РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 620.197: 629.5.023

Д.А. Арчибисов, В.А. Швецов

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И РАБОТ В ХОДЕ РЕМОНТА СРЕДСТВ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ КОРПУСА НА МАЛОМЕРНЫХ СУДАХ

Обосновывается возможность и целесообразность использования маломерных судов в качестве естественного стенда для проведения исследований. Показана необходимость контроля качества протекторов и лакокрасочных материалов, используемых при ремонте судов. Сформулирован и представлен в виде рекомендаций для судовладельцев простейший алгоритм действий по контролю качества ремонтных работ и материалов, применяемых при восстановлении средств противокоррозионной защиты корпусов судов.

Ключевые слова: маломерные суда, период навигации, стальные корпуса судов, коррозия, обрастание, лакокрасочное покрытие, протекторная защита, визуальный контроль, рекомендации для судовладельцев.

D.A. Archibisov, V.A. Shvetsov

MATERIAL AND WORK CONTROL DURING REPAIR OF MEANS OF ANTICORROSIVE PROTECTION FOR HULLS ON SMALL VESSELS

Possibility and feasibility to use small size vessels as the natural stand for research is proved. Necessity of quality control of protectors and paint materials used for vessel repair is shown. A simple algorithm of quality control strategy for repair works and materials used for hull antirust protection is formulated and submitted as recommendations for ship owners.

Key words: small vessels, navigation season, steel hulls, corrosion, fouling, paint coating, sacrificial protection, visual inspection, recommendations for ship owners.

DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-6-13

Введение

Успешная эксплуатация и безопасность мореплавания камчатского флота невозможна без эффективной борьбы с коррозией и обрастанием судов [1]. Для ее организации необходимо создание системы контроля факторов морской среды и оценки эффективности средств противокоррозионной защиты. На большинстве судов камчатского флота основными средствами противокоррозионной защиты корпуса являются лакокрасочные покрытия (ЛКП) и протекторная защита (ПЗ). Существующая система контроля эффективности работы ЛКП и ПЗ регламентирована рядом нормативных документов (НД) различного уровня [2–4]. Однако на практике эти требования не выполняются ни в процессе докового ремонта судна, ни при его эксплуатации. Это обусловлено высокой стоимостью контроля и организационными затруднениями, возникающими при использовании существующих методов контроля [5, 6]. В работах [6–9] показано, что эффективность контроля работы средств противокоррозионной защиты корпуса судна можно существенно повысить, а приборы и методы контроля – упростить. В то же время открытым остается вопрос о повышении эффективности контроля качества материалов, применяемых для восстановления ПЗ и ЛКП во время докового ремонта судов, а также контроля соответствия выполняемых ремонтных работ требованиям НД. Этот вопрос можно решать с помощью простых методов, основанных на использовании маломерных судов в качестве естественных стендов для натурных коррозионных исследований.

Материалы и метод исследования

Обоснование выбора объекта исследования. В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации среди всех судов гражданского флота маломерные суда по ряду критериев выделены в особую группу, в отношении которой установлен иной, чем для средне- и крупнотоннажных судов, порядок осуществления государственного контроля, а также определена специфика их функционирования. Для маломерных судов камчатского флота регламентирован ограниченный период навигации, ежегодно устанавливаемый в зависимости от природно-климатических и навигационно-гидрологических условий. В среднем для Петропавловск-Камчатского городского округа и Елизовского муниципального района Камчатского края навигация маломерных судов открыта с 15 мая по 1 ноября. Таким образом, главной особенностью режима эксплуатации маломерных судов в Камчатском крае можно считать явно выраженную сезонность их работы.

Как правило, с окончанием навигации маломерные суда поднимаются на берег и размещаются на причалах или в непосредственной близости от них на специальных подставках – кильблоках. Хранение судна на берегу в межнавигационный период значительно дешевле и проще, чем его размещение на плаву, так как отпадает необходимость содержания на судне дежурно-вахтенной службы, отсутствуют расходы на снабжение судна ГСМ, водой и продовольствием, отсутствует риск повреждения или затопления судна при неблагоприятных метеорологических и ледовых условиях и т. д. Корпус судна, размещенного на берегу, доступен для производства всех необходимых ремонтных и профилактических работ, и для выполнения его ремонта не требуется докование. Для подъема маломерного судна на берег и спуска на воду в большинстве случаев достаточно плавучего или автомобильного крана, услуги которого обходятся судовладельцу намного дешевле, чем услуги дока.

