

DOI 10.35264/1996-2274-2020-1-152-159

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ КАК ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ СУДОВ

О.А. Белов, зав. каф. Камчатского государственного технического университета, канд. техн. наук, доцент, *boa-1@mail.ru*

А.О. Шуваева, ассист. каф. Камчатского государственного технического университета, *kletn@yandex.ru*

С.А. Клементьев, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *klemaserg@mail.ru*

А.В. Федин, аналитик ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, *anat.fedin.mail@yandex.ru*

Рецензент: *И.Н. Якутов*

Техническая эксплуатация современных морских судов неизбежно связана с агрессивным воздействием электрохимической коррозии на элементы корпусных конструкций и судно в целом. Коррозионные процессы оказывают разрушающее воздействие на элементы корпуса, сварные соединения металлических конструкций, в результате чего происходят нарушение водонепроницаемости, снижение общей и местной прочности корпуса, других эксплуатационных характеристик судна, параметров надежности корпусных конструкций и, как следствие, снижение безопасности мореплавания и экологической безопасности, в том числе в пунктах базирования судов и прилегающих к ним акваториях. Данный фактор требует внедрения специальных способов антикоррозионной защиты, основными из которых являются применение лакокрасочных покрытий и использование электрохимической защиты корпусов судов. Поддержание целостности лакокрасочных покрытий и заданного уровня электрохимической защиты корпуса в процессе эксплуатации судна предполагает осуществление комплекса взаимосвязанных инженерно-технических и организационных мероприятий, основой которых является оперативный контроль состояния антикоррозионной защиты.

Ключевые слова: техническая эксплуатация, морские суда, лакокрасочное покрытие, электрохимическая коррозия, антикоррозионная защита, безопасность, оперативный контроль.

OPERATIONAL CONTROL OF THE STATE OF ANTI-CORROSION PROTECTION AS A FACTOR IN THE SAFETY OF TECHNICAL OPERATION OF MARINE VESSELS

O.A. Belov, Head of Department, Kamchatka State Technical University, Doctor of Engineering, Associate Professor, *boa-1@mail.ru*

A.O. Shuvaeva, Assistant of Department, Kamchatka State Technical University, *kletn@yandex.ru*

S.A. Klementyev, Head of Department, SRI FRCEC, *klemaserg@mail.ru*

A.V. Fedin, Analyst, SRI FRCEC, *anat.fedin.mail@yandex.ru*

The technical operation of modern marine vessels is inevitably associated with the aggressive effects of electrochemical corrosion on hull structures and the ship as a whole. Corrosion processes have a destructive effect on hull elements, welded joints of metal structures, as a result of which there is a violation of water tightness, a decrease in the general and local strength of the hull, other operational characteristics of the vessel, reliability parameters of the hull structures and, as

a result, a decrease in the safety of navigation and environmental safety, including at the points of basing ships and adjacent waters. This factor requires the introduction of special methods of corrosion protection, the main of which are the use of coatings and the use of electrochemical protection of ship hulls. Maintaining the integrity of coatings and a given level of hull electrochemical protection during the operation of the vessel involves the implementation of a set of interconnected engineering, technical and organizational measures, the basis of which is the operational control of the state of corrosion protection.

Keywords: technical operation, sea vessels, paint and varnish coating, electrochemical corrosion, corrosion protection, safety, operational control.

Введение

Коррозионные процессы, протекающие в период эксплуатации морских судов, оказывают существенное влияние на прочность корпусов, надежность их элементов и герметичность водонепроницаемых конструкций. Анализ аварий и катастроф на море показывает, что именно коррозионные разрушения элементов корпусных конструкций являются одной из основных причин этих происшествий. Кроме того, в результате коррозионных повреждений корпуса и нарушения его водонепроницаемости неизбежно происходит утечка нефтепродуктов и других загрязняющих веществ в окружающую среду, что может привести к экологической катастрофе [1, 2].

