



ISSN 2223-7097

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА

СУДА ДВОЙНОГО ДЕЙСТВИЯ
РАЗВИТИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПРАВИЛ РС 47

РУЛЕВЫЕ УСТРОЙСТВА МОРСКИХ СУДОВ
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ПРАВИЛ РС И УТ МАКО S10 57

МАТЕРИАЛЫ И СВАРКА
ТРЕХСЛОЙНЫЕ ПАНЕЛИ ДЛЯ РЕМОНТА СУДОВ 73

№ 52/53
декабрь
2018



МАТЕРИАЛЫ И СВАРКА

УДК 629.5:656.6

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ СУДОВ С КЛАССОМ РС

А.А. Петров, АО «ЦНИИМФ», Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 271-12-67, e-mail: Petrov25@cniimf.ru

М.Д. Емельянов, канд. техн. наук, АО «ЦНИИМФ», Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 251-53-48,
e-mail: EmelyanovMD@cniimf.ru

Е.В. Баскакова, ФАУ «Российский морской регистр судоходства», Санкт-Петербург,
тел.: +7 (812) 605-05-59, e-mail: baskakova.ev@rs-class.org

В работе рассмотрена технология ремонта корпусных конструкций с помощью трехслойных панелей (ТП), ее основные преимущества по отношению к традиционным методам ремонта, ключевые вопросы обеспечения надежности конструкций, отремонтированных с помощью ТП, а также возможность применения технологии на судах с классом РС. Приведены основные положения Стандарта организации, позволяющего адаптировать эту технологию под требования действующих Правил РС и накопить необходимую статистическую информацию о работоспособности конструкций ТП. Сделан вывод о необходимости соответствующего научно-технического сопровождения ремонта и последующего наблюдения за судами на этапе опытной апробации технологии, созданы предпосылки для расширения соответствующей теоретической и экспериментальной базы.

Ключевые слова: трехслойные панели, сэндвич-панели, SPS, композитные материалы, судоремонт

APPLICATION OF THE SANDWICH PLATE SYSTEM FOR REPAIR OF RS-CLASSED SHIPS

A.A. Petrov, JSC "CNIIMF", St. Petersburg, tel.: +7 (812) 271-12-67, e-mail: Petrov25@cniimf.ru

M.D. Emelyanov, PhD, JSC "CNIIMF", St. Petersburg, tel.: +7 (812) 251-53-48,
e-mail: EmelyanovMD@cniimf.ru

E.V. Baskakova, FAI "Russian Maritime Register of Shipping", St. Petersburg, tel.: + 7 (812) 605-05-59,
e-mail: baskakova.ev@rs-class.org

The article describes the technology of repair of hull structures with the Sandwich Plate System (SPS), its principal advantages in comparison with traditional methods of repair, key issues of ensuring the reliability of structures repaired using this technology, as well as the possibility of its application on ships with RS class. The authors have presented the main provisions of the Organization Standard allowing to adapt this technology to the current RS Rules requirements and to accumulate the necessary statistical information on the operability of SPS structures. The article has also revealed the need for appropriate scientific and technical support for repairing procedures and subsequent monitoring of ships at the stage of pilot testing of the technology, while laying the groundwork for expanding the corresponding theoretical and experimental base.

Keywords: Sandwich Plate System, SPS, composite materials, ship repair

ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью развития современной технологии судостроения и судоремонта является все более широкое применение композитных материалов. Однако технологический прогресс отрасли в некоторых случаях опережает соответствующее нормативное обеспечение. Один из примеров такой тенденции – применение технологии трехслойных панелей (SPS – Sandwich Plate System) при ремонте судов под наблюдением РС. Несмотря на то, что данная технология достаточно давно используется в практике зарубежных классификационных обществ [1, 2] и в отдельных случаях имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами ремонта корпусных конструкций, ее применение не регламентировано действующими Правилами РС. В этой связи рассматриваемая тема достаточно актуальна. В качестве первого шага в этом направлении в АО «ЦНИИМФ» была выполнена соответствующая научно-исследовательская работа [3], по результатам которой был разработан и согласован с РС Стандарт организации СТО ЯКУТ.25.01-2018 «Техническое обоснование применения трехслойных панелей при ремонте корпусов морских судов» [4]. Ниже приводится более подробное описание технологии SPS, а также основные положения вышеуказанного СТО.