В течение межнавигационного периода судовладельцами ведется подготовка маломерных судов к следующей навигации. В том числе выполняется необходимый ремонт корпуса судна и его оборудование средствами противокоррозионной защиты, которое заключается в нанесении ЛКП и монтаже ПЗ. В соответствии с требованиями НД [6] в процессе эксплуатации судна необходимо контролировать работу систем ПЗ, в том числе производить их внешний осмотр. В работе [10] отмечено, что внешний осмотр протекторных систем на судах зачастую не выполняется по причине его сложности и дороговизны, обусловленной необходимостью постановки судна в док либо необходимостью привлечения водолазов. Поэтому в работе [10] предложен способ, позволяющий исключить дорогостоящий внешний осмотр систем ПЗ.

Но на маломерных судах любые осмотры и работы на подводной части корпуса могут выполняться в межнавигационный период, когда судно размещено на берегу и внешний осмотр средств противокоррозионной защиты не требует каких-либо дополнительных затрат. Поэтому для маломерных судов логично и оправданно использование внешнего осмотра подводной части корпуса судна для решения целого ряда различных технических задач, и в том числе для визуальной оценки эффективности средств противокоррозионной защиты. Таким образом, маломерные суда могут служить естественным испытательным стендом для проведения исследований.

Для того чтобы результаты исследований обладали необходимой представительностью и ценностью, маломерное судно, выбираемое для их проведения, должно относиться к одному из наиболее распространенных типов судов камчатского флота. В морском порту Петропавловск-Камчатский наиболее распространенными маломерными судами являются малые рыболовные сейнеры (МРС) различных типов (проектов) и размеров (МРС-80, МРС-150, МРС-225); буксирные катера типа Ж, КЖ, Т-63; катера типа «Ярославец» проектов 376 и 376У. Для проведения эксперимента был выбран катер типа «Ярославец», пр. 376У, год постройки – 1983, длина (после переоборудования) – 19,68 м, ширина – 5,4 м, высота борта – 2,8 м (надводный борт – 0,91 м).

Метод исследования. В качестве метода исследования был выбран пассивный эксперимент, призванный оценить качество использованных материалов и проведенных работ по восстановлению средств противокоррозионной защиты судна, выполненных в процессе его корпусного ремонта. Суть пассивного эксперимента заключается в сравнении результатов органолептической (визуальной и тактильной) оценки состояния ЛКП и ПЗ прошедшего ремонт маломерного судна перед его спуском на воду в начале навигации (май 2017 г.) с результатами органолептической оценки состояния ЛКП и ПЗ этого же маломерного судна, поднятого на берег после за-

вершения навигации (после 28 октября 2017 г.). Для наглядности результаты осмотра подводной части корпуса судна перед навигацией и после ее завершения фиксировались с помощью цифровой фотосъемки.

Результаты и обсуждение

Визуальный осмотр корпуса судна перед началом ремонта показал, что в качестве ПЗ на нем установлено 10 протекторов. В связи с отсутствием в судовой документации информации о типе и количестве данных протекторов они были идентифицированы путем определения их геометрических размеров и соотнесения с типоразмерами протекторов, установленными в НД [11]. Результат идентификации показал, что ПЗ судна состоит из двух протекторов П-КОА-1 (на пере руля) и восьми протекторов П-КОА-5 (два протектора на днище в кормовой части корпуса, по два протектора на бортовых килях, два протектора в носовой части корпуса). Было установлено, что восемь из 10 протекторов по степени износа соответствуют требованиям НД [11], а два протектора, расположенных на днище в кормовой части корпуса, подлежат замене, так как степень их износа более 70%. В связи с этим при проведении ремонта подводной части корпуса катера в межнавигационный период 2016–2017 гг. два изношенных протектора П-КОА-5 были заменены новыми. Также в ходе ремонта была произведена замена обшивки на общей площади 22 м^2, выполнена пескоструйная зачистка корпуса и его покраска с предварительным нанесением грунтовки, и другие работы.

