

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-264-271

EXPERIMENTAL SETUP FOR STUDYING DURABILITY OF THE SHIP SUPERSTRUCTURES MATERIAL

A. Salamekh¹, M. Alsaïd², V. A. Petrovsky²

¹ — Caspian Institute of Sea and River Transport — the affiliation of Volga State University of Water Transport, Astrakhan, Russian Federation

² — Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation

The description of an experimental setup for studying the durability of polymer composite materials samples which are used for the sea carrier ships superstructures manufacture is presented in the paper. The structural composition of the installation and methods of applying loads to the test sample are presented in detail. The installation includes a rocking table which simulates the rocking of the ship on which the test sample is fixed with bolted, riveted or adhesive connection methods. In this paper, an analysis of the loads affecting the walls of the superstructure is carried out. In particular, the area of the lower part connected to the main hull of the vessel during the operation of the vessel in marine conditions is analyzed. Acting loads on the test sample simulate the loads acting on the superstructures of sea vessels, in particular, on the junction of the superstructure with the main hull. During carrying out tests on this installation, it is possible to change the values of loads in accordance with the actual loading conditions of ship superstructures. The setup has a universal character and makes it possible to study the durability of samples made of polymer composite materials depending on their structural components, the number and arrangement of layers under certain loading conditions taking into account wind and wave loads as well as compressive loads that arise from the own weight of the superstructure. The calculation results of the stresses arising in the test sample under the action of the loads listed above are presented. The conclusion made proves the relevance and advantages of using the proposed installation for determining the durability of polymer composite materials and the tendency to improve it during further research.

Keywords: shipbuilding, ship superstructure, polymer composite material, durability test, experimental setup, wind load, wave load, ship roll, connection unit, sample testing.

For citation:

Salamekh, Ali, Mazen Alsaïd, and Valeri A. Petrovsky. "Experimental setup for studying durability of the ship superstructures material." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.2 (2022): 264–271. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-264-271.

УДК 620.17.05

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАТЕРИАЛА СУДОВЫХ НАДСТРОЕК

А. Саламех¹, М. Алсаид², В. А. Петровский²

¹ — Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф. М. Апраксина — филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», Астрахань, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Российская Федерация

Статья посвящена описанию экспериментальной установки для исследования долговечности образцов из полимерных композиционных материалов, используемых для изготовления надстроек морских транспортных судов. Подробно представлен конструктивный состав установки, рассмотрены способы приложения нагрузок на испытуемый образец. В состав экспериментальной установки входит качающийся стол моделирующей качки судна, на котором закреплен испытуемый образец болтовыми, заклепочными или клеевыми способами соединения. В данной работе выполнен анализ нагрузок, действующих на стены надстройки, в частности в районе нижней части, соединенной с основным корпусом судна при эксплуатации

судна в морских условиях. Отмечается, что действующие нагрузки на испытуемый образец моделирует нагрузки, действующие на надстройки морских судов, в частности на узел соединения надстройки с основным корпусом. При проведении испытаний на данной установке предусмотрена возможность изменения величин нагрузок в соответствии с реальными условиями нагружения судовых надстроек. Рассмотрена установка, имеющая универсальный характер и позволяющая исследовать долговечность образцов, изготовленных из полимерных композитных материалов в зависимости от их структурных составляющих, количества и расположения слоев при определенных условиях нагружения с учетом ветровых и волновых нагрузок, а также сжимающих нагрузок, возникающих от собственного веса надстройки. Приведены результаты расчета напряжений, возникающих в испытуемом образце под действием указанных ранее нагрузок. Сделан вывод об актуальности и преимуществах использования предлагаемой установки для определения долговечности полимерных композитных материалов и актуальности совершенствования ее при проведении дальнейших исследований.

Ключевые слова: судостроение, судовая надстройка, полимерный композиционный материал, испытание на долговечность, экспериментальная установка, ветровая нагрузка, волновая нагрузка, качка судна, узел соединения, испытание образцов.

Для цитирования:

Саламех А. Экспериментальная установка для исследования долговечности материала судовых надстроек / А. Саламех, М. Алсаид, В. А. Петровский // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 2. — С. 264–271. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-264-271.

