса судна

При установке протекторов следует учитывать, как геометрию корпуса судна, так и особенности его эксплуатации. В носовой части корпуса протекторы устанавливаются не только в районе скулы, но и поблизости от скулового кия, поскольку в носовой части корпуса создаются более благоприятные для коррозии условия.

В связи с интенсивными коррозионными процессами в районе кормового подзора и гребного винта должно находиться не менее 1/4 всей протекторной массы, применяемой для защиты кормы. При этом следует учесть не только количественные показатели, но и необходимо обеспечить работоспособность, как отдельных протекторов, так и системы защиты в целом.

В связи с этим, важным этапом организации комплексной защиты металлических корпусов кораблей и судов от коррозии является обеспечение контроля состояния и работоспособности систем защиты. Согласно [5], в процессе эксплуатации системы протекторной защиты периодически один раз в месяц необходимо измерять потенциал корпуса плавучего объекта в контрольных точках по всей длине на заглублении до 0,5–1,0 м переносным хлор-серебряным электродом сравнения и переносным милливольтметром.

Проведенные исследования [6–12] показали, что такая периодичность контроля для обеспечения комплексной защиты корпуса судна от коррозии явно недостаточна, а предлагаемый метод измерения с использованием хлорсеребряного электрода сравнения является трудоемким и не совершенным.

Визуальный осмотр подводной части корпуса судна с помощью водолазов, с использованием подводного телевидения и фотосъемки является достаточно дорогостоящим и не позволяет в полной мере определить работоспособность комплексной системы защиты от коррозии, а значит и качественное непрерывное освидетельствование корпуса судна в соответствии с требованиями руководящих документов [13]. Особенно затруднительно проведение данных мероприятий при недостаточной прозрачности воды в акватории.

Учитывая важность контроля состояния и работоспособности систем защиты, более целесообразным является применение для этих целей способа проф. В.А. Швецова [14], основанного на применении в качестве электрода сравнения устройств на базе электроугольных изделий [15–17]. При этом периодичность измерения потенциала корпуса судна в контрольных точках должна быть не реже одного раза в неделю.

Выводы

1. Предлагаемые руководящими документами методы организации комплексной защиты металлических корпусов кораблей и судов от коррозии являются недостаточными для достижения поставленной цели.

2. Необходимо дальнейшее совершенствование методологии защиты кораблей и судов от коррозии, с широким применением более совершенных методов контроля на всех этапах технической эксплуатации.

3. Предлагаемый способ непрерывного контроля работоспособности протекторной защиты металлических корпусов плавучих объектов [14] является наиболее эффективным для обеспечения комплексной защиты судов от коррозии.