Результаты фотосъемки подводной части корпуса катера и элементов его противокоррозионной защиты после завершения ремонтных работ представлены на рис. 1, *а, в, д*. На снимках видно, что протекторы приварены к корпусу судна с соблюдением требований НД [4, 11]. Поверхность бывших в употреблении протекторов имеет шероховатую структуру, однако при механическом воздействии отслоения металла не происходит, то есть отработавший слой протектора удален. ЛКП нанесено качественно, что выражается в равномерном распределении краски по поверхности, отсутствии подтеков и недостаточно прокрашенных мест. Плотное прилегание краски к металлу, отсутствие шелушащихся или отслаивающихся участков свидетельствует о надлежащем качестве пескоструйной зачистки корпуса перед покраской. Вместе с тем на металле обшивки заметны мелкие неровности и впадины, образовавшиеся в процессе эксплуатации в результате точечной коррозии. Выводить эти неровности путем шлифовки нецелесообразно ввиду больших трудозатрат и недопустимой потери толщины металла обшивки при шлифовке.

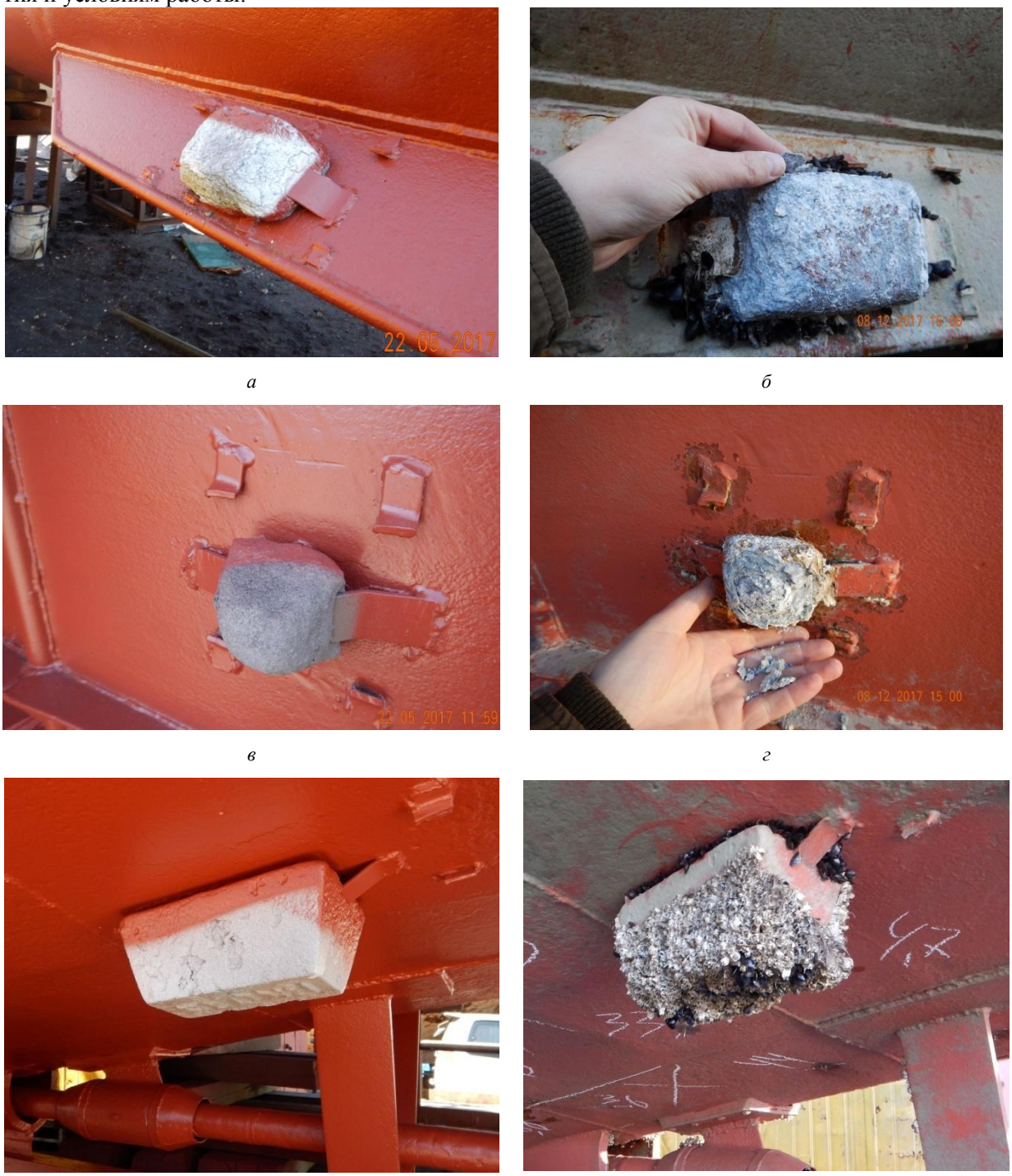
На рис. 1, *б, г, е* показаны фотоснимки подводной части корпуса катера, выполненные после его подъема на берег по завершении навигации 2017 г. Результаты обследования показали, что бывшие в эксплуатации до ремонта протекторы выполнили свою защитную функцию, так как они не обросли гидробионтами, а их металл в процессе работы растворялся в морской воде, в результате чего верхний отработавший слой легко отслаивается и снимается вручную, даже без помощи инструмента (рис. 1, *б, г*). Также на рис. 1, *б* видно, что в пространстве между протектором и бортовым килем поселились мидии (*Mytilus trossulus*), однако рабочая поверхность самого протектора свободна от гидробионтов, что свидетельствует об его эффективной работе в период навигации.