1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SPS И АКТУАЛЬНОСТЬ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Технология SPS заключается в изготовлении и установке композитных трехслойных панелей (ТП) на существующих корпусных конструкциях¹, преимущественно листовых (палубы, платформы, переборки). Как следует из названия, ТП состоит из трех слоев — двух стальных листов, соединенных между собой полиуретановым эластомерным материалом, образующим промежуточный слой ТП (рис. 1 — 2).

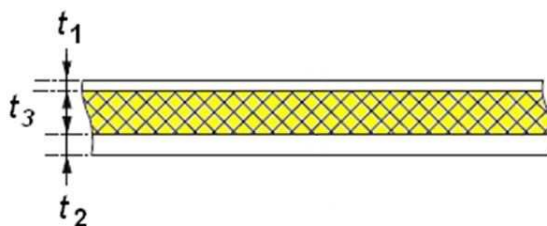


Рис. 1 Общий вид ТП, где t_1 , t_2 и t_3 — толщины² нового листа, листа, подлежащего ремонту и слоя заполнителя соответственно

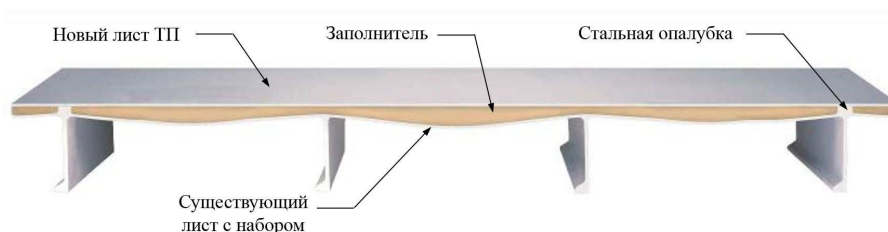


Рис. 2 Типовая схема создания ТП на существующей листовой конструкции

¹В зарубежной практике SPS используется как для ремонта изношенных корпусных конструкций, так и для создания отдельных новых конструктивных элементов, в том числе при постройке нового судна, однако рассмотрение технологии SPS с точки зрения альтернативы традиционным технологиям постройки судов на данный момент представляется преждевременным, ввиду отсутствия положительного опыта использования SPS на судах с классом РС, а также соответствующей научно-экспериментальной базы.

²Здесь и далее обозначения приняты в соответствии с [4].

В общем случае, процесс создания ТП включает в себя следующие этапы [5]:

- подготовка и очистка поверхности ремонтируемой конструкции;
- приварка стальной опалубки, устанавливаемой в одной плоскости с существующим набором;
- установка разделителей, позволяющих выдержать заданное расстояние между существующим и новым листами ТП;
- установка нового листа, приварка листа по периметру к опалубке;
- установка временных прижимных балок, препятствующих вспучиванию верхнего листа при заливке заполнителя;
- добавление заполнителя;
- заваривание отверстий, герметизация конструкции;
- проверка и устранение дефектов.

Главным преимуществом данной технологии по отношению к традиционным методам ремонта является сокращение времени корпусных ремонтных работ, обусловленное, прежде всего, исключением сопутствующих работ по демонтажу/монтажу примыкающих к ремонтируемым конструкциям систем, коммуникаций, обшивки изоляции и т.д., что крайне актуально для научно-исследовательских, рефрижераторных и других судов, имеющих подобные конструктивно-технические особенности. Безусловно, с экономической точки зрения, при прямом сравнении с традиционной заменой металла выгода технологии SPS не очевидна, однако если учитывать сроки и стоимость сопутствующих работ, а также время простоя судна в доке, то применение ТП сокращает расходы на ремонт листовых конструкций в полтора — два раза.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ СТО ЯКУТ.25-01.2018. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДОКУМЕНТА

Как было сказано выше, применение технологии SPS не регламентировано Правилами РС, поэтому главной целью разработки [4] было создание инструмента, позволяющего в рамках опытной апробации применить хорошо зарекомендовавшую¹ себя технологию на судах с классом РС для ее последующего внедрения в практику. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- разработка методики определения требуемых характеристик элементов ТП, обеспечивающей установленный Правилами РС уровень безопасности;
- адаптация существующей технологии выполнения ремонта под действующие нормативные документы РС;
- разработка критериев для оценки технического состояния участков конструкций, отремонтированных с помощью ТП; составление рекомендаций по устранению выявленных дефектов;
- создание инструкции по плановому мониторингу работоспособности отремонтированных конструкций, в том числе с указаниями по сбору, обработке и хранению информации.

Приведем краткие результаты решения описанных выше задач.