Учитывая важность и необходимость обеспечения безопасной технической эксплуатации кораблей и судов, морское сообщество разработало общие требования к системам защиты от коррозии. В частности, Комитет по безопасности на море (ИМО) неоднократно вносил поправки в Конвенцию СОЛАС-74, ужесточающие требования к составу и организации эксплуатации систем защиты от коррозии. Российским морским регистром судоходства устанавливаются аналогичные требования, определяющие состав систем антикоррозионной защиты, порядок и технологию применения лакокрасочных покрытий (ЛКП), а также организацию технического обслуживания антикоррозионной защиты в рамках общего плана технического обслуживания судна [3, 4].

Основные способы защиты от коррозии

Применение ЛКП является одним из самых распространенных и надежных способов защиты корпусов кораблей и судов от коррозии. Защитные свойства ЛКП заключаются в создании на металлических корпусных конструкциях сплошной стойкой пленки, препятствующей агрессивному воздействию морской воды на металл и предохраняющей его от коррозионного разрушения. Для сохранения качества покрытия корпуса судна на максимально длительный период и предотвращения его разрушения в комплексе с ЛКП, как правило, применяется электрохимическая защита (ЭХЗ).

ЭХЗ является способом антикоррозионной защиты металлических корпусных конструкций, основанным на снижении интенсивности коррозионных процессов путем смещения электрического потенциала до значения, соответствующего минимальной скорости растворения металла [5]. Для защиты корпусов морских судов применяется катодная или протекторная ЭХЗ. При организации катодной защиты отрицательный полюс внешнего источника тока присоединяется к корпусу судна, а положительный полюс – к вспомогательному электроду, работающему как анод. Протекторная защита представляет собой разновидность катодной защиты, в которой к защищаемой поверхности присоединяют специальные протекторы, представляющие собой сплав из более электроотрицательных металлов. Основным критерий эффективной работы ЭХЗ – обеспечение оптимального уровня защитного потенциала [6, 7].

Однако в процессе эксплуатации по ряду причин рабочие свойства антикоррозионной защиты могут ухудшаться или полностью утрачиваться. Например, использование катодной защиты сопряжено с опасностью так называемой перезащиты, в результате которой проис-

ходят коррозионное растрескивание материалов, вспучивание и разрушение защитных покрытий. Функционирование протекторной защиты связано с постепенным растворением протекторов и, как следствие, снижением работоспособности и эффективности антикоррозионной защиты в целом. Кроме того, возможны нарушение контакта протектора с защищаемой поверхностью или обрыв протекторов, что приводит к фактическому «отключению» антикоррозионной защиты судна. Также вероятны механические повреждения ЛКП, что способствует активизации процессов коррозии. Поэтому важной задачей технической эксплуатации морских судов является поддержание эффективности систем антикоррозионной защиты на протяжении всего жизненного цикла судна, что находит свое отражение в требованиях нормативных документов.

Оперативный контроль систем антикоррозионной защиты

В целях определения фактического состояния антикоррозионной защиты требуется проведение оперативного контроля, позволяющего определить действующий защитный потенциал и эффективность функционирования защиты в целом. Оперативный контроль и замеры параметров электрохимической защиты корпуса осуществляются посредством организации системы мероприятий по мониторингу антикоррозионной защиты корпуса судна. Эти мероприятия включают систематические замеры параметров защиты, анализ данных и принятие решений по восстановлению и обеспечению заданного уровня антикоррозионной защиты [8–10].

На рис. 1 представлено нормальное снижение уровня антикоррозионной защиты корпуса судна в период эксплуатации. Периодичность контрольных замеров n на интервале $t(n_1; n_i)$ должна быть достаточной для своевременного определения события ω_n , соответствующего началу снижения защитного потенциала и уровня антикоррозионной защиты корпуса судна, и события ω_k , соответствующего переходу системы защиты в критическое состояние и началу активизации коррозионных процессов [11].