Два установленных во время ремонта в межнавигационный период новых протектора П-КОА-5 (рис. 1, *е*) обросли толстым (до 10 мм) слоем гидробионтов – мидий и балянусов (*Balanus crenatus*). После механического удаления прикрепившихся к поверхности протектора раковин гидробионтов было установлено, что металл протектора твердый, при воздействии стальным скребком не отслаивается и не крошится. Это говорит о том, что в период навигации новые протекторы не только не растворялись в морской воде и не выполняли свою защитную функцию, а напротив, стали центром обрастания на корпусе судна.

При осмотре ЛКП было обнаружено, что большая часть корпуса судна ниже ватерлинии за время навигации покрылась налетом серо-зеленого цвета, образованным диатомовыми водорослями. При этом обрастанию в большей степени подверглись участки поверхности, имеющие сильную шероховатость. Это можно объяснить тем, что водоросли активнее задерживаются в углублениях неровной поверхности. Увеличение шероховатости также ведет к повышенному расходу лакокрасочных материалов, а при чрезмерной шероховатости подложки краска может не проникать во впадины на окрашиваемой поверхности.

Вместе с тем шероховатость поверхности может влиять на свойства будущего покрытия положительно. Увеличение шероховатости приводит к увеличению поверхности контакта между

краской и подложкой, а отсюда и к увеличению адгезии. Например, на рис. 1, *в* видно, что металл на пере руля в районе остатков арматуры от установленных ранее протекторов имеет достаточно гладкую поверхность по сравнению с остальной площадью пера руля. И в то же время именно эти гладкие части сильнее всего пострадали от коррозии, тогда как на остальной поверхности пера руля краска сохранилась (рис. 1, *г*). Таким образом, при подготовке поверхности необходимо добиваться оптимальной шероховатости применительно к конкретному виду покрытия и условиям работы.



а *б*

в *г*

д *е*

Рис. 1. Внешний вид протекторов на рассматриваемом катере проекта 376 У перед началом навигации 2017 г. *(слева) и после ее завершения (справа):*
а, б – протектор П-КОА-5 на бортовом киле, до ремонта бывший в эксплуатации;
в, г – протектор П-КОА-1 на пере руля, до ремонта бывший в эксплуатации;
д, е – протектор П-КОА-5 на днище в кормовой части, заменен при ремонте, в эксплуатации не был

При сравнении результатов визуальной оценки состояния ПЗ судна до и после навигации наибольший интерес вызвал вопрос о причинах, по которым новые (замененные при ремонте) протекторы П-КОА-5 не выполнили свою защитную функцию и обросли гидробионтами.

