СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ

№ 2
2016
март–апрель

ISSN 0039–4580

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Российское научно-техническое общество судостроителей им. академика А. Н. Крылова
Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области
Центр технологии судостроения и судоремонта

СУДОСТРОЕНИЕ

2•2016
(825) март–апрель

Издается с сентября 1898 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Александров М. В. — генеральный директор АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Александров В. Л. — президент НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова
Антоненко С. В. — профессор Дальневосточного федерального университета
Дорофеев В. Ю. — генеральный директор АО СПМБМ «Малахит»
Жарков Н. С. — генеральный директор ОАО «Завод «Красное Сормово»
Климовский С. Д. — ученый секретарь Центрального военно-морского музея
Клячко Л. М. — генеральный директор АО «ЦНИИ «Курс»
Никитин В. С. — генеральный директор ФГУП «Крыловский государственный научный центр»
Пешехонов В. Г. — генеральный директор АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»
Пялов В. Н. — генеральный конструктор АО «СПМБМ «Малахит»
Стругов Л. В. — первый вице-президент АО «Объединенная судостроительная корпорация»
Шаталов В. В. — генеральный директор АО «КБ «Вымпел»
Шляхтенко А. В. — генеральный директор АО «ЦМКБ «Алмаз»
Юхнин В. Е. — генеральный конструктор АО «Северное ПКБ» в1979–2012 гг.

ДИРЕКТОР РЕДАКЦИИ — ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Хаустов А. Н., тел. (812) 7860530, факс: (812) 7860459
e-mail: haustov@sstc.spb.ru

РЕДАКТОР
Афонин Н. Н., тел. (812) 7861609
e-mail: afonin@sstc.spb.ru

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
Васильев А. А., Веселков В. В., Гаврилюк Л. П., Герасимов Н. И., Гуткин Ю. М., Куклин О.С., Лямин П. Л., Михайлов В. С., Никитин В. А., Плотников А. М., Рыманов В. Ф., Суздалев И. В., Смирнов В. И.

АДРЕС РЕДАКЦИИ
Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7
e-mail: inbox@sstc.spb.ru
www.sstc.spb.ru/publications
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ
АО «ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА»
www.sstc.spb.ru

© Журнал «Судостроение», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Стратегия развития внутреннего водного транспорта России 3

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 5

110 лет подводному флоту России 10

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Спиридопуло В. И. Северное ПКБ — опережая время 12

Гурьянов К. В., Гурьянов С. К., Сагайдаков Ф. Р. Авианосцы нового поколения ВМС Великобритании 18

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Сазонов К. Е. Современные проблемы ходкости транспортных судов 23

Надо перевыпускать учебники 26

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Гужвенко И. Н., Чанчиков В. А., Свекольников С. А., Бурмистрова О. В. Пути повышения надежности судовых дизельных двигателей 27

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Пшеницын А. А., Некрасов В. А., Самохин В. С., Спиридонов А. Ю. Применение методов комплексного моделирования при решении гидродинамических задач 31

Хабаров А. А. Создание автономных подшипников скольжения для основных механизмов кораблей 33

Катанович А. А. Испытательное оборудование для имитации электромагнитной обстановки и оценки электромагнитной совместимости корабельных средств радиосвязи 35

Фомин А. П. О необходимости унификации быстросмыкающихся соединений систем пожаротушения 39

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Грабельников В. Ю., Евгенов В. Н., Добровенко С. В. Экспертиза специального раздела «Требования пожарной безопасности» при строительстве и ремонте кораблей и судов 42

Кипреев Е. В., Гаврилюк Л. П. Аттестация выработки истинного курса гироприбором на плаву 45

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ

Лелюхин В. Е., Колесникова О. В. Влияние качества информации о дефектации на эффективность управления и организацию работ в судоремонте 48

Хромов В. Н. О восстановлении деталей судовых дизелей термопластическим деформированием 50

СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Горохов М. С., Роннов Е. П., Павлов И. Ю. Исследование истираемости фибробетона 55

Алферов В. И., Рыжкин А. Е., Задумов А. В. Расчетная оценка теплофизических характеристик гибридных полимерных композитных материалов 58

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Амосов А. Г. Кораблестроитель А. И. Брандаус (62). **Никитин К. А.** Не стареют душой ветераны (65). **Афонин Н. Н.** Ледокол «Красин». Выставка к 100-летию со дня закладки (67). **Дерюгин С. В., Павлова А. С.** Выставка лодок, яхт и катеров в Хельсинки (70). ОИС «Евгений Горигледжан» (30). А. А. Катановичу — 75 лет! (36). Серия гидрографических катеров (41). Реконструкция судоспускового устройства (47). Поздравляем! (63)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Климовский С. Д. Пароходы Уайненсов и Российский флот 73

Колосов Е. Е. Плавательный костюм Леонардо да Винчи 79

SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

The A. N. Krylov Scientific and Technical Society of Shipbuilders
The Shipbuilders' Association of St. Petersburg and Leningrad Region
The Shipbuilding & Shiprepair Technology Center

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING

2•2016
(825) March–April

CONTENTS

Published since September 1898

Development strategy for Russian inland water transport 3

AT SHIPBUILDING YARDS 5

110th anniversary of Russian submarine fleet 10

NAVAL SHIPBUILDING

Spiridopulo V. I. Northern Design Bureau — Ahead of Time 12

Guryanov K. V., Guryanov S. K., Sagaidakov F. R. New generation of aircraft carriers in British Navy 18

CIVIL SHIPBUILDING

Sazonov K. E. Actual problems of transport ships propulsion qualities 23

Gagarina I. V. Educational books shall be re-issued 26

SHIP POWER PLANTS

Guzhvenko I. N., Chanchikov V. A., Svekolnikov S. A., Burmistrova O. V. Methods for increasing reliability of marine diesel engines 27

MARINE EQUIPMENT

Pshenitsyn A. A., Nekrasov V. A., Samokhin V. S., Spiridonov A. Yu. Using complex modeling methods for resolving hydrodynamic tasks 31

Khabarov A. A. Designing of independent friction bearings for main shipborne machinery 33

Katanovich A. A. Testing equipment for simulation of electromagnetic situation and estimation of electromagnetic compatibility of onboard communication facilities 35

Fomin A. P. Necessity of unification for quick-release couplings in fire-fighting system 39

SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGY

Grabelnikov V. Yu., Yevgenov V. N., Dobrovenko S. V. Examination of special section «Fire safety requirements» for construction and repair of ships 42

Kipreev E. V., Gavrilyuk L. P. Certification of made course alignment afloat with use of gyro instrument 45

SHIPREPAIR AND UTILIZATION

Lelyukhin V. E., Kolesnikova O. V. Influence of defect survey report quality to effectiveness of work management in shiprepair 48

Khromov V. N. Recovery of marine diesels parts by thermoplastic deformation 50

SHIPBUILDING MATERIALS

Gorokhov M. S., Ronnov E. P., Pavlov I. Yu. Studies of fiber concrete wear capacity 55

Alpherov V. I., Ryzhkin A. E., Zadumov A. V. Estimation of heat transfer properties of hybrid polymer composite materials 58

INFORMATION SECTION

Amosov A. G. Shipbuilder Brandaus A. I. (62). **Nikitin K. A.** Veterans remain in ranks (65). **Afonin N. N.** Icebreaker Krasin. Exhibition for 100th anniversary of ship laying (67). **Deryugin S. V., Pavlova A. S.** Boat exhibition in Helsinki (70). Ocean research vessel «Evgenii Gorigledzhan» (30). 75 years anniversary of Katanovich A. A. (36). Series of surveying motor boats (41). Reconstruction of ship launching facility (47). Congratulations! (63)

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

Klimovskiy S. D. The Winenses' steamboats and Russian Navy 73

Kolosov E. E. Diving suit by Leonardo da Vinci 79

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) может быть оформлена по каталогу агентства «Роспечать» в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции (в том числе можно заказать уже вышедшие номера).
To effect subscription abroad, it is necessary to addres to JSC «MK-Periodica» (www.periodicals.ru)

На 1-й стр. обложки — танкер «Академик Пашин» в цехе ООО «Невский СС3» (на 1-й, 2-й и 3-й стр. обложки фото А. Н. Хаустова); на 4-й стр. — СКР «Адмирал Григорович» (фото предоставлено АО «ПС3 «Янтарь»)

Журнал «Судостроение» реферируется в Реферативном журнале и базах данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН)

Электронные версии журналов 1999—2015 гг. размещены на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elibrary.ru и включены в Российский индекс научного цитирования

Литературные редакторы
Е. П. Смирнова (ведущий номера),
С. В. Силякова

Компьютерная верстка
Г. А. Князева, Л. П. Козлова,
С. А. Ратасеп

Цветоделение
Д. Н. Демичев

Перевод
Ю. В. Логвинов

Графика
И. Б. Скородумова

За точность приведенных фактов, достоверность информации, а также использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, ответственность несут авторы

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 13.04.2016 г.
Каталожная цена 100 руб.

Адрес издательства и типографии:
Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7, АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

Тираж 1000 экз.

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Свидетельство о регистрации № 012360

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ

Правительство Российской Федерации своим распоряжением № 327-р от 29 февраля 2016 г. утвердило Стратегию развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. Минтрансу России поручено представить совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ и организациями в шестимесячный срок в Правительство РФ проект плана мероприятий по реализации Стратегии и обеспечить совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти реализацию Стратегии. Предлагаем читателям журнала выдержки из этого объемного (77 страниц) документа.