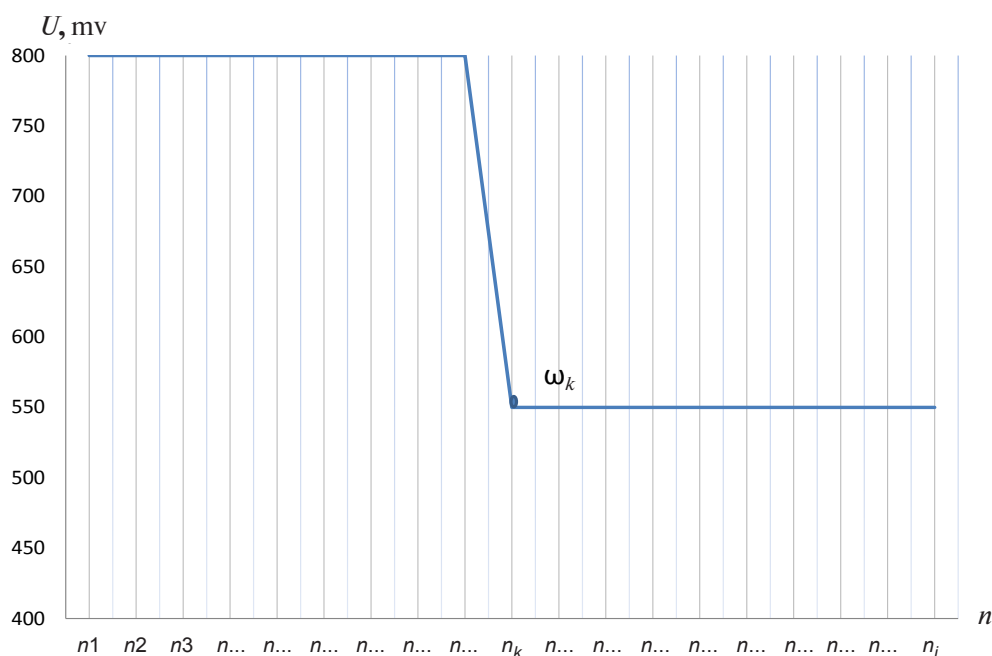


Рис. 1. Нормальное снижение защитного потенциала корпуса судна

Период $t(n_n; n_k)$ между событиями ω_n и ω_k дает возможность произвести качественный анализ данных, разработку и планирование мероприятий по восстановлению требуемого

уровня антикоррозионной защиты. Условно период $t(n_H; n_K)$ можно назвать периодом принятия решения, и чем длительнее этот период, тем больше возможностей своевременно и качественно решить задачу восстановления работоспособности антикоррозионной защиты судна. Эксплуатация судна с защитным потенциалом, который ниже критического значения, недопустима. Таким образом, систематический оперативный контроль позволяет обеспечить качественное функционирование судовой антикоррозионной защиты и требуемый уровень безопасности технической эксплуатации судна.

Важность периодичности и качества оперативного контроля

Опыт эксплуатации морских судов показывает, что на практике снижение защитного потенциала корпуса может происходить достаточно интенсивно. Причина этого явления – воздействие дополнительных физических, химических, биологических и иных факторов, лежащих в основе интенсивности коррозионных процессов. В этом случае значение периодичности и качества оперативного контроля уровня антикоррозионной защиты судов намного возрастает.

Как видно из рис. 2, при интенсивном снижении уровня антикоррозионной защиты период времени между событиями ω_H и ω_K значительно сокращается, а значит, и период принятия решения $t(n_H; n_K)$ становится минимальным. При недостаточной периодичности оперативного контроля возрастает вероятность перехода судна в режим эксплуатации с критическим уровнем антикоррозионной защиты. Следовательно, снижается уровень безопасности технической эксплуатации судна.