2.1. Определение требуемых характеристик элементов ТП

Поскольку одна из задач SPS – продление срока эксплуатации существующей конструкции, износ которой приближается или превышает нормативное значение, прежде чем назначать размеры новых элементов ТП необходимо определить новые допускаемые остаточные толщины ремонтируемой конструкции, принимая во внимание ее будущую трансформацию в ТП. В действующих Правилах классификационных освидетельствований судов в эксплуатации РС [6], допускаемые остаточные толщины листовых элементов определяются в долях от требуемых, минимальных и построечных значений. Этот же подход было предложено сохранить в данном случае, при этом выбрав в качестве нормативного не максимальное, а минимальное из трех значений соответствующих толщин:

$$[t_2]^{\text{общ}} = \min\{m^1 t_{\text{треб}}; m_2 t_{\text{мин}}; m_3 t_0\} \quad (1)$$

где $[t_2]^{\text{общ}}$ – допускаемая остаточная толщина ремонтируемого листа по условию общего износа, мм;
 $t_{\text{треб}}$ – толщина листа, требуемая действующими Правилами РС применительно к ремонтируемой конструкции без надбавки на коррозию и без учета требований к минимальной толщине, мм;

¹За 2001-2018 гг. только один из производителей SPS выполнил более 500 проектов с общей площадью отремонтированных конструкций более 300 000 м², имеется несколько десятков писем с положительными отзывами судовладельцев.

$t_{\min}$ – минимальная толщина листа, определяемая в соответствующих главах Правил РС применительно к ремонтируемой конструкции, мм;
 t_0 – построечная толщина листа, подлежащего ремонту, мм;
 m_1, m_2 – определяются по табл. 4.2.2.1-1 приложения 2 к [6];
 $m_3 = 0,5$ – для судов, построенных по Правилам РС, киль которых заложен ранее 1 октября 1990 г.;
 $m_3 = 0,7$ – для остальных судов.

Исходя из опыта АО «ЦНИИМФ», ежегодно разрабатывающего нормативы допускаемых остаточных толщин конструкций корпуса для 2 — 5 судов, определяющим в выражении (1) является критерий, т.е. критерий местной прочности. Учитывая, что ремонт с помощью SPS носит, преимущественно, локальный характер, для целей данной работы такой подход следует считать оправданным.

На первых этапах внедрения технологии SPS требуемую толщину нового (верхнего) листа ТП было предложено определять так же, как толщину листа ремонтируемой конструкции — согласно применимым главам части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов РС [7]. При этом, учитывая, что конструкция ТП является герметичной, и стальные листы контактируют с внешней средой только с одной, внешней стороны, представляется вполне допустимым в расчетах использовать половину надбавки на коррозионный износ. Несмотря на последнее обстоятельство, очевидно, что описанный выше расчетный метод в целом приводит к чрезмерному запасу прочности и утяжелению конструкции, поскольку ремонтируемый лист в известной степени сохраняет свою несущую способность, однако такое допущение в безопасную сторону представляется вполне обоснованным в рамках опытной апробации технологии SPS. Впоследствии, при корректировке [4] и разработке новых нормативных документов РС, касающихся SPS, в данное положение можно будет внести соответствующие уточнения, приняв во внимание экспериментальные и/или статистические данные.

Это же относится и к способу определения толщины слоя заполнителя – в действующей редакции [4] дается только диапазон толщин $t_3 = 15 — 100$ мм, принятый согласно [1, 2]. Поскольку назначение толщины слоя заполнителя производится на основании инженерного опыта изготовителя ТП, в [4] предусмотрена проверка прочности ТП, в результате которой, при необходимости, методом последовательных приближений может быть подобрано требуемое значение. В основе алгоритма проверки лежит теория составных стержней и пластин А.Р. Ржаницина [8], суть такой проверки заключается в сравнении эквивалентного момента сопротивления балки-полоски ТП W_3 , мм², приходящегося на единицу ширины, с аналогичной характеристикой мононастила W_0 , мм², с построечной толщиной листа:

$$W_3 \geq W_0 \quad (2)$$

Если условие (2) выполняется, то прочность ТП считается обеспеченной. Величины эквивалентных моментов сопротивления определяются следующим образом:

$$W_0 = t_0^2/6 \quad (3)$$

$$W_3 = [A/t_1 + (1 - Ah)t_1/2\Sigma I]^{-1} \quad (4)$$

где: $A = \frac{k_G h}{\lambda_2 E \Sigma I_i} (1 - 2/\lambda D);$

$$k_G = ((t_1 + t_2)/G + t_3/G_3)^{-1};$$

$$h = 0,5(t_1 + t_2) + t_3;$$

$$\lambda = \sqrt{k_G \gamma};$$

$$\gamma = 1/E_1 + 1/E_2 + h^2/E \Sigma I;$$

$$t_1, t_2, t_3 - \text{см. рис. 1};$$

$$l - \text{расстояние между балками основного набора, мм};$$

$$G \text{ и } G_3 - \text{модули сдвига материала листов ТП и материала заполнителя соответственно, МПа};$$

$$E - \text{модуль упругости материала листов ТП, МПа};$$

$$\Sigma I - \text{сумма моментов инерции балок-полосок нового листа и листа, подлежащего ремонту, мм}^3, \text{ определяемая как:}$$

$$\Sigma I = \frac{1}{12} [t_1^3 + t_1^3] \quad (5)$$

2.2. Технология выполнения ремонта

Предварительная подготовка к ремонту включает в себя удаление со стальной поверхности всех закрепленных деталей, за исключением стационарных средств крепления грузов (ССКГ). Новый лист ТП должен иметь такую форму, которая не будет препятствовать нормальному функционированию ССКГ (рис. 3).

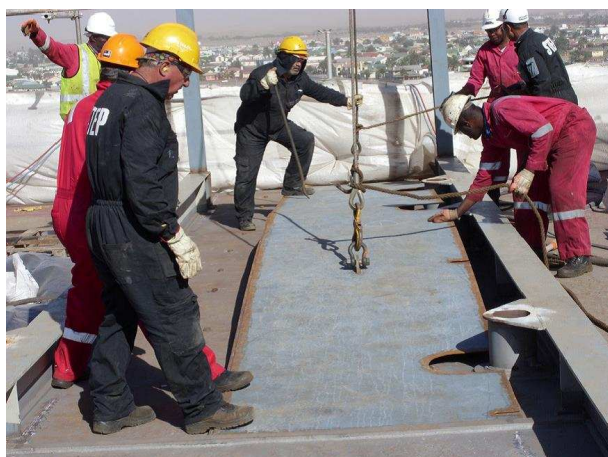


Рис. 3 Монтаж нового листа ТП на палубе, имеющей ССКГ

Очистка стальных поверхностей от защитных покрытий, ржавчины и обрастаний выполняется абразивно-струйным методом. Оценка чистоты подготовленной поверхности должна выполняться по ISO 8501-1 или аналогичному международному или национальному стандарту (например ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014). Величина шероховатости поверхности ремонтируемого листа должна быть не менее 60 мкм. Если после очистки поверхности обнаружены дефекты (микротрещины, отверстия), они должны быть устранены в соответствии с 5.4 приложения 2 к [6].

После подготовки поверхности на лист, подлежащий ремонту, приваривается стальная опалубка, являющаяся опорой для нового листа. Стальная опалубка должна быть установлена в одной плоскости с основным элементом существующего набора, чтобы создать жесткую связь между новым листом ТП и существующим набором. При этом по

длине судна стальная опалубка должна, как минимум опираться на две рамные поперечные связи. При такой компоновке каждый лист в отдельности будет жестко связан с набором корпуса судна, а все новые листы, сваренные между собой, можно будет считать непрерывной продольной связью. В таком случае, новые листы ТП будут эффективно участвовать в общем изгибе судна.

Затем, в соответствии с инструкцией изготовителя, к стальной опалубке привариваются новые листы ТП, отстоящие от ремонтируемых листов на величину t_3 , новые листы ТП прижимаются прессующими балками, а в пространство между листами под давлением 60 – 240 бар закачивается заполнитель. После его отверждения все монтажные и технологические отверстия завариваются и выполняется проверка качества заполнителя посредством акустического контроля. В случае обнаружения участков с дефектами – полостями в ТП – их размеры сравниваются с максимально допустимыми значениями (см. табл. 1).

Таблица 1

Максимально допустимые значения дефектов заполнителя, мм

Категория стали	Предел текучести, МПа	Толщина листа, мм / максимальный линейный размер полости, мм					
		3	4	5	6	8	10
A, B, D, E	235	166	222	277	333	444	554
A32, D32, E32, F32	315	144	192	239	287	383	479
A36, D36, E36, F36	355	135	180	226	271	361	451
A40, D40, E40, F40	390	129	172	215	258	344	430
Рекомендуемое максимальное значение размера дефекта заполнителя, мм		125	175	200	250	300	400

В случае, если максимальный линейный размер полости больше рекомендуемого значения, но меньше допускаемого, решение о необходимости его устранения остается на усмотрение инспектора Регистра, в зависимости от количества таких дефектов, их расположения и прочих условий, если же размер полости превосходит максимально допустимое значение, такой дефект должен быть устранен посредством демонтажа и повторного монтажа участка ТП (рис. 4).