Введение (Introduction)

На протяжении многих лет для изготовления судовых конструкций использовались традиционные материалы, такие как сталь, алюминий и дерево, при этом полимерные композиционные материалы (ПКМ) нашли применение в основном для постройки малоразмерных лодок и специальных военных кораблей [1]. Высокая стоимость и низкая огнестойкость ПКМ, по сравнению с традиционными материалами, ограничили возможность применения их на гражданских судах [2], однако в 2000–2020 гг. в связи с увеличением стоимости топлива и повышением международных требований к уменьшению уровня выбросов судовыми двигателями CO₂ в окружающую среду увеличился спрос на более экономичные суда гражданского использования, в том числе пассажирские и грузовые. В результате указанных ранее факторов многие страны Евросоюза оказали поддержку такого рода проектам и научным исследованиям в поисках возможности применения новых легких судостроительных материалов. При этом большое внимание было уделено полимерным композиционным материалам. Результаты проведенных исследований показали, что несмотря на высокую стоимость ПКМ они, по сравнению с традиционными материалами, могут уменьшить стоимость жизненного цикла судна в целом [3]. Основной причиной сложившейся ситуации является то, что использование ПКМ для изготовления судовых конструкций приводит к уменьшению их веса, а, следовательно, сокращению расхода топлива с одной стороны, а с другой — к уменьшению затрат на техническое обслуживание, поскольку ПКМ не подвергают коррозии. Новые достижения в области исследований ПКМ в 2002 г. внесли изменения в Правила СОЛАС (далее — Правила), в которых была принята новая поправка (известная как правила 17) в разд. II-2 «Альтернативные конструкции и устройства», позволяющая использовать альтернативные материалы в судовых конструкциях в случае, если они обеспечивают необходимый уровень пожарной безопасности [4].

Расширение возможности применения ПКМ также было отражено в Правилах Российского морского регистра судоходства (далее — Правила РС), которые перестали в полной мере отвечать современному уровню развития данной отрасли. В 2018 г. впервые была опубликована новая часть правил под названием «Конструкция и прочность корпусов судов из полимерных композиционных материалов» [5], [6]. В этой части Правилами РС разрешено использование ПКМ для изготовления судовых надстроек, в том числе установленных на судах с металлическими корпусами. Причем требования настоящей части Правил РС распространяются на корпуса и надстройки из ПКМ водоизмещающих судов длиной 15–70 м включительно [6]. Данное конструктивное решение является актуальным

для уменьшения веса судна порожнем и, следовательно, водоизмещения судна, что позволяет повысить экономическую эффективность транспортных судов, реализуя один из следующих подходов:

- увеличение массы перевозимого груза (грузоподъемность);
- увеличение запасов топлива, масла и воды, что приводит к возрастанию дальности и автономности судна;
- снижение мощности главной энергетической установки при сохранении скорости движения, и соответственно, экономит расход топлива;
- повышение скорости судна и в результате уменьшение требуемого времени одного рейса [7].

Несмотря на экономические прибыли, достигаемые при использовании ПКМ для изготовления судовых надстроек, ПКМ должны отвечать требуемому уровню прочности и долговечности в отношении срока эксплуатации судна.

Целью данной статьи является описание экспериментальной установки для испытаний ПКМ на долговечность при их применении для изготовления коротких судовых надстроек, установленных на транспортных судах с металлическими корпусами длиной 100 м и более.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Для определения долговечности ПКМ, использованных для изготовления коротких надстроек, в качестве объекта исследования был выбран нижний пояс надстройки из ПКМ, соединенный с металлическим корпусом с помощью стального комингса разными методами соединения (болтовые, заклепочные, клеевые и комбинированные из них) — рис. 1.