Библиографический список

1. **Зобочев, Ю. Е.** Защита судов от коррозии и обрастания / Ю. Е. Зобочев, Э. В. Солинская. – М.: Транспорт, 1984. – 174 с.
2. **Белов, О.А.** Проблемы методологии контроля электрохимической защиты стальных корпусов кораблей и судов / О.А. Белов, А.Б. Дороганов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 37. – С. 10–13.
3. РД 31.28.10-97 Комплексные методы защиты судовых конструкций от коррозии. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 1998. – 37 с.
4. Руководство по защите корпусов надводных кораблей ВМФ от коррозии и обрастания. – М.: Военное издательство, 2002. – 350 с.
5. ГОСТ 9.056-75. Стальные корпуса кораблей и судов. Общие требования к электрохимической защите при долговременном стояночном режиме [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015017>. (Дата обращения 20.07.2015 г.)
6. **Белозёров, П.А.** Использование электроугольных изделий при измерении потенциала стальных корпусов кораблей и судов / П.А. Белозёров [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Морская техника и технология. – 2015. – Вып. 1 (февраль). – С. 27–31.
7. **Белозёров, П.А.** Совершенствование методики измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / П.А. Белозёров [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Морская техника и технология. – 2014. – Вып. 4 (ноябрь) – С. 7–12.
8. **Белов, О.А.** Внедрение усовершенствованного способа контроля систем протекторной защиты стальных корпусов судов камчатского флота / О.А. Белов [и др.] // Вестник Камчатского государственного технического университета; Петропавловск-Камчатский, 2017. – Вып. 39. – С. 6–11.
9. **Швецов, В.А.** Обоснование выбора необходимого числа параллельных измерений защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов в контрольной точке / В.А. Швецов [и др.] // Вестник Камчатского государственного технического университета; Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 35. – С. 40–46.
10. **Швецов, В.А.** Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов / В.А. Швецов [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Морская техника и технология. – 2017. – Вып. 1 (февраль). – С. 29–38.
11. **Белов, О.А.** Оценка технической готовности системы с учетом влияния человеческого фактора // Вестник Камчатского государственного технического университета; Петропавловск-Камчатский, 2014. – Вып. 30. – С. 11–16.
12. **Швецов, В.А.** Обоснование необходимости подготовки операторов для измерения потенциала стальных корпусов судов и кораблей / В.А. Швецов [и др.] // Вестник Камчатского государственного технического университета; Петропавловск-Камчатский, 2016. – Вып. 37. – С. 19–24.
13. НД № 2-030101-009 Руководство по техническому наблюдению за судами в эксплуатации. – СПб.: ФАУ «Российский морской регистр судоходства», 2017. – 289 с.

14. Пат. RU № 2589246. Способ контроля режима работы протекторной защиты стальных корпусов кораблей и судов / Швецов В.А., Адельшина Н.В., Белозеров П.А., Коростылев Д.В., Белавина О.А. / опубл. 10.07.2016, бюл. № 19.
15. Пат. RU № 153280. Устройство для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / Швецов В.А., Белозеров П.В., Шунькин Д.В., Диденко А.А., Луценко А.А., Коростелев Д.В., Белавина О.А.; опубл. 10.07.2015, Бюл. №19.
16. Пат. RU № 154475. Устройство для проверки правильности показаний хлорсеребряных электродов сравнения / Швецов В.А., Белозёров П.А., Адельшина Н.В., Белавина О.А., Коростылёв Д.В.; опубл. 27.08.2015, Бюл. № 24.
17. Пат. RU № 169581. Устройство для контроля протекторной защиты стальных корпусов кораблей и судов / Швецов В.А., Белов О.А., Шунькин Д.В., Белавина О.А., Лысянский С.П., Адельшина В.В.; опубл. 23.03.2017, Бюл. № 24.

*Дата поступления
в редакцию: 09.09.2017*

O.A. Belov

MODERN STATE OF THE INTEGRATED PROTECTION ORGANIZATION OF METAL CASINGS OF VESSELS AND SHIPS FROM CORROSION

Kamchatka state technical university

Purpose: Corrosion of steel hulls of ships and ships is the main cause of vessel wear, reducing the strength of hull structures and safety of navigation. To ensure the protection of the housings against corrosion, to achieve the required level of reduction or to prevent corrosion, an integrated approach is necessary.

Methodology includes theoretical study in the field of ship protection from the corrosion, experimental investigation of the corrosion processes, and invention of special devices to control such processes during ship running. Moreover the effective way of monitoring operating conditions of protecting systems is suggested.

Research results: On basis of the worked out method and devices for the control of the protecting systems the necessity of improvement of technical-organizational antirust actions is grounded.

Findings: Present methods of complex protection of steel ship hulls from the corrosion are inefficient. Suggested method of monitoring the efficiency of protecting systems for metal hulls of floating objects is the most effective as it provides the complex protection of vessels from the corrosion. Moreover, the following improvement of the protective methods is necessary. Wider implementation of improved methods of monitoring at all stages of technical maintenance more than is required

Key words: corrosion, paint coating, electrochemical protection, control, reference electrode, complex methods, human factor.