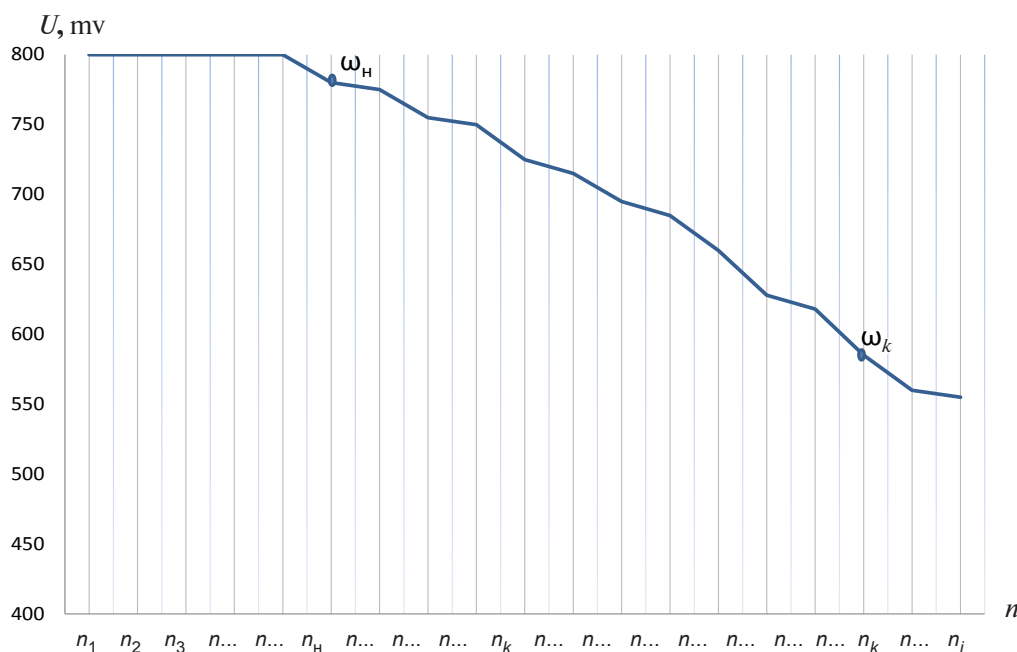


Рис. 2. Интенсивное снижение защитного потенциала корпуса судна

Точкой перехода судна в опасное состояние является событие ω_K , следовательно, при большей частоте контрольных замеров n появляется возможность своевременного прогнозирования снижения уровня антикоррозионной защиты. С учетом случайного характера события ω_K возможно внезапное падение защитного потенциала корпуса судна, например вследствие обрыва протекторов или механического повреждения ЛКП. Диаграмма развития такой ситуации представлена на рис. 3.