На учете в Российском Речном Регистре состоит 13022 грузовых и пассажирских судна, в Российском морском регистре судоходства — 641 судно смешанного (река—море) плавания (классы II-СП и III-СП), которые эксплуатируются под российским флагом. При этом 95% перевозок грузов и 86% перевозок пассажиров выполняются предприятиями негосударственных форм собственности.

Максимальный объем речных перевозок был достигнут в конце 80-х годов XX века, в 1989 г. он составлял более 580 млн т. Позиция внутреннего водного транспорта в транспортной системе России за 1989—2014 гг. существенно ослабла. Объем перевозок грузов уменьшился в 4,6 раза и составил в 2014 г. 124,8 млн т (включая объем заграничных перевозок грузов судами смешанного (река—море) плавания).

Вступление в силу положений технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта (с изменениями, внесенными постановлением Правительства РФ от 30 апреля 2015 г. № 426 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 г. № 623») в части требований к судам, перевозящим по внутренним водным путям нефть и нефтепродукты, приведет к необходимости вывода из эксплуатации 228 ед. самоходных и 330 ед. несамоходных судов.

По состоянию на 1 января 2014 г. на балансе администраций бассейнов внутренних водных путей числилось 2635 ед. судов технического (обслуживающего) флота, из них годных к эксплуатации — 2202 ед. Из общего количества земснарядов, годных к эксплуатации, 73% имеют возраст более 26 лет, в том числе 22% — свыше 40 лет, возраст 83% обстановочных судов составляет более 26 лет.

Средний возраст грузового флота составляет 32 года, пассажирского — 33 года, судов, используемых на туристских маршрутах, — 41 год, при этом более 75% самоходных грузовых судов и буксиров имеют возраст свыше 25 лет. За последние пять лет выбытие грузового флота превышало ввод новых судов в 20 раз.

Высокая стоимость постройки судов при относительно низкой рентабельности судоходного бизнеса (в среднем 4—5%) вследствие ограниченного периода навигации, снижения эффективности эксплуатации флота из-за инфраструктурных ограничений, роста цен на топливо (цены на дизельное топливо за последние 3 года выросли почти на 70%) и неопределенности тенденций развития грузовой базы обусловливают длительные сроки окупаемости инвестиций в строительство грузового флота (более 12 лет) и пассажирского флота (более 25 лет).

Обеспечение обновления и роста тоннажа флота достигается за счет реализации следующих мероприятий:
— разработка и реализация мер государственной поддержки обновления флота;
— разработка программы обновления судов речного флота и смешанного (река—море) плавания на основе внедрения механизма выплат российским организациям на приобретение гражданских судов взамен судов, сданных на утилизацию;
— обновление флота судовладельцев, осуществляющих завоз грузов в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, на основе реализации механизма операционного лизинга судов;
— строительство 13550 грузовых и вспомогательных судов, в том числе 750 самоходных грузовых судов внутреннего плавания и 490 судов смешанного (река—море) плавания.

Предполагается реализация таких мер государственной поддержки обновления флота, как компенсация процентной ставки при кредитовании строительства судов на российских верфях.

Развитие перевозок пассажиров на туристских маршрутах обеспечивается за счет реализации следующих мероприятий:
— разработка мер государственной поддержки обновления туристического флота;
— строительство 55 судов для использования на туристских маршрутах.

Предусматриваются два этапа реализации настоящей Стратегии. Первый этап (до 2020 г.) связан с активным продвижением внутреннего водного транспорта и формированием базовых условий для наращивания грузовой базы. В этот период основными направлениями развития внутреннего водного транспорта являются устранение ряда участков, лимитирующих пропускную способность Единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации, развитие портовой инфраструктуры на внутренних водных путях международного значения, увеличение протяженности внутренних водных путей с гарантированными габа-

ритами судовых ходов, реконструкция судоходных гидротехнических сооружений, реконструкция пассажирских вокзалов и улучшение качества обслуживания пассажиров, строительство грузового и пассажирского флота.
На втором этапе (2021—2030 гг.) ожидается динамичное развитие речных перевозок, в том числе в контейнерах. Реализация мер государственной поддержки российского судоходства и судостроения приведет к ускоренному обновлению грузового и пассажирского флота, повышению конкурентоспособности и рентабельности судоходного бизнеса.

В результате реализации настоящей Стратегии:
— будет обеспечено приоритетное развитие внутреннего водного транспорта как экономичного, энергоэффективного, экологичного и безопасного вида транспорта, что приведет к снижению грузонапряженности автомобильных и железных дорог на параллельных направлениях доставки массовых грузов в период навигации;
— значительно повысится пропускная способность Единой глубоководной системы европейской части РФ как важнейшего водного пути международного значения, что обеспечит рост объемов перевозок в европейских бассейнах к 2030 г. в 2,2 раза (к уровню 2010 г.), в том числе транзитных грузов.
— будет обеспечен возрастающий объем завоза грузов внутренним водным транспортом в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, объем речных перевозок в восточных бассейнах к 2030 г. увеличится в 2,4 раза (к уровню 2010 г.);
— кардинальное улучшение параметров внутренних водных путей приведет к существенному росту валовой производительности работы флота за счет сокращения времени непроизводительных простоев, в том числе вследствие ожидания шлюзования, роста средней скорости движения, наиболее полного использования грузоподъемности судов, и обеспечит повышение рентабельности перевозок при снижении времени доставки товаров;
— реализация комплекса мер государственной поддержки российского судостроения и судоходства позволит создать современный грузовой флот;
— производительность труда на внутреннем водном транспорте к 2030 г. возрастет в 2,9 раза;
— энергоемкость уменьшится на 30%;
— будет реализована в полной мере социальная функция внутреннего водного транспорта по перевозке пассажиров на социально значимых маршрутах, созданы условия для динамичного развития перевозок пассажиров на туристских маршрутах;
— развитие городского водного транспорта будет способствовать снижению загрузки автомобильных дорог и улучшению экологической ситуации в мегаполисах;
— будет обеспечена техническая и технологическая безопасность объектов транспортной инфраструктуры на внутренних водных путях;
— повышение инвестиционной привлекательности внутреннего водного транспорта приведет к притоку частных инвестиций, в том числе за счет использования при реализации инвестиционных проектов механизма государственно-частного партнерства.

Состав мероприятий, предусмотренных настоящей Стратегией, в целом соответствует составу мероприятий подпрограммы «Внутренний водный транспорт» федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010—2020 годы)». При этом объемы и источники финансирования мероприятий за 2010—2020 гг. соответствуют объемам и источникам финансирования мероприятий, предусмотренным в указанной федеральной целевой программе и Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. Таким образом, в 2013—2015 гг. из федерального бюджета было выделено 29 млрд рублей, в 2016—2018 гг. планируется выделение 70 млрд руб., в 2019—2020 гг. — 76 млрд руб.).

Наряду с прямым бюджетным финансированием предоставление государственной поддержки может осуществляться в следующих формах:
— софинансирование на договорных условиях инвестиционных проектов с оформлением прав собственности РФ, включая финансирование расходов на управление инвестиционными проектами и разработку проектной документации;
— предоставление субсидий организациям внутреннего водного транспорта, осуществляющим социально значимые перевозки;
— субсидирование процентных ставок по привлекаемым организациями кредитам для финансирования расходов, связанных с приобретением судов и перегрузочной техники;
— разработка и реализация экономических механизмов, стимулирующих ускоренное обновление флота, в том числе содействие в развитии механизмов лизинга судов, а также предоставление судоходным компаниям субсидии на приобретение судов речного флота и смешанного (река—море) плавания взамен судов, сданных на утилизацию;
— предоставление льгот при установлении условий аренды государственного имущества, землеотвода и землепользования.

Общий объем финансовых ресурсов (в ценах соответствующих лет) с учетом налога на добавленную стоимость составляет 1944—2257 млрд руб., в том числе федеральный бюджет 738—739 млрд руб, бюджеты субъектов РФ и местные бюджеты 53—68 млрд руб., внебюджетные источники 1153—1450 млрд руб.
Государственные капитальные вложения за счет средств федерального бюджета предусматривается выделять прежде всего на реализацию проектов реконструкции внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений, строительство судов технического (обслуживающего) флота.
Средства бюджетов субъектов Российской Федерации предусматривается направлять в первую очередь на развитие и поддержание перевозок внутренним водным транспортом на социально значимых маршрутах. Внебюджетные средства намечается использовать преимущественно для строительства грузового и пассажирского флота, служебно-вспомогательных судов, финансирования коммерческих проектов развития инфраструктуры портов и терминалов, строительства и реконструкции объектов инфраструктуры внутренних водных путей на условиях государственно-частного партнерства.

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

АО «ПСЗ «ЯНТАРЬ»

11 марта на сторожевом корабле «Адмирал Григорович», построенном Прибалтийским судостроительным заводом «Янтарь», в торжественной обстановке был поднят Андреевский флаг. В церемонии приняли участие губернатор Калининградской области Николай Цуканов, заместитель полномочного представителя Президента РФ в СЗФО по Калининградской области Владимир Соловьёв, командующий Черноморским флотом Александр Витко, вице-президент по военному кораблестроению Объединённой судостроительной корпорации Игорь Пономарёв, генеральный директор АО «Северное ПКБ» Владимир Спиридопуло, другие официальные лица. Почётными гостями завода стали потомки Ивана Константиновича Григоровича вместе с его внучкой Ольдой Петровой — крёстной корабля.

Приветствуя заводчан и гостей праздника, Игорь Пономарёв сказал: «Сегодня мы передаём флоту головной корабль проекта 11356 «Адмирал Григорович». Он успешно прошёл все испытания и продемонстрировал высокое качество постройки. На очереди у завода — ещё два корабля серии — «Адмирал Эссен» и «Адмирал Макаров», которые по плану в этом году будут переданы заказчику».