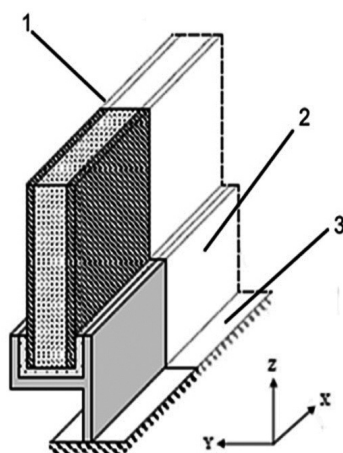


Рис. 1. Соединение надстройки из ПКМ с основным металлическим корпусом судна:

- 1 — стена надстройки из многослойного композиционного материала;
2 — металлический комингс;
3 — основной стальной корпус судна

Нагрузки, действующие на судовые надстройки, определяются в зависимости от протяженности и расположения надстройки на главной палубе судна, т. е. от степени участия в общем продольном изгибе. Согласно Правилам РС, различают два типа надстроек в зависимости от степени участия в общем изгибе судна: длинные и короткие, а в зависимости от места расположения — носовые, средние и кормовые. Длинными и средними считаются надстройки, имеющие длину более трех полупериметров их сечений, но не менее $0,15L$ (L — длина судна) и участвующие в общем изгибе судна, связанном с воздействием моря на корпус. В районе соединения с корпусом возникают нормальные и касательные усилия и пропорциональные им деформации. Короткие надстройки, расположенные в оконечностях судна, слабо вовлекаются в совместные деформации с корпусом, не участвуя в общей прочности [8].

Во время эксплуатации судна на узлы соединения (УС) в стенах коротких надстроек с металлическим комингсом возникают напряжения в результате воздействия следующих нагрузок (рис. 2):

1 — статическая нагрузка (P), обусловленная весом надстройки и всех элементов, находящихся в ней (оборудование, устройства, снабжение и т. д.);

2 — циклическая нагрузка (PW) от динамического воздействия ветровой нагрузки на надстройку судна, которое имеет место при порывистом ветре или при шторме;

3 — инерционные силы (PY), возникающие в результате динамического движения судна (качки) со стороны верхних ярусов надстроек и расположенных на них элементов.

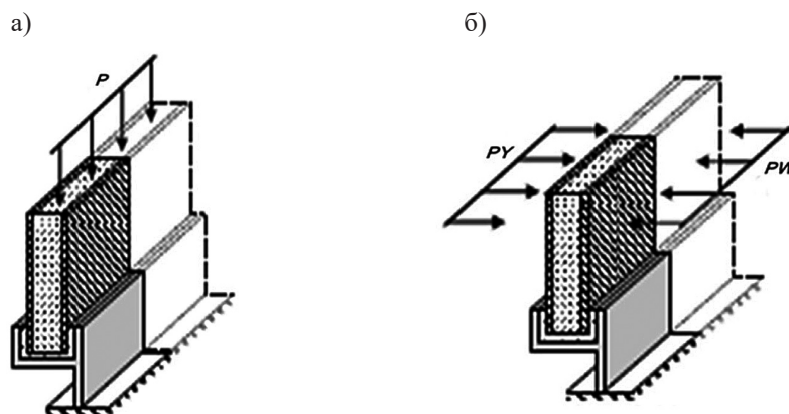


Рис. 2. Силы действующие на узел соединения
судовой надстройки с основным корпусом:
а — действие сил тяжести надстройки;
б — действие ветровой нагрузки и инерционных сил

Учитывая, что для морских судов с достаточно большим отношением длины к ширине ($\frac{L}{B} > 5$) углы деферента в процессе качки не превышают $3-4^\circ$, а угол крена даже в условиях не очень суровой бортовой качки может достигать значение 20° (известны случаи, когда они доходили до 50° и более [9]), справедливо считать, что влияние килевой качки на УС по сравнению с бортовой очень малое. Исходя из этого анализ действующих нагрузок представляется только при бортовой качке следующими формулами [10]:

$$P_Z = P \left[1,16 \sin \theta_0 + \left(\frac{4\theta_0}{T_1^2} \right) |Z| \right]; \quad (1)$$

$$P_Y = P \left[1,16 \cos \theta_0 + \left(\frac{4\theta_0}{T_1^2} \right) |Y| \right], \quad (2)$$

где P — вес надстройки и расположенные в ней оборудования;

Y, Z — координаты центра тяжести надстройки относительно центра тяжести ЦТ судна;

θ_0 — наибольший расчетный угол крена при бортовой качке, определяемый методами теории корабля;

T_1 — период бортовой качки.