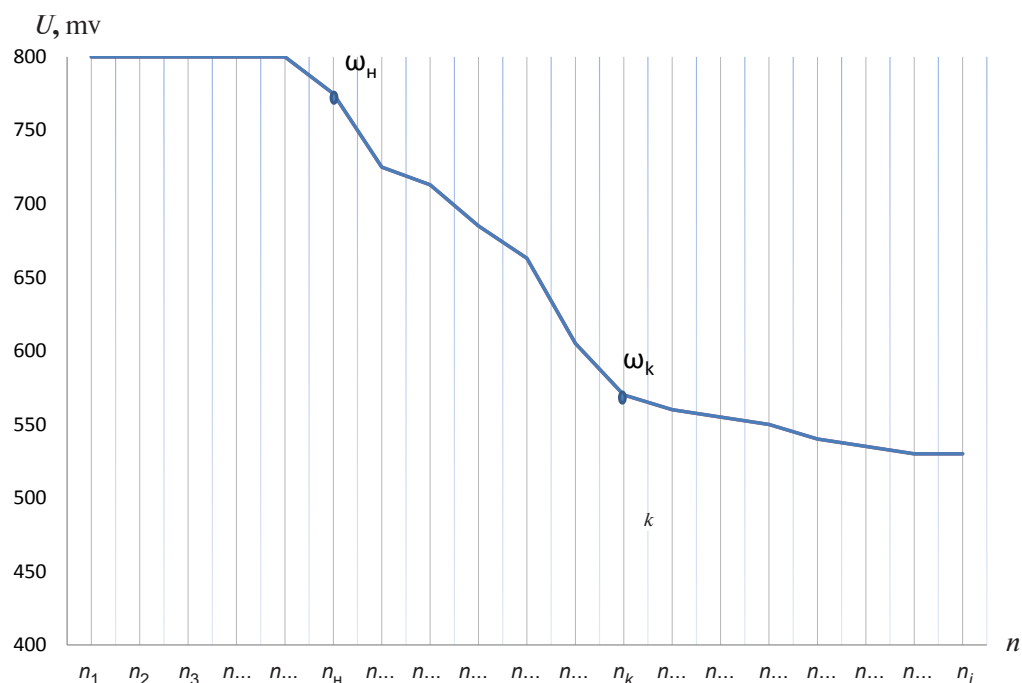


Рис. 3. Внезапное падение защитного потенциала корпуса судна

В данном случае период принятия решения $t(n_H; n_k)$ отсутствует, так как судно сразу переходит в опасное состояние в связи с началом интенсивного развития коррозионных процессов. При отсутствии систематического оперативного контроля коррозионные процессы в короткий промежуток времени способны нанести существенные повреждения судовым корпусным конструкциям, что в дальнейшем потребует дополнительных затрат на ремонт судна или может привести к серьезным аварийным последствиям.

Таким образом, основная цель оперативного контроля в период технической эксплуатации судна состоит в получении измерительной информации об уровне антикоррозионной защиты и интенсивности протекающих коррозионных процессов. Руководящие документы [12, 13] регламентируют способы измерений и определяют устройства для их проведения. Однако экспертная оценка опыта эксплуатации показывает, что применяемые для оперативного контроля устройства крайне ненадежны, имеют высокую стоимость, а предлагаемые способы контроля имеют большую трудоемкость и вызывают затруднения при использовании экипажами судов. В результате оперативный контроль состояния антикоррозионной защиты фактически не проводится [14, 15].

Альтернативный способ оперативного контроля систем антикоррозионной защиты

В настоящее время разработан, прошел апробацию и внедрен в эксплуатацию на отдельных экспериментальных судах значительно менее трудоемкий способ оперативного контроля систем антикоррозионной защиты [16, 17]. Для его реализации были разработаны специальные устройства измерения, отличающиеся простотой, низкой стоимостью, доступностью и достаточно высокой надежностью [18]. Способ включает периодическое измерение потенциала корпуса в контрольных точках с помощью переносного электроизмерительного прибора и переносного электрода. Совместно с измерением потенциала корпуса в контрольных точках измеряют силу постоянного тока, силу переменного тока, падение переменного напряжения в измерительной электрической цепи, образованной корпусом судна, переносным электродом, подключенным к электроизмерительному прибору, и водой. Затем на ос-

нове сравнения результатов измерения контролируемых параметров с их допустимыми значениями оценивают степень защищенности корпуса судна от электрохимической коррозии и электрокоррозии. Технический результат – повышение достоверности результатов контроля и производительности труда, уменьшение количества технических средств контроля, исключение водолазных и доковых работ. При качественном проведении контрольных измерений и достаточном уровне подготовки и профессионализме оператора измерений [19–21] данный способ позволяет обеспечить требуемую периодичность измерений и высокий уровень оперативного контроля состояния судовой антикоррозионной защиты [22].

В совокупности данные мероприятия позволяют предотвратить техническую эксплуатацию судна ниже критического уровня, способствуют снижению затрат на ремонт корпуса судна и обеспечивают заданный уровень технической и экологической безопасности.