Днём ранее, 10 марта, был подписан акт государственной приёмки СКР «Адмирал Григорович». Акт подписал председатель комиссии государственной приёмки Геннадий Дмитриев, который отметил, что корабль во время морских испытаний полностью подтвердил свои характеристики.

СКР «Адмирал Григорович» был заложен 18 декабря 2010 г., спущен на воду 14 марта 2014 г. Это головной корабль пр. 11356, разработанного конструкторами АО «Северное ПКБ». Он предназначен для ведения в океанских и морских районах боевых действий против надводных кораблей и подводных лодок противника, а также отражения воздушного нападения. По двум контрактам, подписанным с Министерством обороны РФ в 2010 г., ПСЗ «Янтарь» должен построить серию из шести СКР этого проекта. Подъему Андреевского флага предшествовали заводские ходовые и государственные испытания. В частности, в Балтийском и Баренцевом морях прошли маневренные и скоростные испытания СКР с проверкой работы всех агрегатов, систем и узлов, навигационных и радиотехнических средств, а также вооружения корабля. Всего кораблем было пройдено свыше 20 тыс. миль. Были выполнены ракетные стрельбы, проверены в действии артиллерийские установки А-190 и АК-630, реактивно-бомбовые установки РБУ-6000, а также торпедное оружие. Экипаж корабля во взаимодействии с лётчиками вертолётов Ка-27 морской авиации Балтийского флота отработал противолодочные задачи и посадку корабельных вертолётов на палубу СКР. По данным пресс-службы Западного военного округа МО РФ, «Адмирал Григорович» станет первым кораблем данного типа, оснащенным ракетным комплексом «Калибр-НК» с высокоточными крылатыми ракетами 3М-54ТЭ, многоканальным зенитным ракетным комплексом «Штиль-1», зенитным ракетно-артиллерийским комплексом «Палаш».

СКР «Адмирал Григорович», построенный АО «ПСЗ «Янтарь», в день подъема Андреевского флага

* * *

15 марта пресс-служба завода сообщила о заключении контракта на второе океанографическое исследовательское судно (ОИС) пр. 22010. Оно будет построено по заказу Министерства обороны РФ в интересах Главного управления глубоководных исследований. ОИС предназначено для исследования Мирового океана и его дна. На судне будут базироваться глубоководные обитаемые и автономные необитаемые подводные аппараты. ОИС сможет также использоваться в спасательных целях, установленное на нем оборудование позволит вести поиск затонувших объектов. Водоизмещение судна составляет

128-метровый портальный кран «Витязь» отечественного производства в наливном бассейне Севмаша (фото В. Поршнева)

5200 т, длина 108,1 м, ширина 17,2 м. Закладка ОИС состоится в этом года, а сдача — в конце 2019 г. В честь ЦМКБ «Алмаз», разработавшего проект, судно получит имя «Алмаз». Головное ОИС «Янтарь» этого проекта было передано тому же заказчику в мае 2015 г.

АО «ПО «СЕВМАШ»

В начале марта пресс-служба Севмаша сообщила, что на предприятии введен в эксплуатацию 128-метровый портальный кран «Витязь» отечественного производства. Он будет доставлять грузы на ремонтируемый корабль проекта 11442М. «Витязь» стал одним из самых высоких объектов Севмаша, он установлен в наливном бассейне предприятия. Для завода это уникальное оборудование, причем не только по своим размерам, но и по функциям. На вылете 40 м стрела крана может поднимать груз массой не менее 60 т, а в связке с другими кранами он способен доставлять на борт корабля крупногабаритное оборудование массой до 100 т. В результате — ускорение ремонтных работ на корабле. Кран был приобретен по программе техперевооружения.

ОАО «ЗЕЛЕНОДОЛЬСКИЙ ЗАВОД им. А. М. ГОРЬКОГО»

18 февраля на заводе заложили третий патрульный корабль пр. 22160 — «Павел Державин». Спроектированный конструкторами АО «Северное ПКБ», корабль предназначен для охраны территориальных вод, патрулирования экономической зоны, пресечения контрабандной и пиратской деятельности, поиска и оказания помощи пострадавшим при морских катастрофах, экологического мониторинга окружающей среды и др. Он будет вооружен ракетами комплекса «Калибр». Корабль имеет водоизмещение около 1300 т, автономность 60 сут., высокую скорость хода — до 30 уз и комфортные условия для размещения экипажа (до 80 чел.). Для увеличения поискового потенциала и проведения поисково-спасательных операций на корабле предусмотрено базирование 12-тонного вертолета. Кроме того, корабль оснащен радиотехническим и гидроакустическим вооружением, а также средствами радиоэлектронного противодействия. Главная энергетическая установка типа CODAG имеет полную мощность до 25 000 кВт. Это дизель-газотурбинный агрегат с возможностью как совместной, так и раздельной работы двух типов двигателей: при движении на экономической скорости хода на большие расстояния работает только дизельный агрегат, обладающий большим ресурсом, а для резких ускорений и движения на максимальной скорости в работу включается газотурбинная установка. Головной корабль данного проекта «Василий Быков» был заложен 26 февраля 2014 г., второй «Дмитрий Рогачев» — 25 июля 2014 г.

ОАО «ОКСКАЯ СУДОВЕРФЬ»

17 марта на судоверфи спустили на воду шестой комбинированный танкер-площадку «Балт Флот 5» (стр. № 5406) для судоходной компании «БФ Танкер». Это судно смешанного «река—море» плавания пр. RST54 (Морское Инженерное Бюро) класса «Волго-Дон макс». Использование таких судов обеспечивает загрузку в обе стороны (нефтеналивные грузы — в одну, сухогрузы — в обратную). Судно «Балт Флот 5» построено по одному из контрактов, заключенных 23 сентября 2015 г., предусматривающих строительство семи судов: четырех танкеров пр. RST27 дедвейтом в море/реке около 7022/5420 т и трех танкеров-площадок пр. RST54 дедвейтом 5745 т, спроектированных в обводах танкера пр. RST27. Все суда должны быть сданы в 2016 г. Лизингодателем выступает ПАО «Государственная транспортная лизинговая компания». Из них три танкера-площадки пр.RST54 и два танкера пр. RST27 построит навашинская Окская судоверфь, а два танкера пр. RST27 — нижегородский завод «Красное Сормово».

Внешний вид патрульного корабля пр. 22160 «Павел Державин»

Комбинированный танкер-площадка «Балт Флот 5» после спуска на воду (ОАО «Окская судоверфь»)

ФГУП «КРЫЛОВСКИЙ ГНЦ»

Крыловский государственный научный центр принял участие в работе Международной конференции «Арктика и шельфовые проекты: перспективы, инновации и развитие регионов России», открывшейся 18 февраля в Москве. В рамках форума был представлен новый проект судна снабжения оффшорных буровых установок технологическими материалами, запасными частями, водой и продовольствием. Помимо задач по снабжению на мелководных акваториях арктических морей, судно также сможет использоваться для обеспечения дежурства возле буровых установок, оказания технической помощи и спасения персонала в аварийных ситуациях. Основные особенности судна: высокий класс ледовых подкреплений корпуса Arc7; инновационный комбинированный четырехвинтовой пропульсивный комплекс, состоящий из двух винторулевых колонок, расположенных симметрично относительно ДП, и двух гребных винтов по бортам, что позволило реализовать осадку в 4 м; двухтопливная энергетическая установка, наиболее полно соответствующая планируемым условиям эксплуатации; возможность приема груза без посадки вертолета; наличие катера на воздушной подушке вместимостью 8 чел. В ходе разработки проекта проведен комплекс расчетов и модельных испытаний по ледопроходимости, гидродинамике, кавитационным свойствам, мореходности, аэродинамике. Основные характеристики: класс РС — КМ ✪ Arc7 [1] AUT2-ICS OMBO FF3WS DYNPOS-2 EPP Supply vessel, длина наибольшая ок. 91,3 м, ширина 16,8 м, осадка по КВЛ 4 м, экипаж + спецперсонал 24 чел., скорость хода на чистой воде 14 уз, автономность 20 сут.

Проектное изображение судна снабжения оффшорных буровых установок на мелководных акваториях арктических морей (ФГУП «Крыловский ГНЦ»)

АПЛ К-419 «Кузбасс» у пирса ОАО «ДВЗ «Звезда»

ОАО «ДВЗ «ЗВЕЗДА»

19 марта, в День моряка-подводника на пирсе завода прошла церемония, посвященная завершению ремонта атомного подводного крейсера «Кузбасс». Акт приемосдаточных работ прямо на пирсе подписали генеральный директор Дальневосточного завода «Звезда» Юрий Фильченок и и.о. командующего по вооружению ТОФ контр-адмирал Игорь Королев.

Командующий Тихоокеанского флота адмирал Сергей Авакянц поздравил коллектив завода с завершением ремонта, а экипаж АПЛ «Кузбасс» с Днем моряка-подводника. Он отметил, что подводные лодки этого проекта выполняют важнейшие задачи в составе флота.

— За последние годы мы наглядно видим, как возрождается судостроительная и судоремонтная база Дальнего Востока. Завод «Звезда» обладает всеми необходимыми мощностями, чтобы обеспечить боевую готовность атомного подводного флота Тихоокеанского флота, — сказал адмирал Сергей Авакянц.

АПЛ К-419 «Кузбасс» (пр. 971У «Щука-Б») была заложена 28 июля 1991 г. на судостроительном заводе им. Ленинского комсомола (ныне ПАО «Амурский судостроительный завод»), 18 мая 1992 г. спущена на воду, а 5 февраля 1993 г. вошла в состав ТОФ. Несла боевое дежурство в Тихом и Ледовитом океанах. На ДВЗ «Звезда» она прошла восстановление технической готовности с частичной модернизацией.