При расчете надстроек и рубок нагрузку от давления ветра вычисляют для участков боковых стенок по формуле

$$P_w = p_w S_{XZ} \cos^2 \theta_0, \quad (3)$$

где p_w — минимальное значение расчетных нагрузок, действующих на борта и палубы надстроек, а также на рубки (согласно Правилам РС, принимаем $\sum p_w = 2$ кПа ;

S_{XZ} — площадь рассматриваемого участка боковой стенки, m^2 .

Описание установки. Для изучения долговечности ПКМ, используемых при изготовлении судовых надстроек, установленных на палубах судов с металлическими корпусами, спроектирована и изготовлена экспериментальная установка, приведенная на рис. 3. Данная установка позволяет определить долговечность ПКМ в нижнем поясе надстройки при разных видах соединениях с учетом следующих факторов: веса надстройки, ветровой нагрузки и бортовой качки судна.



Рис. 3. Установка для испытаний долговечности ПКМ

Установка конструктивно состоит из трех функционально соединенных между собой механизмов, создающих напряжение на испытуемый образец: кулисного механизма, механизма качки и механизма статического нагружения (рис. 4). Все элементы установки, изготовленные из углеродистой конструкционной стали, установлены на металлической раме 1 с амортизационными опорами 2 для минимизации уровня нежелательной вибрации в результате работы установки.

Механизм, предназначенный для моделирования бортовой качки судна, обеспечивает симметричное колебательное движение платформы 3 в зависимости от выбранного угла крена θ . В состав данного механизма входят следующие элементы: нижний асинхронный электродвигатель 4; клиноременная передача, состоящая из ведущего шкива 5, ремня 6 и ведомого шкива 7, предназначенного для уравнивания инерционных сил, возникающих в результате качки платформы 3; балансирующая ось 8; диск механизма качки 9, имеющий отверстия, расположенные на разных расстояниях от его центра для регулирования угла качки платформы 3; штанга 10 с установленными на ее концах сферическими подшипниками; кронштейн 11; платформа 3, симметрично качающаяся относительно оси 12, вращающаяся в сферических подшипниках качения 13, жестко закрепленных на стойках опор платформы 14 к боковой стороне рамы 1.

Кулисный механизм создает симметричное колебательное движение испытуемого образца 14, моделируя циклическую нагрузку ветра, действующего на стены надстройки. В конструкцию данного механизма входят: верхний асинхронный электродвигатель 15, жестко закрепленный на стойках 16; приводной диск 17, имеющий отверстия, расположенные на разных расстояниях от его центра для регулирования амплитуд колебательного движения испытуемого образца; ролик приводного диска 18; кулиса 19, опирающаяся на радиальные подшипники (на рисунке не показаны) и закрепленная между кронштейнами 20, установленными на платформе 3; толкатель 21 в виде двух коротких стальных балок, прикрепленных к верхней части кулисы 19; подвижный захват в виде двух резиновых роликов 22, закрепленных на конце толкателя и прижимающихся к поверхности плоского испытуемого образца, закрепленного с нижней стороны в неподвижном захвате 23, состоящем из прижимающего болта и двух направляющих планки.

Механизм статического нагружения создает сжимающую нагрузку на испытуемый образец, моделируя влияние массы надстройки и расположенных в ней элементов. Этот механизм представляет собой металлический трос 24 диаметром 3 мм, пропущенный в верхней части испытуемого образца 14 через два ролика 25 так, чтобы он не касался самого образца. В нижней части испытуемого

образца механизм закреплен зажимными элементами (на чертеже не показаны) с одной стороны неподвижного захвата 23 и проходит через два направляющих ролика 26. Для регулирования сжимающей силы трос соединяется с динамометром 27 и талрепом 28, фиксированным на платформе. Для создания инерционных сил в верхней части образца закреплены грузы 29 с помощью гайки и резьбовой шпильки (на чертеже не показаны), проходящей через сквозное отверстие образца.