Анализ и сравнение условий работы двух обросших протекторов с остальными показал, что расположение обросших протекторов на корпусе судна существенно отличается от всех остальных. Обросшие протекторы, в отличие от других, установлены на днище в кормовой части корпуса судна так, что их плоская грань направлена к днищевой части корпуса судна, а рабочая поверхность обращена ко дну водного объекта. Кроме того, часть корпуса, на которой они установлены, при движении судна вперед не испытывает воздействие от встречного потока воды. Обросшие протекторы находятся в гидродинамической тени, образованной корпусом судна (рис. 1, *д, е*). Все остальные протекторы в большей или меньшей степени находятся в набегающем потоке воды, который, как мы предполагали, препятствует обрастанию и способствует более интенсивному растворению металла протекторов.

Для подтверждения или опровержения данной гипотезы была осмотрена ПЗ на других размещенных на берегу маломерных судах. На конструктивно схожем судне – катере типа «Ярославец», имеющем, в отличие от объекта исследования, два, а не одно, пера руля, был найден пример работы протекторов, опровергающий выдвинутую нами гипотезу. На данном судне установлено, помимо прочих, по одному протектору П-КОА-5 на левом (рис. 2, *а*) и правом (рис. 2, *б*) пере руля. В процессе эксплуатации вся подводная часть корпуса судна подверглась сильному обрастанию гидробионтами, которые к моменту осмотра были удалены механическим способом. Видны многочисленные места прикрепления балянусов и мидий к корпусу судна.

а *б*

Рис. 2. Внешний вид протекторов на конструктивно схожем катере проекта 376:
а – работоспособный протектор П-КОА-5 на левом пере руля, не покрытый биообрастанием и растворявшийся в морской воде; б – неработоспособный протектор П-КОА-5 на правом пере руля, оброс балянусами и мидиями, в морской воде не растворялся

По изложенным выше признакам (растворимость протекторов в морской воде, твердость металла, степень обрастания гидробионтами) было установлено, что протектор на левом пере руля выполнял свою защитную функцию, а протектор на правом пере руля – не выполнял. При этом протекторы в процессе эксплуатации находились в совершенно равных условиях – оба пера руля при движении судна интенсивно омывались потоком воды от гребного винта. Полученный результат подтверждает, что движение потока воды и место установки протектора не являются решающими факторами, влияющими на качество выполнения протектором его защитной функции. Более того, гидробионты способны обитать даже на частях судна, наиболее подверженных воздействию потока воды при движении судна. Так, на выбранном для проведения эксперимента судне балянусы были обнаружены даже на гребном винте и его обтекателе, хотя эти детали вращаются при движении судна с частотой до 500 мин$^{-1}$.

На 2018 г. запланирован эксперимент, призванный окончательно дать ответ на вопрос о влиянии гидродинамических факторов и места установки протекторов на эффективность их работы. В ходе эксперимента планируется протектор, неудовлетворительно отработавший в ходе

навигации 2017 г. (например, показанный на рис. 1, *д, е*), поменять местами с протектором, показавшим в 2017 г. хорошие результаты (например, показанный на рис. 1, *а, б*). Если в ходе осмотра протекторов после завершения навигации 2018 г. будет установлено, что от перемены мест установки протекторов результат их работы не изменился, то второстепенность влияния гидродинамических факторов и места установки протекторов на эффективность их работы полностью подтвердится.

Таким образом, наиболее вероятной причиной, по которой устанавливаемые при ремонте судов протекторы не выполняют своих защитных функций, авторы считают неудовлетворительное качество самих протекторов и в первую очередь – несоответствие металлов (сплавов), из которых изготавливаются протекторы, требованиям НД.