ООО «НЕВСКИЙ ССЗ»

1 марта в эллинге Невского судостроительно-судоремонтного завода состоялась церемония закладки двух очередных многофункциональных буксиров-спасателей проекта MPSV12 (зав. № 1203 и № 1204). Корпуса предыдущих двух судов, заложенных 2 июня 2015 г. (зав. № 1201 и № 1202), формируются в этом же эллинге. Строительство серии из четырех буксиров-спасателей осуществляется в соответствие с государственным контрактом с ФКУ «Дирекция государственного заказчика программ развития морского транспорта». Проект разработан Морским Инженерным Бюро. Планируется, что все суда серии будут носить названия малых рек России. В беседе с журналистами генеральный директор завода Е.Я. Кузнецов сказал, что завод готов продолжить постройку серийных буксиров-спасателей.

Между тем, в эллинге в момент закладки, кроме секций и блоков первых двух буксиров-спасателей, находился полностью сформированный корпус среднего морского танкера «Академик Пашин» (пр. 23130, ЗАО «Спецсудопроект»), строящегося по заказу Министерства обороны РФ. На судне велись, в частности, работы по монтажу винторулевого комплекса. После их завершения танкер 18 марта вывели на открытую стапельную площадку для подготовки к спуску на воду и достройки.

На церемонии закладки двух многофункциональных буксиров-спасателей проекта MPSV12 в эллинге ООО «Невский ССЗ»

Монтаж винторулевого комплекса на среднем морском танкере «Академик Пашин» в эллинге ООО «Невский ССЗ»

СК «ЗВЕЗДА»

Консорциум АО «Роснефтегаз», ОАО «НК «Роснефть» и АО «Газпромбанк» осуществляет меры по реализации проекта создания судостроительного комплекса «Звезда» на Дальнем Востоке России. В рамках визита председателя правления ОАО «НК «Роснефть» Игоря Сечина в Китай, в марте заключены контракты на поставку уникального оборудования для СК «Звезда».

Контракт на девять кранов подписали руководитель проекта СК «Звезда» Евгений Крайнов и генеральный директор Nantong COSCO Heavy Industry Co. Ltd. Чжао Цзэншань. Согласно контракту в течение 2016 — 2017 гг. на строительную площадку СК «Звезда» будут поставлены: кран типа «Голиаф» грузоподъемностью 1200 т, четыре крана грузоподъемностью по 320 т и еще четыре крана грузоподъемностью по 100 т.

Кроме того, компания Suzhou Dafang Special Vehicle Co. Ltd изготовит пять самоходных транспортеров: два грузоподъемностью по 650 т, два на 320 т и один 150-тонный. Подписи под документом поставили Евгений Крайнов и генеральный менеджер Suzhou Dafang Special Vehicle Co., Ltd Хуанг Жиньхуи.

АО «ЗАВОД «КРАСНОЕ СОРМОВО»

На заводе осуществляется постройка трех дноуглубительных судов проекта TSHD 1000 для ФГУП «Росморпорт». Первое из них — «Соммерс» — спущено на воду 29 января. Контракт был подписан в апреле 2014 г. Проект разработан голландской компанией Damen Shipyard Gorinchem, рабочая конструкторская документация выполнена Волго-Каспийским ПКБ. Класс судна: КМ ✪ Ice1 R1 AUT2 Hopper Dridger. Основные характеристики: длина 62,6 м, ширина 14 м, осадка 4,25 м, объем трюма 1000 м^3. Суда проекта TSHD 1000 способны разрабатывать грунт на глубине до 20 м и работать при температуре воды от –2°С до +20°С. Передача заказчику судна «Соммерс» согласно контракту состоится в июне этого года. А два других судна — «Кроншлот» и «Кадош» — завод планирует сдать в эксплуатацию в период навигации 2016 г.

25 марта судостроители завода «Красное Сормово» спустили на воду танкер «Балт Флот 11» проекта RST27, построенный для ООО «БФ Танкер».

ООО «КРАНШИП»

26 февраля в Темрюке (Краснодарский край) состоялось подписание контракта между ООО «Краншип» и ФГУП «Атомфлот» на строительство ледокольного буксира пр. Т501. Буксир с мощностью пропульсивной установки около 7 МВт предназначен для работы в порту Сабетта. Согласно контракту, в ответственность верфи входит как проектирование, так и постройка судна со сроком сдачи — сентябрь 2017 г. Буксир будет обеспечивать проводку танкеров-газовозов на подходном канале и в акватории порта. Длина судна 39,54 м, ширина 14 м, осадка 7,1 м, ледопроходимость 1 м, тяговое усилие около 90 т. Движительный комплекс — две полноповоротные винторулевые колонки.

Дноуглубительное судно «Соммерс» в день спуска на воду (АО «Завод «Красное Сормово»)

Ледокольный буксир пр. Т501 (ООО «Краншип»)

Танкер «Балт Флот 11» построен судостроителями АО «Завод «Красное Сормово»

Судовладельцем и оператором судна является ФГУП «Атомфлот», подписавший в ноябре 2014 г. контракт на обеспечение проводки судов и обслуживание акватории порта Сабетта для проекта «Ямал СПГ» сроком до 31 декабря 2040 г. В январе и феврале этого года уже были спущены на воду два буксира ледового класса «Пур» и «Тамбей». Всего запланировано строительство и использование трех буксиров ледового класса, одного портового ледокола и одного ледокольного буксира.

ООО «АМФИБИЙНАЯ ТЕХНИКА»

В феврале флот Мурманского филиала ФГУП «Росморпорт» пополнился новым амфибийным судном на воздушной подушке «Славир-636», построенным компанией ООО «Амфибийная техника» (Нижний Новгород). СВП будет использоваться для круглогодичной доставки лоцманов на суда, осуществляющие судозаходы в морской порт Кандалакша. Первое использование СВП «Славир-636» состоялось 17 февраля, когда лоцманов доставили на борт двух грузовых судов. Основные характеристики СВП «Славир 636»: длина 6,6 м, ширина 3,7 м, максимальная скорость по воде 60 км/ч, по льду — 80, по снегу — 70 и по грунту — 60 км/ч. Допустимый температурный диапазон использования ткани воздушной подушки от +40 °С до –40 °С, клиренс (подъем судна над поверхностью при движении) составляет 0,4 м, масса СВП 900 кг; грузоподъемность 600 кг, пассажировместимость 6 чел., мощность двигателя 127 кВт/173 л.с.

Амфибийное СВП «Славир-636» в движении по льду

Проектное изображение грунтоотвозной самоходной баржи пр. НВ600, строящейся ООО «Онежский ССЗ»

ООО «ОНЕЖСКИЙ ССЗ»

19 февраля в цехе Онежского судостроительно-судоремонтного завода состоялась закладка грунтоотвозной самоходной баржи с объемом трюма 600 м^3 (пр. НВ600). Это судно (зав. № 201) будет использоваться совместно с дноуглубительным флотом ФГУП «Росморпорт», в том числе при обеспечении проектных глубин в южных морских портах страны. Строительство судна будет осуществляться с применением модульного метода формирования корпуса, что позволит уменьшить затраты и облегчить установку оборудования. Кроме того, проектом предусматривается применение заваливающихся винторулевых колонок и размещение части основного судового оборудования (главных двигателей) на палубе в специальных контейнерах в кормовой части судна. Подобные решения позволяют упростить обслуживание и ремонт судового оборудования на этапе эксплуатации баржи. Основные характеристики баржи: габаритная длина около 56,7 м, ширина 11,4 м, высота борта 4 м, осадка по грузовую марку 3,1 м, объем грунтового трюма по верхнюю кромку комингса 600 м^3, полное водоизмещение 1700 т, скорость хода 8,5 уз, мощность главных двигателей 2х350 кВт, мощность электрогенераторов 2х100 кВт, экипаж 3 чел., автономность по запасам воды и провизии 5 сут.

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями (в том числе их пресс-службами), а также из Интернета.

110 ЛЕТ ПОДВОДНОМУ ФЛОТУ РОССИИ

11 марта 1906 г. приказом № 52 по Морскому министерству России было объявлено, что 6 марта (19 марта по новому стилю) 1906 г. подводные лодки «числятся самостоятельным классом кораблей флота». Эта дата, 19 марта — День моряка-подводника — считается днем основания подводного флота России. С тех пор, за 110 лет подводные лодки стали важнейшей составляющей Вооруженных Сил, способной решать стратегические задачи по обеспечению национальной безопасности и обороны страны. Отечественное кораблестроение, наши наука и промышленность в настоящее время работают над созданием новых поколений атомных и неатомных подводных лодок для решения задач, стоящих перед Военно-Морским Флотом.

Накануне праздника Адмиралтейские верфи, являющиеся центром неатомного подводного кораблестроения страны, провели ряд мероприятий, посвященных 110-летию подводного флота.

16 марта в Сестрорецке, пригороде Санкт-Петербурга, прошел торжественный митинг у воссозданной полномасштабной модели «Потаенное судно Ефима Никонова». В 1718 г. плотник Ефим Никонов подал царю Петру I челобитную с предложением построить судно, которое «сможет идти в воде потаенно и подходить к вражеским кораблям под самое дно». 31 января 1720 г. Адмиралтейств-коллегия по указанию царя вынесла решение построить «потаенное судно». Испытания модели в теперешнем озере Разлив Сестрорецка в присутствии Петра I в 1721 г. прошли благополучно, а позже на Галерном острове (где ныне расположены Адмиралтейские верфи) построили «потаенное огненное судно большого корпуса», которое трижды спускалось под воду. Очевидно, это был первый практический опыт подводного кораблестроения в стране по оригинальному проекту русского изобретателя, хотя со смертью Петра I и не получивший дальнейшего развития.