Список литературы

1. Белов О.А., Клементьев С.А., Дороганов А.Б. Коррозионные процессы как фактор снижения безопасности эксплуатации морских судов // *Инноватика и экспертиза*. 2017. № 1 (19). С. 123–126.
2. Белов О.А. Методология анализа и контроля безопасности судна как сложной организационно-технической системы // *Вестник Камчатского гос. техн. ун-та*. 2015. № 34. С. 12–18.
3. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС). URL: http://www.sur.ru/upload/legislation/Solas_74_file_5_37_4078.pdf (дата обращения: 27.04.2020).
4. НД № 2-030101–009 Руководство по техническому наблюдению за судами в эксплуатации. СПб: ФАУ «Российский морской регистр судоходства», 2017. 289 с.
5. Бибииков Н.Н., Люблинский Е.Я., Поварова Л.В. Электрохимическая защита морских судов от коррозии. Л.: Судостроение, 1971.
6. РД 31.28.10–97. Комплексные методы защиты судовых конструкций от коррозии. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 1998. 37 с.
7. Белов О.А. Современное состояние организации комплексной защиты металлических корпусов кораблей и судов от коррозии // *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*. 2017. № 3. С. 115–120.
8. Швецов В.А., Белов О.А., Белавина О.А., Ястребов Д.П. Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов // *Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология*. 2017. № 1. С. 29–38.
9. 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. 55–58.
10. Белов О.А., Швецов В.А., Арчибисов Д.А., Белавина О.А. К вопросу о продолжительности периода эффективной работы систем защиты от коррозии стальных корпусов вспомогательных судов // *Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология*. 2017. № 3. С. 7–15.
11. Белов О.А. Общий алгоритм развития опасных ситуаций в судовых условиях // *Наука, образование, инновации: пути развития: мат-лы Восьмой всероссийской науч.-практ. конф.* 2017. С. 51–54.
12. Руководство по защите корпусов надводных кораблей ВМФ от коррозии и обрастания. М.: Воен. изд-во, 2002. 350 с.
13. 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: 02.04.2020).
14. Белов О.А., Дороганов А.Б. Проблемы методологии контроля электрохимической защиты стальных корпусов кораблей и судов // *Вестник Камчатского гос. техн. ун-та*. 2016. № 37. С. 10–13.
15. Дороганов А.Б., Белов О.А. Современное состояние методов и средств измерения электрического поля судов и кораблей // *Наука, образование, инновации: пути развития: мат-лы Седьмой всероссийской науч.-практ. конф.* 2016. С. 125–127.
16. Патент RU № 2643709. Способ контроля защищенности стальных корпусов кораблей и судов от электрохимической коррозии и электрокоррозии / О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина. Опубл. 05.02.2018.

17. Белов О.А., Швецов В.А., Ястребов Д.П. и др. Внедрение усовершенствованного способа контроля систем протекторной защиты стальных корпусов судов камчатского флота // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. Петропавловск-Камчатский, 2017. Вып. 39. С. 6–11.

18. Патент RU № 169581. Устройство для контроля протекторной защиты стальных корпусов кораблей и судов / В.А. Швецов, О.А. Белов, Д.В. Шунькин, О.А. Белавина, С.П. Лысянский, В.В. Адельшина. Опубл. 23.03.2017.

19. Швецов В.А., Белов О.А., Белозеров П.А., Шунькин Д.В. Контроль систем протекторной защиты стальных судов и кораблей: монограф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. 109 с.

20. Белов О.А. Оценка технической готовности системы с учетом влияния человеческого фактора // Вестник Камчатского гос. техн. ун-та. 2014. № 30. С. 11–16.

21. Швецов В.А., Белов О.А., Шунькин Д.В. и др. Оценка эффективности методик измерения потенциала стальных корпусов рыбопромысловых судов // Наука, образование, инновации: пути развития: мат-лы Седьмой всероссийской науч.-практ. конф. 2016. С. 191–193.

22. Швецов В.А., Белов О.А., Шунькин Д.В. и др. Динамика совершенствования систем электрохимической защиты от коррозии стальных корпусов морских судов и методов их контроля // Наука, образование, инновации: пути развития: мат-лы Седьмой всерос. науч.-практ. конф. 2016. С. 194–195.

References

1. Belov O.A., Klementyev S.A., Doroganov A.B. (2017) *Korrozionnye protsessy kak faktor snizheniya bezopasnosti ekspluatatsii morskikh sudov* [Corrosion processes as a factor in reducing the safety of operation of marine vessels] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and Expert Examination]. No. 1 (19). P. 123–126.

2. Belov O.A. (2015) *Metodologiya analiza i kontrolya bezopasnosti sudna kak slozhnoy organizatsionno-tekhnicheskoy sistemy* [Methodology of analysis and control of ship safety as a complex organizational and technological system] *Vestnik Kamchatskogo gos. tekhn. un-ta* [Bulletin of the Kamchatka State. Tech. Univer] No. 34. P. 12–18.