В ходе детального изучения протектора, очищенного от гидробионтов после завершения навигации, на нем обнаружена маркировка «ПКО – А5». По-видимому, изготовитель намеревался указать типоразмер протектора, который, в соответствии с НД [11], правильно пишется так: «П-КОА-5», что означает: протектор короткозамкнутый одиночный из алюминиевого сплава, массой 5 кг. При этом правилами маркировки протекторов, представленными в разделе 5 НД [11], не предусмотрено нанесение непосредственно на протекторе полного обозначения его типоразмера. Типоразмер протектора указывается при маркировке в зашифрованном сокращенном виде в соответствии с таблицей 21 НД [11]. Помимо типоразмера, маркировка, нанесенная на каждом протекторе на рабочей поверхности, должна содержать товарный знак предприятия-изготовителя, марку сплава и номер плавки. Например, маркировка на рабочей поверхности протектора «5-А3 123» означает: протектор П-КОА-5 из сплава марки АП-3, номер плавки 123.

Для изготовления протекторов П-КОА-5 могут использоваться алюминиевые сплавы марок АП-1, АП-2, АП-3 и АП-4. Химический состав сплавов строго регламентирован НД [11]. Маркировка на рассматриваемом протекторе, выполненная с нарушением требований НД [11], не позволяющая установить марку сплава, из которого выполнен протектор, а также его производителя, косвенно свидетельствует о сомнительном происхождении и неудовлетворительном качестве металла данного протектора. При проведении исследования было также осмотрено большое количество протекторов на других судах, на которых полностью отсутствовала маркировка и которые, по визуально определенной незначительной степени износа, выглядели недавно установленными. Отсюда можно сделать вывод, что все эти условно новые протекторы сомнительны по происхождению и качеству материала изготовления.

Также в процессе исследования отмечено, что при проведении межнавигационного ремонта и покраски судов зачастую не соблюдается следующее требование НД [11]: при проведении окрасочных работ на поверхностях, оборудованных протекторной защитой, следует предусмотреть защиту рабочей поверхности протекторов от попадания на них краски. На рис. 3 показаны отремонтированные в межнавигационный период 2017–2018 гг. маломерные рыболовные суда типа МРС-150. Все попавшие в кадр протекторы на судах покрыты сплошным слоем краски, что исключает случайный характер попадания краски и говорит о недостаточной культуре проведения окрасочных работ.

Рис. 3. Прошедшие ремонт маломерные суда типа МРС-150. Протекторы полностью закрашены

Очевидно, что с абсолютной точностью и достоверностью сделать вывод о качестве лакокрасочных материалов, протекторов и ремонтных работ можно только с применением дорогостоящих лабораторных и технических испытаний, измерений и экспертиз. Однако полученные в ходе проведенных исследований данные позволяют разработать для судовладельцев следующие простейшие рекомендации по контролю качества материалов и ремонтных работ:

1. Необходимо производить внешний осмотр новых протекторов, планируемых к установке на судно, на предмет их соответствия требованиям НД [11]. Для этого протектор следует измерить, взвесить, соотнести его форму и размеры с чертежами в НД. Особое внимание необходимо уделить маркировке протектора.

2. После того, как судно с новым протектором отработает навигацию и будет поднято на берег, следует оценить эффективность работы нового протектора. Для этого рабочую поверхность протектора нужно осмотреть на предмет обрастания гидробионтами, а также с помощью стального скребка проверить твердость поверхностного слоя. Отсутствие гидробионтов и легко шелушащийся, частично растворенный в морской воде поверхностный слой говорят о надлежащем выполнении протектором защитной функции. Протекторы, обросшие гидробионтами и не растворявшиеся в морской воде, являются некачественными и подлежат замене.

3. При заключении договора или контракта на проведение ремонтных работ в его условиях следует четко указать обязательность соответствия устанавливаемых протекторов, применяемых лакокрасочных материалов, а также качества выполняемых работ требованиям НД.

4. При приемке выполненных работ следует контролировать чистоту рабочих поверхностей протекторов от краски, ГСМ, загрязнений и иных веществ, снижающих контакт рабочей поверхности протектора с морской водой. В ходе окрасочных работ необходимо пресекать закрашивание протекторов, а также практику их обмазывания консистентной смазкой для ее дальнейшего удаления вместе с попавшей на протектор краской. В случае если закрашивание протекторов все же произошло, краску следует удалить механически. Если протектор был покрыт смазкой, ее следует стереть, а рабочую поверхность протектора – обезжирить.