Митинг у «Потаенного судна Ефима Никонова» в Сестрорецке

После митинга у «Потаенного судна Ефима Никонова» в сооруженном по инициативе моряков, служивших на подводных лодках СССР и России, храме Святых Апостолов Петра и Павла был отслужен молебен. Затем ветераны-подводники и судостроители возложили цветы к мемориалу в память погибшим подводникам. В торжественных мероприятиях принял участие начальник Главного штаба ВМФ РФ, первый заместитель Главнокомандующего ВМФ, адмирал А. О. Воложинский.

18 марта в АО «Адмиралтейские верфи» состоялась церемония спуска на воду большой дизель-электрической подводной лодки «Великий Новгород» для ВМФ России. В торжественной церемонии приняли участие заместитель Главнокомандующего ВМФ вице-адмирал А. Н. Федотенков, вице-губернатор Санкт-Петербурга С. Н. Мовчан, губернатор Новгородской области С. Г. Митин, другие официальные лица, работники предприятия и журналисты.

«Символично, что этот корабль был заложен к 310-летию Адми-

У мемориала в память погибшим морякам-подводникам

Почетный караул у памятного знака «100-летие подводных сил России» на Рижском проспекте у южной проходной АО «Адмиралтейские верфи»

Подводная лодка «Великий Новгород» в стапельно-сдаточном цехе № 12

ралтейских верфей, а спускается на воду накануне 110-летия создания подводных сил России, — подчеркнул в своем выступлении генеральный директор АО «Адмиралтейские верфи» А С. Бузаков. — В декабре прошлого года был произведен залповый пуск боевых ракет из подводного положения по наземным целям с подводной лодки «Ростов-на-Дону», построенной адмиралтейцами, и все цели были поражены, что стало реальным подтверждением боевой эффективности кораблей данного проекта. В этом году мы завершаем строительство серии и, я уверен, четко выполним все контрактные обязательства».

Подводная лодка «Великий Новгород» модифицированного пр. 636 — пятая в серии из 6 ед., предназначенных для Черноморского флота. Она была заложена в октябре 2014 г. Две первые — «Новороссийск» и «Ростов-на-Дону» —вошли в состав флота в августе и декабре 2014 г., третья и четвертая — «Старый Оскол» и «Краснодар» —в июле и ноябре 2015 г. В мае запланирован спуск на воду завершающего корабля серии — подводной лодки «Колпино».

Подводная лодка «Великий Новгород» перемещается в плавдок для спуска на воду

А.Н. Федотенков и А.С. Бузаков отвечают на вопросы журналистов

Серийное строительство подводных лодок на Адмиралтейских верфях началось в 1932 г., и за этот период на предприятии построено более 400 подводных лодок и глубоководных аппаратов различных проектов. Сейчас АО «Адмиралтейские верфи» входит в состав АО «Объединенная судостроительная корпорация». В настоящее время адмиралтейцы успешно реализуют ряд контрактов для отечественных и зарубежных заказчиков. В строительстве находится четыре серии подводных лодок для иностранных ВМС и ВМФ России. В постройке также ледокол «Илья Муромец».

Фоторепортаж А.Н. Хаустова

СЕВЕРНОЕ ПКБ — ОПЕРЕЖАЯ ВРЕМЯ

В. И. Спиридопуло, генеральный директор АО «Северное ПКБ»

Осенью 1945 г. в Советском Союзе был утвержден десятилетний план военного судостроения. 22 апреля 1946 г. вышел приказ о преобразовании филиала ЦКБ-17, располагавшегося на территории нынешней Северной верфи, в отдельное Центральное проектное бюро под номером 53. Именно с этой даты и ведет свой отсчет история «Северного проектно-конструкторского бюро».

Деятельность вновь образованного бюро была направлена на проектирование эскадренных миноносцев и сторожевых кораблей. В дальнейшем его специалистами был создан практически весь океанский флот Советского Союза, а многие из проектов стали поистине эпохальными, являясь по ряду параметров признанным эталоном в мировом кораблестроении. Западные эксперты не раз отмечали, что русские корабли являют собой великолепные образцы промышленного дизайна, сочетая большую ударную мощь, великолепную защиту, эффективность инженерных решений и динамично-агрессивный архитектурный облик.

Создание современного боевого корабля — это труд и интеллект многих коллективов и тысяч специалистов различных отраслей судостроительной промышленности. Но главную роль в проектировании корабля играет именно конструкторское бюро — проектант является творцом инженерного сооружения. И Северное ПКБ уже на протяжении семидесяти лет успешно решает все поставленные перед ним задачи.

Проекты нашего бюро всегда опережали свое время — практически каждый из них воплощался в металле в знаковый, эпохальный корабль, веху в истории не только отечественного, но и мирового военного кораблестроения, узнаваемую визитную карточку Северного ПКБ.

Продолжая славные традиции, и сегодня в каждый новый проект, создаваемый уже не на кульманах, а на самой современной компьютерной технике с применением системы автоматизированного проектирования, закладываются наиболее передовые технические средства и образцы вооружения.

За большие заслуги в деле создания и производства новой техники, вклад в укрепление обороноспособности Родины бюро было отмечено государственными правительственными наградами: орден Ленина (1963 г.); орден Октябрьской Революции (1985 г.); 20 апреля 2006 г. Президентом Российской Федерации коллективу бюро была объявлена благодарность за большой вклад в развитие отечественного судостроения; 24 марта 2011 г. за большой вклад в развитие судостроительной промышленности правительством Российской Федерации коллектив бюро был награжден почетной грамотой.

Всего за годы существования Северного ПКБ по его проектам было построено около 500 кораблей и судов.

Северное ПКБ — это первый в мире специально спроектированный корабль с противокорабельным ракетным оружием (по терминологии того времени — «корабль с реактивным вооружением») — эскадренный миноносец проекта 57-бис (главный конструктор О. Ф. Якоб) и эскадренные ми-

Атомный ракетный крейсер пр. 11442

Большой противолодочный корабль пр. 1155

ноносцы пр.58 (главный конструктор В. А. Никитин), из-за огромной для своего времени ударной мощи после постройки переклассифицированные в ракетные крейсера, став таким образом родоначальником абсолютно нового класса кораблей. Это БПК пр. 61 (главный конструктор Б. И. Купенский), ставшие первыми крупными боевыми надводными кораблями, на которых в качестве главной энергетической установки были применены газовые турбины. За характерный звук работающей на полной мощности ГЭУ они получили прозвище «поющие фрегаты».

Наше бюро — это противолодочные корабли, не имеющие аналогов в мире пр. 1134, 1134А, 1134Б (главный конструктор В. Ф. Аникиев, затем А. К. Перьков), 1155 и 11551 (главный конструктор Е. И. Третников, затем В. П. Мишин) и ракетные крейсера пр. 1164 (главный конструктор А. К. Перьков, затем В. И. Мутихин), которые называют «убийцы авианосцев».

Северное ПКБ — это эскадренные миноносцы пр. 956, обладающие исключительной мореходностью, вооруженные как противокорабельными ракетными комплексами, так и четырьмя 130-мм универсальными артиллерийскими орудиями (главный конструктор В.Ф. Аникиев, затем И. И. Рубис) и сторожевые корабли пр. 1135 (главный конструктор Н. П. Соболев). Созданный на их базе проект 11356 строится в наши дни для российского ВМФ.

И, наконец, Северное ПКБ — это гордость Военно-Морского Флота России — тяжелые атомные ракетные крейсера пр. 1144 (главный конструктор Б. И. Купенский). Последний корабль серии из четырех кораблей ТАРКР «Петр Великий» (пр. 11442) является флагманом Северного флота.

В настоящее время бюро ведет работы по проектированию, а также по обеспечению строительства и сдачи фрегатов пр. 11356 и 22350.

Строительство фрегатов пр. 11356 (главный конструктор П. А. Васильев) ведется АО «ПСЗ «Янтарь». Головной корабль «Адмирал Григорович» передан в состав Черноморского флота 11 марта 2016 г. Еще два корабля «адмиральской» серии — «Адмирал Эссен» и «Адмирал Макаров» — встанут в строй до конца 2016 г. Основу ударного вооружения сторожевого корабля данного проекта составляет вертикальная пусковая установка, предназначенная для ударных ракет «Калибр» и противокорабельных «Оникс». Также корабль вооружен 100-мм универсальной автоматической артиллерийской установкой, зенитным ракетным комплексом «Штиль-1», двумя шестиствольными 30-мм установками АК-630М. Противолодочное и противоторпедное вооружение представлено двумя торпедными аппаратами и реактивной бомбометной установкой. Создание корабля велось с учётом технологии «Stealth», также реализованы мероприятия по снижению акустической заметности и защиты от оружия массового поражения.

Одной из особенностей корабля является его главная энергетическая установка. Она состоит из четырех газотурбинных двигателей, но спроектирована она таким образом, что корабль может иметь ход при работе только одной турбины. Этим достигается высокая экономичность ГЭУ, увеличивается ресурс ее работы.

В свое время решение о строительстве сторожевых кораблей этого типа вызвало неоднозначную реакцию. Ряд экспертов указывал на тот факт, что одновременно российский флот заказывает два типа СКР — пр. 11356 и 22350. Но на это есть объективные причины. Прежде всего, фрегаты пр. 11356 прекрасно освоены отечественной промышленностью. Шесть кораблей этого проекта построены для ВМС Индии и успешно эксплуатируются. Освоение данных образцов ВМТ в значительной мере позволило снизить как стоимостные показатели, так и риски при создании кораблей для отечественного флота.