3. *Mezhdunarodnaya konventsia po okhrane chelovecheskoy zhizni na more (SOLAS)* [International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)]. Available at: http://www.sur.ru/upload/legislation/Solas_74_file_5_37_4078.pdf (accessed: 27.04.2020).

4. ND No. 2-030101–009 (2017) *Rukovodstvo po tekhnicheskomu nablyudenyu za sudami v ekspluatatsii. SPb: FAU «Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva»* [Guidelines for the technical monitoring of ships in operation. St. Petersburg: FAA «Russian Maritime Register of Shipping»]. P. 288.

5. Bibikov NN, Lublinsky E.Ya., Povarova L.V. (1971) *Elektrokhimicheskaya zashchita morskikh sudov ot korrozii* [Electrochemical protection of ships against corrosion] *Sudostroenie* [Shipbuilding]. Leningrad.

6. RD 31.28.10–97 (1998) *Kompleksnye metody zashchity sudovykh konstruksiy ot korrozii. Izdanie ofitsial'noe* [Integrated methods for protecting ship structures from corrosion. The publication is official] *Standartinform* [Standartinform]. Moscow. P. 37.

7. Belov O.A. (2017) *Sovremennoe sostoyanie organizatsii kompleksnoy zashchity metallicheskih korpusov korabley i sudov ot korrozii* [The current state of the organization of integrated protection of metal hulls of ships and ships from corrosion] *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva* [Transactions of NSTU named after R.E. Alekseev]. No. 3. P. 115–120.

8. Shvetsov V.A., Belov O.A., Belavina O.A., Yastrebov D.P. (2017) *Obosnovanie vozmozhnosti isklyucheniya vneshnego osmotra sistem protektrnoy zashchity stal'nykh korpusov sudov* [Justification of the possibility of excluding external inspection of the tread protection systems of steel hulls of vessels] *Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhn. un-ta. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya* [Bulletin of the Astrakhan State. Tech. Univer. Series: Marine engineering and technology]. No. 1. P. 29–38.

9. Belov O.A., Shvetsov V.A., Yastrebov D.P. (2017) *Obosnovanie optimal'noy periodichnosti kontrolya raboty protektrnoy zashchity stal'nykh korpusov sudov* [The rationale for the optimal frequency of monitoring the tread protection of steel hulls of ships] *Ekspluatatsiya morskogo transporta* [Operation of maritime transport]. No. 1 (82). P. 55–58.

10. Belov O.A., Shvetsov V.A., Archibisov D.A., Belavina O.A. (2017) *K voprosu o prodolzhitel'nosti perioda effektivnoy raboty sistem zashchity ot korrozii stal'nykh korpusov vspomogatel'nykh sudov* [Regarding the question

of the duration of the period of effective operation of corrosion protection systems for steel hulls of auxiliary vessels] *Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhn. un-ta. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya* [Bulletin of the Astrakhan State. tech. Univer. Series: Marine engineering and technology]. No. 3. P. 7–15.

11. Belov O.A. (2017) *Obshchiy algoritm razvitiya opasnykh situatsiy v sudovykh usloviyakh* [The general algorithm for the development of dangerous situations in a ship's environment] *Nauka, obrazovanie, innovatsii: puti razvitiya. Mat-ly Vos'moy vserossiyskoy nauch.-prakt. konf.* [Science, Education, Innovation: Development Paths. Materials of the Eighth All-Russian Scientific Pract. Conf.]. P. 51–54.

12. *Rukovodstvo po zashchite korpusov nadvodnykh korably VMF ot korrozii i obrastaniya* [Guidelines for the protection of hulls of naval surface ships from corrosion and fouling] *Voен. izd-vo* [Military. Publishing House]. Moscow. P. 350.

13. GOST 9.056–75. *Stal'nye korpusa korably i sudov. Obshchie trebovaniya k elektrokhimicheskoy zashchite pri dolgovremennom stoyanochnom rezhime* [Steel hulls of ships and vessels. General requirements for electrochemical protection during long-term parking]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200015017> (accessed: 04.02.2020).