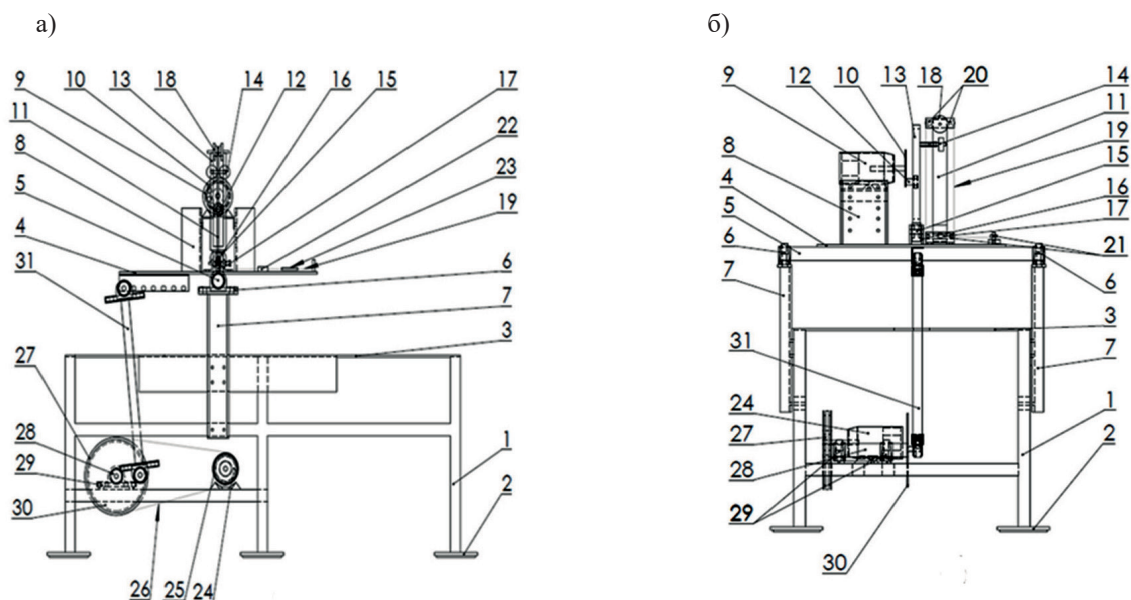


Рис. 4. Конструкция экспериментальной установки:
а — вид спереди; б — вид сбоку

В конструкцию установки входят два счетчика циклов, состоящих из постоянного магнита и герметичного контакта, электрически соединенного с электронным счетчиком циклов, необходимого для подсчета количества циклов до разрушения соединения. Один счетчик установлен для определения количества циклов колебательного движения кулисы 19, а другой для определения количества циклов колебательного движения платформы 3. Частота возбуждающей нагрузки, т. е. частота колебательного движения кулисы, регулируется изменением скорости вращения вала верхнего асинхронного двигателя при помощи первого преобразователя частот. Также регулировка периода качки платформы выполняется изменением скорости вращения вала нижнего асинхронного двигателя при помощи второго преобразователя частот.

Принцип работы установки. Испытуемый образец 14, состоящий из двух частей, соединенных между собой разными методами, устанавливают на платформе 3. При этом жестко закрепляют его нижнюю часть в неподвижном захвате 19, а верхнюю часть испытуемого образца закрепляют в подвижном захвате 22. Перед началом работы установки в верхней части испытуемого образца 14 симметрично закрепляют грузы 29 с помощью гайки и резьбовой шпильки, фиксируя сжимающую силу в тросе динамометром 27 и талрепом 28. Затем регулируют амплитуду колебательного движения кулисы 19 выбором соответствующего отверстия на приводном диске 17. Аналогичным образом регулируют амплитуду колебательного движения платформы 4 закреплением нижнего сферического подшипника штанги 28 в нужном отверстии, расположенном на диске механизма качки 27 и верхнего сферического подшипника штанги 28 в нужном отверстии, расположенном по длине кронштейна 30. Одновременно запускают верхний и нижний электродвигатели с соотношением фаз между колебательными движениями кулисы и платформы, регулируемым выбором частот движений обоих электродвигателей. При работе верхнего электродвигателя 8 диск 11 начинает вращаться, передавая колебательное движение испытуемому образцу 18 через кулисный механизм, включающий в свою конструкцию ролик диска 12, кулису 19, толкатель 16 и два резиновых ролика 17. Нижний электродвигатель приводит в движение маленький шкив 22, который передает

вращательное движение балансирующему шкиву 23 ременной передачей 24. Балансирующая ось 25, закрепленная в опорах, вращается с диском механизма качки 27, в результате чего штанга 28 начинает выполнять вращательно-поступательное движение, обеспечивая тем самым колебательное движение платформы 4, соединенной с верхней частью штанги кронштейном 30 и сферическим подшипником 29. До разрушения соединения испытуемого образца фиксируется количество циклов с помощью двух счетчиков циклов. Регулировка частот вращения обоих электродвигателей (верхний и нижний) выполняется с помощью внешних блоков преобразователей частоты вращения двигателей.