Следует учитывать и то, что эти корабли предназначены для Черноморского флота, в то время как фрегаты пр. 22350 спроектированы с учетом требований их службы прежде всего на Северном и Тихоокеанском флотах. Сторожевые корабли пр. 11356 — это глубокая модернизация СКР пр. 1135 «Буревестник» и его модификаций, которые строились в СССР большой серией. Флот и пограничники в общей сложности

Ракетный крейсер пр. 1164

Фрегат пр. 11356

получили 39 кораблей этого семейства. Их отменные мореходные качества и хорошие условия обитаемости не раз отмечались эксплуатирующим их личным составом. Новые корабли унаследовали все лучшие качества своих предшественников, но в отличие от противолодочных они превратились в многоцелевые, получив при малом водоизмещении мощный ударный ракетный комплекс.

Фрегаты пр. 22350 (главный конструктор И. М. Шрамко) — это корабли совершенно нового качества, корабли XXI века. Их серийное строительство осуществляется на АО «СЗ «Северная верфь». Фрегаты пр. 22350 стали первыми крупными надводными боевыми кораблями, заложенными на верфях России после распада СССР.

Головной корабль «Адмирал флота Советского Союза Горшков» уже проходит Государственные испытания. Фрегаты «Адмирал флота Касатонов», «Адмирал Головко», «Адмирал флота Советского Союза Исаков» находятся в различной степени готовности.

Многоцелевой фрегат пр. 22350 оснащен самыми современными интегрированными комплексами и системами вооружения и обеспечивает высокоэффективное решение широкого круга боевых задач.

При проектировании корабля широко внедрялись элементы технологии «Stealth», обеспечивающей снижение уровня физических полей и, следовательно, заметность корабля в соответствующих диапазонах.

Корабль оборудован высокоэффективными радиолокационными, оптико-электронными комплексами освещения воздушной и надводной обстановки, мощными гидроакустическими комплексами, боевой информационно-управляющей системой последнего поколения, современными интегрированными комплексами РЭБ и постановки помех, комплексами связи.

В составе авиационного комплекса предусматривается размещение вертолета и запаса авиационного топлива.

Корабль оснащен высокоэкономичной дизель-газотурбинной установкой. Управление ГЭУ, электроэнергетической системой, общекорабельными системами осуществляется комплексной системой управления техническими средствами, оснащенной системой обмена данными и являющейся элементом интегрированной системы управления кораблем.

Мореходные качества фрегата позволяют ему нести службу в любых районах Мирового океана, но в первую очередь эти корабли предназначены для Северного флота.

Современные многоцелевые фрегаты пр. 22350, по своим основным характеристикам и боевым возможностям не уступающие, а по ряду показателей и превосходящие зарубежные аналоги, способны обеспечить существенное усиление группировок боевых надводных кораблей.

При проектировании корабля особое внимание было уделено вопросам размещения и обитаемости личного состава.

Еще один принципиально новый проект, который реализуется для российского ВМФ на ОАО «Зеленодольский завод имени А. М. Горького» — это патрульные корабли дальней морской зоны пр. 22160 (главный конструктор А. Ю. Наумов)

Это первый российский корабль, который спроектирован с применением модульной концепции вооружения. Часть вооружения на корабле монтируется на стадии строительства и не меняется в течение всей службы. Зарезервированы площади и объемы, которые в ходе ремонта или модернизации можно использовать для размещения дополнительного вооружения. Кроме того, имеются специальные места под съемные модули различного назначения, которые в процессе эксплуатации можно менять в зависимости от решаемых задач. Габариты модулей специально подобраны под размеры стандартных морских контейнеров. В них может быть установлено самое разнообразное оборудование и вооружение — ударные ракеты, медицинские модули, противоминные комплексы, водолазно-спасательные комплексы и многое другое.

Корабли пр. 22160 отличаются хорошей автономностью и мореходными качествами — при водоизмещении 2 тыс. т они будут иметь такую же мореходность, что и вдвое больший по водоизмещению фрегат пр. 11356. Предусмотрены ангар для вертолета и запасы авиационного топлива.

Зеленодольский завод должен осуществить строительство для ВМФ серию патрульных кораблей пр. 22160. К настоящему времени заложены три первых корабля — «Василий Быков» (заложен 26 фев-

Пограничный сторожевой корабль пр. 22460

СЕВЕРНОЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕВЫХ КОРАБЛЕЙ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ
- АВТОРСКИЙ НАДЗОР ЗА СТРОИТЕЛЬСТВОМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СУДОВ
- ИНЖИНИРИНГ
- ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА

ВНЕ КОНКУРЕНЦИИ

АО «Северное ПКБ»
Россия, 198096, г.Санкт-Петербург
ул. Корабельная, дом 6, к.2, литер А
Тел.: +7(812) 784-1140, 784-7344
Факс: +7(812) 783-1277, 784-8312
spkb@mail.seanet.ru, www.severnoe.com

раля 2014 г.), «Дмитрий Рогачев» (25 июля 2014 г.) и «Павел Державин» (18 февраля 2016 г).

Сохраняется традиция «Северного ПКБ» создавать корабли для российских пограничников.

На ПАО «СФ «Алмаз» (Санкт-Петербург) и ОАО «Восточная верфь» (Владивосток) осуществляется серийное строительство пограничных кораблей пр. 22460 (главный конструктор проекта А. Ю. Наумов).

Семь кораблей («Рубин», «Бриллиант», «Жемчуг», «Изумруд», «Аметист», «Сапфир», «Коралл») переданы Пограничной службе РФ, пять находятся в стадии строительства. Планируется заказ еще двух единиц серии. За создание проекта этого корабля группа конструкторов была отмечена премией Правительства Российской Федерации.

Вооружение состоит из одной 30-мм АУ АК-306 и двух 12,7-мм пулеметов «Корд». Такой состав вооружения достаточен для выполнения задач, которые отводятся кораблям класса «Рубин».

Одна из главных особенностей проекта — расположенная в кормовой части взлетно-посадочная площадка для легкого вертолета типа Ка-226 или беспилотного летательного аппарата вертолетной схемы. Здесь же обустроен многофункциональный ангар с кормовым слипом, где может размещаться специальное оборудование или быстроходные жестконадувные катера, предназначенные, например, для быстрой доставки досмотровой команды на судно-нарушитель. Все это намного расширяет функциональные возможности небольших кораблей.

Важное преимущество кораблей пр. 22460 — высокий уровень автоматизации управления. Они оборудованы современной интегрированной системой управления, что позволяет существенно сократить численность личного состава.

В ходе проектирования корабля была предусмотрена возможность его использования в различных регионах мира, поэтому «Рубин» может работать как в экваториальных водах, так и в тонком, и битом льду, а конструкция его стального корпуса гарантирует выполнение поставленной задачи даже после столкновения с судном-нарушителем.

В настоящее время один корабль проекта несет службу на Каспии, четыре — на Черном море и два — на Тихом океане. Корабли класса «Рубин»

Фрегат четвертого поколения пр. 22350

по праву можно считать сторожевиками нового поколения. Они прекрасно зарекомендовали себя в ходе самых жестких испытаний в течение нескольких лет службы.

Сегодня специалисты, инженеры и конструкторы бюро, опираясь на многолетний опыт и используя наиболее современные методы проектирования, работают над новыми проектами боевых надводных кораблей для российского флота.

В рамках Гособоронзаказа ведутся работы по созданию принципиально новых эскадренных миноносцев, разрабатывается документация по ремонту и модернизации ТАРКР «Адмирал Нахимов» (пр. 11442М), работы на котором осуществляет АО «ПО «Севмаш».

При разработке всех современных проектов активно применяется самая совершенная на сегодняшний день система автоматизированного трехмерного моделирования «FORAN».

Создание и развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) в АО «Северное ПКБ» началось еще в конце 70-х годов прошлого столетия. Первые работы по САПР были направлены на решение отдельных расчетных задач.

За полтора десятка лет были опробованы различные пакеты программ САПР. В середине 90-х годов накопленный опыт по разработке электронных макетов и получения с них качественной документации показал необходимость приобретения и внедрения полной специализированной для судостроения CAD-системы, обеспечивающей проектирование в полном объеме как гражданских судов, так и военных кораблей. Система проектирования судов выбиралась почти 2,5 года. За это время были рассмотрены различные специализированные и универсальные системы. После их изучения в 1997 г. был приобретен пакет программ FORAN испанской фирмы «Sener», который отвечал всем требованиям, предъявляемым бюро. Первые макеты пяти помещений были выполнены на заказе 11356.

Также были приобретены технологические модули системы FORAN, позволяющие осуществлять раскрой металла для корпусных конструкций в автоматическом и полуавтоматическом режимах и получение карт-эскизов труб для автоматизированных трубогибочных станков.

Первый проект, выполненный с максимальной детализацией в 3D, — головной фрегат пр. 22350. Внедрение технологии 3D проектирования и управления изменениями на базе 3D модели позволило, например, сократить количество закупаемых материалов, снизить на порядок количество вопросов при постройке головного заказа, обеспечить рациональное и удобное размещение механизмов и систем в корпусе, высокую ремонтопригодность корабля, сжатые сроки его проектирования и высокие темпы строительства.

Для взаимодействия с заводом-строителем по вопросам, возникающим на этапе строительства заказа, разработана электронная книга вопросов и ответов. Формат обмена сообщениями позволил автоматизировать процесс обмена информацией и повысить оперативность решения вопросов.