2.3. Оценка технического состояния

Допускаемые остаточные толщины ремонтируемых листов определяются на этапе предварительной проработки возможности применения ТП согласно (1). Поскольку толщины нового листа ТП в действующей редакции [4] определяются в соответствии с [7], значения допускаемых остаточных толщин этих листов должны так же определяться по действующим Правилам [6].

Отдельным вопросом, требующим особого внимания, является учет конструкций ТП в расчете фактических характеристик поперечного сечения корпуса. В действующей редакции [4] участие слоя заполнителя в общем изгибе корпуса не учитывается, поскольку на сегодняшний день в распоряжении



Рис. 4 Устранение дефектов ТП. Слева направо: демонтаж верхнего листа ТП и заполнителя; подготовка кромок и установка опорных полос; монтаж нового верхнего листа ТП

АО «ЦНИИМФ» отсутствуют достоверные статистические и экспериментальные данные, позволяющие дать количественную оценку его влияния на общую прочность корпуса. Поэтому на первом этапе внедрения технологии SPS было предложено включать в состав эквивалентного бруса следующие элементы ТП:

- фактические толщины нового листа, и листа, подлежащего ремонту, а также фактические характеристики элементов существующего набора – если стальная опалубка в процессе ремонта была установлена в одной плоскости с основным элементом существующего продольного набора и опирается, по меньшей мере на два основных элемента поперечного набора;
- фактические толщины листа, подлежащего ремонту, и фактические характеристики элементов существующего набора – в остальных случаях.

2.4. Мониторинг работоспособности конструкций, отремонтированных с помощью ТП

В целях сбора статистических данных о работоспособности конструкций ТП и дальнейшего внедрения технологии SPS в практику Регистра, такие конструкции должны быть выделены из общего процесса освидетельствования корпуса. В соответствии с [4] для каждого судна, ремонтируемого с помощью SPS, проектной организацией разрабатывается инструкция по плановому мониторингу, включающая периодичность и объемы замеров остаточных толщин, методику выявления и устранения дефектов стальных листов и заполнителя ТП, а также рекомендации по хранению и систематизации результатов мониторинга.

Замеры остаточных толщин и выявление дефектов конструкций, отремонтированных с помощью ТП, должны производиться при каждом очередном или промежуточном освидетельствовании фирмой, осуществляющей замеры толщин и признанной РС, в присутствии инспектора РС. Ввиду новизны технологии, с точки зрения технического наблюдения за конструкциями ТП в эксплуатации, рекомендуется выполнение этих мероприятий также и при ежегодном освидетельствовании. Во время всех освидетельствований, в рамках которых требуются замеры остаточных толщин конструкций с ТП, включая очередное освидетельствование, следующее за освидетельствованием, во время которого был выполнен ремонт с применением SPS, число замеров – не менее семи на каждом листе, отремонтированном по рассматриваемой технологии (рис. 5).

После выполнения оценки технического состояния конструкций, отремонтированных с помощью ТП, результаты мониторинга должны быть незамедлительно переданы в электронном виде (в формате «PDF» и/или, если применимо, в формате «XLS»/«XLSX») следующим заинтересованным сторонам:

- Российскому морскому регистру судоходства;
- предприятию-изготовителю ТП;
- проектной организации, имеющей признание

РС и право выполнения технического сопровождения ремонта в соответствии с [4].

Результаты мониторинга должны содержать заключение о возможности дальнейшей эксплуатации конструкции с учетом мнения предприятия-изготовителя ТП и проектной организации и быть представлены инспектору РС до завершения освидетельствования судна.