Выполнение данных рекомендаций позволит судовладельцам без каких-либо дополнительных затрат отсеять заведомо некачественные протекторы еще на этапе подготовки к ремонту либо после первой отработанной навигации. А повышенное внимание к качеству восстановления средств противокоррозионной защиты судна в ходе ремонтных работ позволит снизить частоту ремонтов, повысить их качество, а следовательно – повысить безопасность мореплавания и технико-экономическую эффективность работы судов.

Основные выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Маломерные суда с успехом могут использоваться как естественные стенды для натурных коррозионных исследований. Такие стенды позволяют проводить научные исследования без ущерба для производственного процесса и без дополнительных затрат или капиталовложений.

2. Эффективность выполнения протектором его защитной функции в меньшей степени зависит от места установки протектора и в гораздо большей степени – от качества протектора. Поэтому перед установкой новых протекторов необходимо оценивать их качество (соответствие НД), а по завершении навигации – оценивать эффективность выполнения протекторами защитной функции.

3. С учетом встречающихся проявлений недостаточной культуры проведения ремонтных работ, судовладельцу необходимо более тщательно контролировать ход их выполнения и процесс сдачи-приемки.

4. Соблюдение простейших правил и рекомендаций, разработанных по результатам исследования, поможет судовладельцам без каких-либо дополнительных затрат повысить эффективность работы средств противокоррозионной защиты на судах, а следовательно – безопасность мореплавания и технико-экономическую эффективность работы судов.

Литература

1. *Зобочев Ю.Е., Солинская Э.В.* Защита судов от коррозии и обрастания. – М.: Транспорт, 1984. – 174 с.

2. Руководство по защите корпусов надводных кораблей ВМФ от коррозии и обрастания. – М: Воен. изд-во, 2002. – 350 с.

3. РД 31.28.10-97. Комплексные методы защиты судовых конструкций от коррозии: Руководящий документ. Утвержден распоряжением Минтранса России от 17.12.2007 № МФ-34/2306 / Министерство транспорта РФ. – СПб., 1997. – 135 с.

4. ГОСТ 26501-85 Корпуса морских судов. Общие требования к электрохимической защите. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.

5. *Белов О.А., Дороганов А.Б.* Проблемы методологии контроля электрохимической защиты стальных корпусов кораблей и судов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2016. – Вып. 37. – С. 10–13.

6. Совершенствование методики измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозёров, В.А. Швецов, А.А. Луценко, О.А. Белавина* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2014. – Вып. 4 (ноябрь) – С. 7–12.

7. Испытание устройства для проверки правильности показаний хлорсеребряных электродов сравнения / *В.А. Швецов, П.А. Белозёров, Н.В. Адельшина, В.В. Кирносенко, О.А. Белавина* // Вестник Камчатского государственного технического университета. –2015. – Вып. 31. – С. 47–55.

8. Использование электроугольных изделий при измерении потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозёров, В.А. Швецов, В.А. Пахомов, О.А. Белавина* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – Вып. 1 (февраль). – С. 27–31.

9. Способ контроля режима работы протекторной защиты стальных корпусов кораблей и судов: пат. Рос. Федерация № 2589246; опубл. 10.07.2016.

10. Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов / *В.А. Швецов, О.А. Белов, О.А. Белавина, Д.П. Ястребов* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия Морская техника и технология. – 2017. – Вып. 1 – С. 29–38.

11. ГОСТ 26251-84 Протекторы для защиты от коррозии. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 25 с.

Информация об авторах
Information about the authors

Арчибисов Дмитрий Александрович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; Камчатская дирекция по техническому обеспечению надзора на море; 683031, Россия, Петропавловск-Камчатский; начальник отдела информационно-аналитической работы и планирования; d.a.archibisov@mail.ru

Archibisov Dmitry Aleksandrovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; Kamchatka's Directorate for Technical Supply of Sea Supervision; 683031, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of Information and Analytical Work and Planning Department; d.a.archibisov@mail.ru

Швецов Владимир Алексеевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов

Shvetsov Vladimir Alekseevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Chemical Sciences, Docent, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University