Заключение

Представленная в данной статье запатентованная установка [10] позволяет проводить испытания с целью определения долговечности способов закрепления образцов, изготовленных из ПКМ со стальным захватом, расположенным на горизонтальной платформе установки. Результаты проведенных исследований позволяют применять решение о выборе способа соединения судовых надстроек, изготовленных из ПКМ со стальным корпусом судна, в зависимости от условий эксплуатации. Следует отметить, что на данной установке можно провести исследования как при бортовой, так и при килевой качке, отличие при этом состоит только в значениях углов наклона, где, как известно, угол дифферента не превышает 10° . Также величины действующих нагрузок на испытуемых образцах можно менять как в большую, так и в меньшую сторону в зависимости от цели и условия исследования. Результаты данного исследования представлены в качестве научных трудов в ряде научных журналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mouritz A. P. Review of advanced composite structures for naval ships and submarines / A. P. Mouritz, E. Gellert, P. Burchill, K. Challis // *Composite structures*. — 2001. — Vol. 53. — Is. 1. — Pp. 21–42. DOI: 10.1016/S0263-8223(00)00175-6.
2. Hertzberg T. LASS, Lightweight construction applications at sea. SP Report 2009:13 / T. Hertzberg. — Borås: SP Technical Research Institute of Sweden, 2009. — 221 p.
3. Håkansson M. Cost and weight of composite ship structures: A parametric study based on Det Norske Veritas rules / M. Håkansson, E. Johnson, J. W. Ringsberg // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. — 2018. — Vol. 232. — Is. 3. — Pp. 331–350. DOI: 10.1177/1475090217693419.
4. Tawfik B. Weight reduction and strengthening of marine hatch covers by using composite materials / B. Tawfik, H. Lehta, A. Elhewy, T. Elsayed // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. — 2017. — Vol. 9. — Is. 2. — Pp. 185–198. DOI: 10.1016/j.ijnaoe.2016.09.005.
5. Правила классификации и постройки морских судов. — СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2018. — Ч. XVI. — 32 с.
6. Кутейников М. А. Разработка новых правил по конструкции и прочности морских судов из полимерных композиционных материалов / М. А. Кутейников, С. М. Кордонец, Н. Н. Федонюк // Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства. — 2017. — № 46–47. — С. 64–71.
7. Алсаид М. Экономическая эффективность при изготовлении надстроек судов из композиционных материалов / М. Алсаид, А. Саламех // Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции в рамках программы проведения торжественных мероприятий, посвященных празднованию 100-летия Астраханского речного училища. — 2018. — С. 132–135.
8. Дектярев А. В. Обоснование проектных характеристик надстроек на ранних стадиях проектирования средних рыболовных судов / А. В. Дектярев [и др.] // *Известия КГТУ*. — 2019. — № 54. — С. 154–165.
9. France W. N. An investigation of head-sea parametric rolling and its influence on container lashing systems / W. N. France, M. Levadou, T. W. Treake, J. R. Paulling, R. K. Michel, C. Moore // *Marine Technology and SNAME news*. — 2003. — Vol. 40. — Is. 01. — Pp. 1–19. DOI: 10.5957/mtl.2003.40.1.1.
10. Пат. 205463 РФ, МПК В63В 79/30. Установка для испытаний соединений судовых корпусных конструкций на циклическую долговечность / Али Саламех, Мазен Алсаид, В. А. Чанчиков, В. А. Петровский; заяв. и патентообл. Али Саламех, Мазен Алсаид. — № 2020139513; заявл. 01.12.2020; опубл. 15.07.2021, Бюл. № 20. — 9 с.