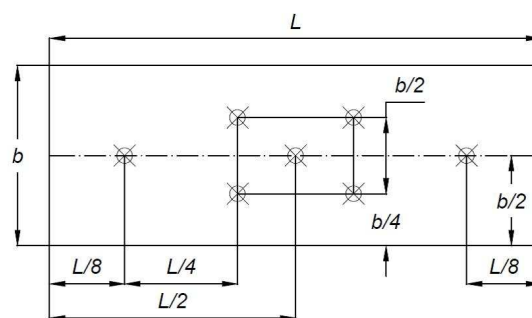


Рис. 5 Схема измерения остаточных толщин листа по семи точкам

3. ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ SPS НА СУДНЕ С КЛАССОМ РС

В январе 2018 года на судоремонтном заводе (СПЗ) Tallinn Shipyard BLRT Group в процессе освидетельствования НИС «Бавенит», РС № 853109, были выявлены многочисленные участки с дефектами настилов главной палубы и палубы надстройки. Однако, ввиду конструктивно-технических особенностей судна (научно-исследовательское буровое судно), замена настилов этих палуб традиционным методом, с учетом дополнительных сопутствующих работ, по предварительным оценкам заняла бы более 6 месяцев, что являлось недопустимым для судовладельца. Ремонт с помощью SPS сокращал эти сроки до 2 месяцев. В соответствии с [4] специалистами АО «ЦНИИМФ» при участии представителей СПЗ было разработано «Расчетное обоснование применения технологии трехслойных панелей при ремонте палуб т/х «Бавенит», согласно которому под наблюдением представительства РС в Эстонии был выполнен соответствующий ремонт в приемлемые сроки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология SPS – достаточно эффективный метод продления срока службы корпусных конструкций с высокой скоростью ремонта и необходимым уровнем надежности. Результаты настоящей работы показали, что технологию SPS, используемую за рубежом с начала 2000-х годов, при должном научно-техническом сопровождении можно успешно применять и в практике ремонта судов под наблюдением РС, для чего был разработан Стандарт [4]. Однако, ввиду ее новизны и отсутствия достаточного опыта наблюдения РС за судами, отремонтированными с помощью этой технологии, на первом этапе ее применение должно быть адекватно ограничено. Поэтому принципиальная возможность выполнения ремонта с помощью ТП должна определяться в каждом конкретном случае, в зависимости от типа и назначения судна, его фактического технического состояния, а также других факторов, влияющих на безопасность.

В действующей редакции [4] есть ряд допущений, которые приводят к излишнему запасу прочности новых конструкций ТП, что вполне обоснованно в рамках опытной апробации технологии SPS. В последующем, для ее внедрения в действующие нормативные документы Регистра и в практику, необходимо расширение теоретической и соответствующей экспериментальной базы, а также анализ статистических данных о работоспособности конструкций ТП. Последнее может быть реализовано за счет использования [4] при ремонте и последующих освидетельствованиях нескольких судов под наблюдением РС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Provisional Rules for the Application of Sandwich Panel Construction to Ship Structure. Lloyd's Register, 2015, 52 p.
2. Class Guideline for Steel Sandwich Panel Construction. DNV-GL, 2016, 60 p.
3. Оценка прочности судовых конструкций, отремонтированных с применением трехслойных панелей: отчет о НИР / АО «ЦНИИМФ», рук. темы Петров А.А. Инв. № 8643 (НТБ АО «ЦНИИМФ»). – СПб, АО «ЦНИИМФ», 2018. – 22 с.
4. СТО ЯКУТ.25.01–2018 «Техническое обоснование применения трехслойных панелей при ремонте корпусов морских судов». – СПб: АО «ЦНИИМФ», 2018. – 20 с.
5. SPS Overlay – Process. Презентационный видеоматериал. – (https://www.youtube.com/watch?time_continue=24&v=hMyI-JLvG8).
6. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации. – СПб: РМРС, 2018. – 462 с.
7. Правила классификации и постройки морских судов: в 17 ч. – СПб: РМРС, 2018. Ч. 2. Корпус. – 209 с.
8. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.

REFERENCES

1. Provisional Rules for the Application of Sandwich Panel Construction to Ship Structure. Lloyd's Register, 2015, 52 p.
2. Class Guideline for Steel Sandwich Panel Construction. DNV-GL, 2016, 60 p.
3. Otsenka prochnosti sudovykh konstruktсий, oremontirovannykh s primeneniem trekhslonnykh panelej: otchet o NIR / JSC "CNIIMF", ruk. temy Petrov A.A. Inv. № 8643 (NTB AO "CNIIMF") [Strength evaluation of ship structures repaired: R&D report JSC "CNIIMF"]. St. Petersburg, JSC "CNIIMF", 2018, 22 p.
4. STO YAKUT.25.01–2018 Tekhnicheskoe obosnovanie primeneniya trekhslonnykh panelej pri remonte korpusov morskikh sudov [STO YAKUT.25.01–2018 Technical evaluation of technological panels application during ship hull repair]. St. Petersburg, JSC "CNIIMF", 2018, 20 p.