14. Belov O.A., Doroganov A.B. (2016) *Problemy metodologii kontrolya elektrokhimicheskoy zashchity stal'nykh korpusov korably i sudov* [Problems of the methodology for monitoring the electrochemical protection of steel hulls of ships and vessels] *Vestnik Kamchatskogo Tehn. Univer.* [Bulletin of the Kamchatka State. tech. Univer]. No. 37. P. 10–13.

15. Doroganov A.B., Belov O.A. (2016) *Sovremennoe sostoyanie metodov i sredstv izmereniya elektricheskogo polya sudov i korably* [The current state of methods and means of measuring the electric field of ships] *Nauka, obrazovanie, innovatsii: puti razvitiya: mat-ly Sed'moy vseros. nauch.-prakt. konf* [Science, Education, Innovation: Development Paths: Materials of the Seventh All-Russian Scientific-Practical. conf.] P. 125–127.

16. Patent RU No. 2643709. *Sposob kontrolya zashchishchennosti stal'nykh korpusov korably i sudov ot elektrokhimicheskoy korrozii i elektrokrozii* [A method for monitoring the protection of steel hulls of ships and vessels from electrochemical corrosion and electrocorrosion. O.A. Belov, V.A. Shvetsov, O.A. Belavina]. Publ. 05.02.2018.

17. Belov O.A., Shvetsov V.A., Yastrebov D.P. et al. (2017) *Vnedrenie usovershenstvovannogo sposoba kontrolya sistem protektrnoy zashchity stal'nykh korpusov sudov kamchatskogo flota* [Implementation of an improved method for monitoring the tread protection systems of steel hulls of Kamchatka fleet vessels] *Vestnik Kamchatskogo gos. tekhn. un-ta. Petropavlovsk-Kamchatskiy* [Bulletin of the Kamchatka State. Tech. University. Petropavlovsk-Kamchatsky]. Is. 39. P. 6–11.

18. Patent RU No. 169581. *Ustroystvo dlya kontrolya protektrnoy zashchity stal'nykh korpusov korably i sudov* [Device for monitoring the tread protection of steel hulls of ships and vessels. V.A. Shvetsov, O.A. Belov, D.V. Shunkin, O.A. Belavina, S.P. Lysyansky, V.V. Adelshina]. Publ. 23.03.2017.

19. Shvetsov V.A., Belov O.A., Belozerov P.A., Shunkin D.V. (2016) *Kontrol' sistem protektrnoy zashchity stal'nykh sudov i korably: monograf.* [Control of tread protection systems for steel ships and ships: monograph] *KamchatGTU* [Kamchatka State Techn. University]. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 109.

20. Belov O.A. (2014) *Otsenka tekhnicheskoy gotovnosti sistemy s uchetom vliyaniya chelovecheskogo faktora* [Assessment of the technical readiness of the system taking into account the influence of the human factor] *Vestnik Kamchatskogo gos. tekhn. un-ta* [Bulletin of the Kamchatka State. Tech. Univer]. No. 30. P. 11–16.

21. Shvetsov V.A., Belov O.A., Shunkin D.V. et al. (2016) *Otsenka effektivnosti metodik izmereniya potentsiala stal'nykh korpusov rybopromyslovykh sudov* [Evaluation of the effectiveness of methods for measuring the potential of steel hulls of fishing vessels] *Nauka, obrazovanie, innovatsii: puti razvitiya: mat-ly Sed'moy vserossiyskoy nauch.-prakt. konf.* [Science, Education, Innovation: Development Paths: Materials of the Seventh All-Russian Scientific Pract. conf.] P. 191–193.

22. Shvetsov V.A., Belov O.A., Shunkin D.V. et al. (2016) *Dinamika sovershenstvovaniya sistem elektrokhimicheskoy zashchity ot korrozii stal'nykh korpusov morskikh sudov i metodov ikh kontrolya* [Dynamics of improving systems of electrochemical protection against corrosion of steel hulls of marine vessels and methods for their control] *Nauka, obrazovanie, innovatsii: puti razvitiya: mat-ly Sed'moy vserossiyskoy nauch.-prakt. konf.* [Science, Education, Innovation: Development Paths: Materials of the Seventh All-Russian Scientific Pract. conf.]. P. 194–195.