REFERENCES

1. Mouritz, A. P., E. Gellert, P. Burchill, and K. Challis. "Review of advanced composite structures for naval ships and submarines." *Composite structures* 53.1 (2001): 21–42. DOI: 10.1016/S0263-8223(00)00175-6.
2. Hertzberg, Tommy. *LASS, Lightweight construction applications at sea*. SP Report 2009:13. Boras: SP Technical Research Institute of Sweden, 2009.
3. Håkansson, Måns, Erland Johnson, and Jonas W. Ringsberg. "Cost and weight of composite ship structures: A parametric study based on Det Norske Veritas rules." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment* 232.3 (2018): 331–350. DOI: 10.1177/1475090217693419.
4. Tawfik, B., H. Leheta, A. Elhewy, and T. Elsayed. "Weight reduction and strengthening of marine hatch covers by using composite materials." *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering* 9.2 (2017): 185–198. DOI: 10.1016/j.ijnaoe.2016.09.005.
5. *Pravila klassifikatsii i postroiki morskikh sudov*. Ch. XVI. SPb.: Rossiiskii morskoi registr sudokhodstva, 2018.
6. Kuteynikov, M.A., S. M. Kordonets, and N. N. Fedonyuk. "Razrabotka novykh pravil po konstruktсии i prochnosti morskikh sudov iz polimernykh kompozitsionnykh materialov." *Nauchno-tehnicheskiiy sbornik rossiyskogo morskogo registra sudokhodstva* 46–47 (2017): 64–71.
7. Alsaïd, Mazen., and A. Salamekh. "Ekonomicheskaya effektivnost' pri izgotovlenii nadstroek sudov iz kompozitsionnykh materialov." *Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskiiy konferentsii v ramkakh programmy provedeniya torzhestvennykh meropriyatiy, posvyashchennykh prazdnovaniyu 100-letiya Astrakhanskogo rechnogo uchilishcha*. 2018. 132–135.
8. Dektyarev, A. V., S. V. Dyatchenko, V. A. Korobchinsky, and V. N. Morozov. "Justification of project characteristics of supplements at early stages of designing medium fishing vessels." *Izvestiya KGTU* 54 (2019): 154–165.
9. France, William N., Marc Levadou, Thomas W. Treacle, J. Randolph Paulling, R. Keith Michel, and Colin Moore. "An investigation of head-sea parametric rolling and its influence on container lashing systems." *Marine Technology and SNAME news* 40.01 (2003): 1–19. DOI: 10.5957/mtl.2003.40.1.1
10. Salameh, Ali, Mazen Alsaïd, V. A. Chanchikov, and V. A. Petrovsky. RU 205 463, IPC B63B 79/30. Installation for testing joints of ship hull structures for cyclic durability. Russian Federation assignee. Publ. 15 July 2021.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Саламех Али —

кандидат технических наук, доцент
Каспийский институт морского и речного
транспорта им. ген.-адм. Ф. М. Апраксина —
филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
414000, Российская Федерация, Астрахань,
ул. Никольская, 6
e-mail: a.salameh@mail.ru

Алсаид Мазен — аспирант

Научный руководитель:

Саламех Али
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет»
414056, Российская Федерация, Астрахань,
ул. Татищева, 16
e-mail: mazenal60@yahoo.com

Петровский Валерий Александрович —

старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет»
414056, Российская Федерация, Астрахань,
ул. Татищева, 16
e-mail: v_a_petrovsky@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Salamekh, Ali —

PhD, associate professor
Caspian Institute of Sea and River Transport —
the affiliation of Volga State University
of Water Transport
6 Nikolskaya Str., Astrakhan, 414000,
Russian Federation
e-mail: a.salameh@mail.ru

Alsaïd, Mazen — Postgraduate

Supervisor:

Salamekh, Ali
Astrakhan State
Technical University
16 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056,
Russian Federation
e-mail: mazenal60@yahoo.com

Petrovsky, Valeri A. —

Senior Lecturer
Astrakhan State
Technical University
16 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056,
Russian Federation
e-mail: v_a_petrovsky@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16 февраля 2022 г.
Received: February 16, 2022.