В 2015 г. реализован проект обмена проектными данными по защищенному каналу между бюро и заводом-строителем. Это позволило оперативной группе бюро, расположенной на территории завода в Северодвинске, находится в едином информационном пространстве с конструкторами бюро. В дальнейшем это обеспечит возможность создания единой информационной среды с заводом-строителем.

Существующая система автоматизированного проектирования

обеспечила предприятие мощным технологическим фундаментом и вектором развития информационных технологий. Единая технологическая среда в свою очередь позволяет управлять данными и проектами на современном уровне.

Отдельного внимания заслуживает тема ВТС бюро с инозаказчиками.

Начиная с 1957 г. Болгарии, Польше, ГДР, ОАР, Индонезии, Финляндии и КНР поставлялись корабли, спроектированные в Северном ПКБ. В их числе эсминцы пр. 30бис, (30БА, 30БК), 31 и 56А, а также СКР пр. 50. При этом часть сторожевых кораблей была построена в КНР при технической помощи ЦКБ 53.

Особо следует отметить сотрудничество с Республикой Индия. Не будет преувеличением тезис о том, что создание военного флота Индии — заслуга специалистов Северного ПКБ.

В 1974—1976 гг. Северное ПКБ на базе отечественного пр. 61М разработало проект фрегата 61МЭ (главный конструктор А. Д. Шишкин). Головной фрегат серии — «Раджпут» — был передан заказчику в 1980 г., а последний — в 1987 г. (всего пять кораблей). Корабли пр. 61МЭ в настоящее время проходят модернизацию, заключающуюся в их оснащении индийско-российским противокорабельным комплексом «BrahMos», а также современными ЗРК.

По просьбе индийского правительства Северное ПКБ совместно с представителями Военно-Морского Флота в свое время определило состав вооружения и военной техники советского производства для установки на кораблях, проектируемых в Индии. На верфях заказчика при техническом содействии российской стороны были построены и сданы флоту корабли пр. 15, 15А, 16, 16А, 25 и 25А.

С 1999 г. Северное ПКБ оказывало техническое содействие в проектировании индийскими специалистами корабля пр. 17. Передача головного корабля «Shivalik» ВМС Индии состоялась 21 апреля 2010 г. Фрегаты этого типа станут основными кораблями ВМС Индии в первой половине XXI века.

В конце 1990-х годов была разработана техническая документация на новый фрегат (пр. 11356, главный конструктор В. А. Перевалов) для индийского флота. В 2003—2004 гг. и 2012—2013 гг. две серии из трех кораблей в каждой переданы индийским морякам.

В 1999 г. ВМС Республики Вьетнам был передан патрульно-сторожевой корабль пр. ПС-500 (главный конструктор В. И. Мутихин).

В 90-е годы прошлого века — крайне тяжелое для нашей страны время, эти заказы сыграл огромнейшую роль не только для бюро, но и для судостроительной отрасли России в целом, позволив сохранить квалифицированные инженерные и рабочие кадры. Главная заслуга в этом принадлежит Владимиру Евгеньевичу Юхнину, занимавшему в то время пост начальника и главного конструктора Северного ПКБ.

Создавали специалисты Северного ПКБ и основу ВМС НОАК. В конце 80-х годов начала разрабатываться военно-морская доктрина Китая. В то время Китай нуждался в современных технологиях, которыми он не обладал. Это касалось и военно-морской техники.

В 1999—2000 гг. КНР были переданы два ЭМ пр. 956, доработанных по пр. 956Э (главный конструктор И. И. Рубис). Первый корабль совершил беспрецедентный переход 13 морей и 3 океанов, при этом вся техника вела себя безукоризненно.

По результатам успешного сотрудничества в январе 2002 г. был заключен новый контракт на поставку еще двух ЭМ пр. 956ЭМ (главный конструктор В. П. Мишин). Корабли были построены и переданы ВМС КНР в 2005 и 2006 гг.

В 2001 г. в конце февраля был подписан контракт на оказание технического содействия по установке комплексов вооружения и оборудования на китайские эсминцы пр. 052В. Тема получила название «968». На кораблях было применено большое количество систем установленных на кораблях пр. 956, в связи с этим на западе его окрестили «Китайским Современным». Сотрудничество по «Теме 968» было завершено в 2005 г. Корабль пр. 052В стал платформой для проектирования уже китайского ЭМ пр. 052С.

В апреле 2002 г. было подписано Межправительственное соглашение и контракт на оказание технического содействия по установке российского оборудования на китайские эсминцы пр. 051С («Тема 988»).

«Тема 968» и «Тема 988» велись в бюро под руководством В. И. Голяка.

В 2004—2005 гг. по заказу Казахстана бюро разработало проект катера-снабженца (пр. 22180, главный конструктор А. Ю. Наумов), предназначенного для доставки грузов и персонала на буровые платформы Каспия. Сегодня Северное ПКБ объективно занимает лидирующее место на Мировом рынке военно-морской техники. Востребованность его проектов основана на богатом опыте, который был накоплен за годы существования бюро и сейчас успешно реализуется в целом ряде как отечественных заказов, так и экспортных проектов.

Наряду с проектированием кораблей для ВМФ Северное ПКБ продолжает разрабатывать проекты судов для гражданского флота. В настоящее время наиболее перспективной и наукоемкой работой в этом направлении является разработка проектов судов для перевозки сжиженного природного газа. Выполнен технический проект и концептуальные проекты газовозов различной вместимости с использованием разных систем хранения груза (главный конструктор Д. Б. Киселев).

Корабли проектов бюро несут свою нелегкую службу на всех флотах Мирового океана, осуществляют демонстрацию флага и обеспечивают обороноспособность России. АО «Северное ПКБ», являясь одним из существенных звеньев в структуре Объединенной судостроительной корпорации, призванной и способной реализовать стратегию развития отечественного кораблестроения, поддерживает и разделяет планы АО «ОСК» по дальнейшему развитию судостроительной отрасли РФ, интенсификации технического прогресса в области морских вооружений, становлению России как великой морской державы.

У нашего бюро не только славное прошлое. Северное ПКБ уверенно смотрит в будущее. Реализация достижений научно-технического прогресса, использование современных подходов к проектированию — вот реальные шаги к дальнейшей технической эволюции предприятия, которое приложит все усилия для создания Российской военно-морской мощи.

Генеральный директор
АО «Северное ПКБ»
В. И. Спиридопуло

АВИАНОСЦЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ВМС ВЕЛИКОБРИТАНИИ

К. В. Гурьянов, С. К. Гурьянов, Ф. Р. Сагайдаков
(ФГУП «Крыловский ГНЦ», e-mail: krylov@krylov.spb.ru)

УДК 623.82(1-87)

Экспедиционные операции по защите национальных и коалиционных интересов в различных регионах мира считаются одними из приоритетных задач ВМС Великобритании, поэтому они активно развивают сотрудничество с США, а также стремятся к укреплению лидирующей роли своего флота в Европе в рамках НАТО. Следствие этого — потребность ВМС Великобритании иметь, как минимум, две авианосные ударные группировки (АУГ) во главе с авианосцами (АВ) — одна АУГ должна быть в постоянной боевой готовности в составе «сил высокой боевой готовности», а другая — находиться в составе «сил пониженной готовности», что определяется либо нахождением АВ и кораблей АУГ в ремонте, либо на межпоходовом обслуживании в военно-морской базе (ВМБ).

На современные АВ возлагаются задачи обеспечения авиационной поддержки в районах с различными климатическими условиями, противоминной и противовоздушной обороны кораблей группировки (с помощью авиационных компонентов) в океанских районах и прибрежной зоне.

В настоящее время в ВМС Великобритании АВ отсутствуют — три авианосных корабля типа «Invincible» в связи с истечением расчётного срока службы (25 лет) и резким возрастанием стоимости их дальнейшей эксплуатации в 2005—2014 гг. были выведены из боевого состава. На замену этих кораблей с июля 2008 г. строятся два АВ нового поколения:

— первый, АВ «Queen Elizabeth», заложен 1 сентября 2009 г., спущен на воду 17 июня 2014 г., в настоящее время на нём ведутся пусконаладочные работы у достроечной стенки верфи-строителя. Завершение строительства и начало заводских ходовых испытаний АВ «Queen Elizabeth» планируется на август 2016 г., передача ВМС в опытную эксплуатацию и начало морских испытаний в составе флота — на май 2017 г., лётные испытания палубной авиации — на 2018 г. Полной оперативной готовности планируется достичь к концу 2020 г.;

— второй, АВ «Prince Of Wales», заложен 26 мая 2011 г., плановый спуск на воду — 2016 г., начало заводских ходовых испытаний — 2018 г., передача ВМС — 2019 г., лётные испытания — 2020 г. и оперативная готовность 2021—2022 гг.

Оба АВ будут приписаны к ВМБ «Portsmouth», где с 2015 г. ведутся дноуглубительные и строительные работы для приёма новых АВ.

Стоимость строительства двух АВ в 2008 г. оценивалась в 3,9 млрд ф. ст. (5,6 млрд дол. США). К октябрю 2010 г. она возросла до 5,2 млрд ф. ст., к середине 2014 г. — до 6,2 млрд ф. ст. На начало 2015 г. стоимость строительства одного АВ «Queen Elizabeth» оценивалась в 3,5 млрд ф. ст. В эту сумму включены (в млн ф. ст.): строительство корпусных конструкций на верфях Govan и Portsmouth — 1325; сборка секций на верфи Barrow-in-Furness фирмы BAE — 300; строительство носовых секций и сборка всех конструкций на верфи Rosyth Dockyard фирмы Babcock Marine — 675; выполнение проектных работ фирмой Thales UK — 425; проектирование и разработка систем фирмой BAE Systems Insyte — 275; поставка стали, дизель-генераторов (ДГ), авиационных лифтов и электроники — 500.

Для разработки проекта и строительства АВ был создан альянс ACA (Aircraft Carrier Alliance) в составе компаний Babcock, BAE Systems, Thales UK (подразделение французской компании Thales Group) и Министерства обороны, действующего одновременно как член альянса и как заказчик.

Из-за высокой стоимости АВ решение о начале строительства второго АВ трижды пересматривалось — предлагалось перепрофилировать его в десантный вертолётоносец (на замену десантного корабля L12 «Ocean»), использовать угловую полётную палубу (ПП) с электромагнитными катапультами (ЭМК) и электромеханическими аэрофинишёрами, созданными в США, и, наконец, сохранить проект в первозданном виде. В 2012 г. было принято окончательное решение о строительстве двух однотипных кораблей для возможности создания двух АУГ. Одновременно из-за высокой стоимости отказались от использования ЭМК.

Архитектура корабля. В конструкции АВ типа «Queen Elizabeth» применена единая прямоугольная взлётно-посадочная палуба с носовым трамплином (угол наклона 13°).Характерная особенность архитектуры — широкая кормовая оконечность с плоским закруглённым транцем. Транцевая корма выб-

Вывод АВ «Queen Elizabeth» из дока после спуска на воду

рана из соображений обеспечения более рационального размещения движительно-рулевого комплекса и требуемой остойчивости при несколько сниженных ходовых качествах АВ.

Носовая оконечность АВ имеет острые обводы в районе КВЛ с бульбом в подводной части. Корпус имеет девять внутренних палуб.

В отличие от АВ традиционной архитектуры с одной надстройкой, по правому борту новых АВ устанавливаются две островные надстройки («острова»), в которых смонтированы дымовые и вентиляционные трубы, размещены службы управления кораблём (носовой остров) и управления полётами (кормовой остров), а также аппаратура радиоэлектронного вооружения (РЭВ), а на верхней палубе и бортах надстройки островов — антенны РЭВ.

По мнению зарубежных специалистов, такая технология — переход от одноостровной к двухостровной — улучшает аэродинамические качества надстройки за счет снижения турбулентности потоков воздуха над ПП и за кормой АВ, в районе захода летательных аппаратов (ЛА) на посадку, а также обеспечивает рациональное использование палубного пространства.

Кораблестроительные характеристики АВ типа «Queen Elizabeth»

Полное водоизмещение, т	65 500
Запас водоизмещения на модернизацию, %	10
Основные размерения по КВЛ, м	282,9×38,8×11,0
Мощность ГЭУ, МВт:	
газотурбинные генераторы (ГТГ) Rolls-Royce MT30	2×35
основные ДГ Wartsila	2×11,3
вспомогательные ДГ	2×8,5
резервные ДГ	2×2
Скорость полного хода, уз	26
Дальность плавания (при скорости хода, уз), мор. миль	7000 (12)
Численность экипажа, чел.	1688
в том числе:	
корабельного состава	672
авиационного	921
управления	95
Максимальная длительность нахождения в море, сут/год	292
Расчётная автономность по запасам, сут	30
Предельная продолжительность пополнения запасов в ВМБ, сут	7

Расчётный срок службы АВ составляет 50 лет, включая плановопредупредительные ремонты с докованием через шесть лет (продолжительность одного докования — не более 6 мес).

«Queen Elizabeth» у достроечной стенки

На правом борту АВ размещены два бортовых лифтовых самолётоподъёмника грузоподъёмностью по 70 т, обеспечивающих доставку авиационной техники с ангарной палубы на ПП. Один самолётоподъёмник расположен между островами, другой — за кормовой надстройкой. Габариты самолётоподъёмников позволяют размещать одновременно два самолёта F-35B. Время доставки — 60 с.

Габариты ПП 277×73 м. Ангарная палуба находится под ПП и имеет размерения 155,0×33,5×(6,7—10,0) м, площадь ангара 4700 м^2, объём — 29 000 м^3. Ангар рассчитан на 20 готовых к использованию ЛА и, при необходимости, разделяется съемной противопожарной переборкой.

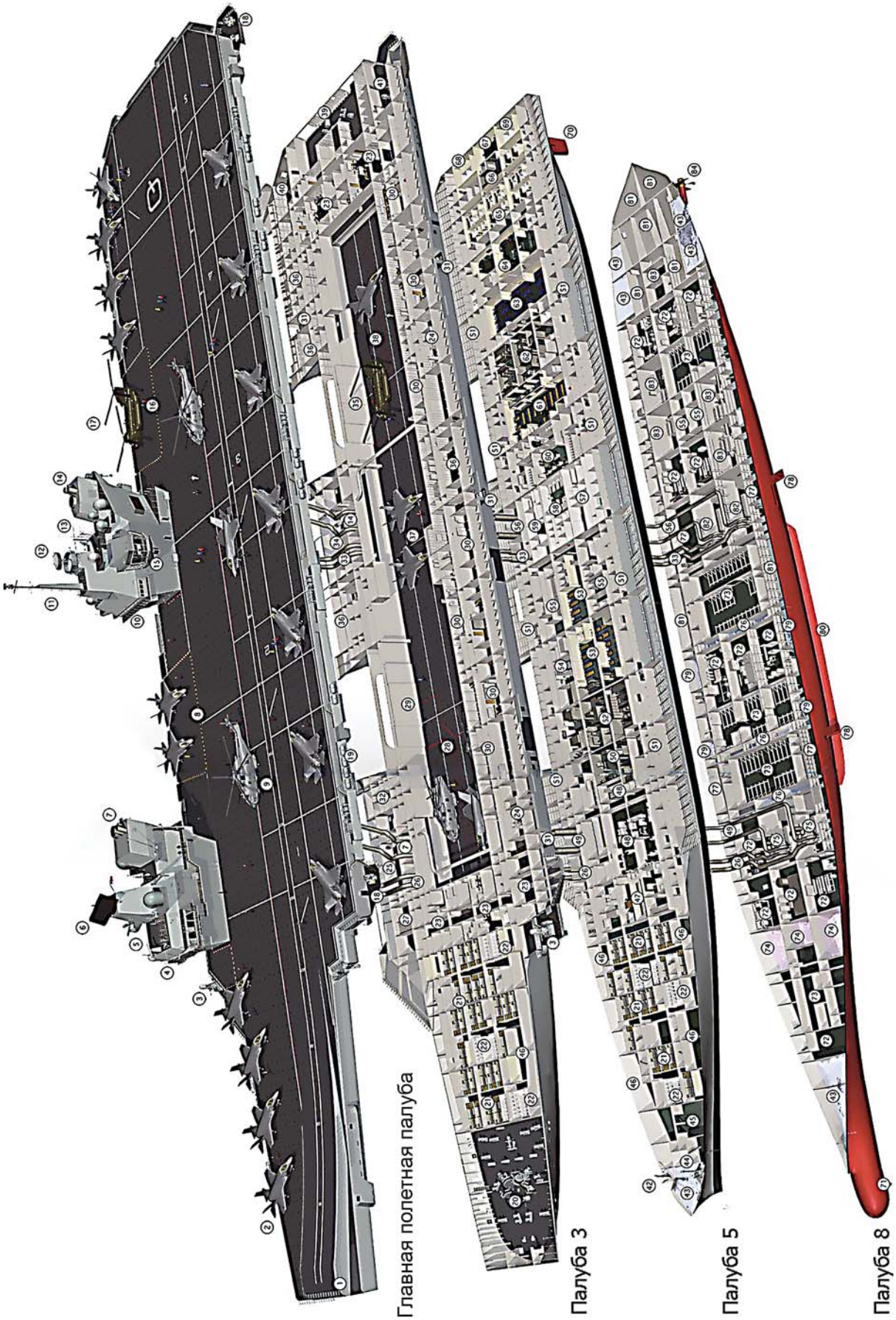
Внутренние помещения и обитаемость. В последние годы командование ВМС Великобритании уделяет особое внимание вопросам эргономики и обитаемости боевых кораблей. На АВ типа «Queen Elizabeth» по сравнению с кораблями предыдущих поколений существенно улучшены условия обитаемости как рядового (отсутствуют многоместные кубрики), так и офицерского составов.

Для рядового состава предназначены комфортные шестиместные каюты, зоны отдыха, а также помещения бытовой инфраструктуры, что положительно сказывается на несении длительных боевых служб с максимальной эффективностью. В каютах, кроме спальных мест, имеется пространство для хранения личных вещей. Каждое спальное место оборудовано розеткой корабельной электрической сети напряжением 240 В с трехштыревыми вилками английского стандарта. Система бытового электропитания спроектирована с учетом минимизации риска поражения электрическим током в условиях повышенной влажности.

На третьей палубе АВ расположены носовое и кормовое машинные отделения, каюты и душевые рядового состава, корабельный офис и пиролизное помещение. В средней части находится ангар, помещения эскадрильи, а также блок морской полиции с камерами. В кормовой части также имеется корабельный офис и швартовое помещение.

На пятой палубе расположены жилые и сервисные помещения рядового состава, спортзал, пекарня, камбузы и столовые рядового и офицерского составов, кают-компании, буфет, медсанчасть и госпиталь, помещения командиров боевых частей и служб, а также высших офицеров и флагманов.

Восьмая «техническая» палуба предназначена для вспомогательных механизмов, шкиперского имущества, цистерн, носового и кормового машинных отделений и багажного отделения офицерского состава.


Главная полетная палуба
Палуба 3
Палуба 5
Палуба 8

Общее расположение помещений АВ «Queen Elizabeth»:
1 — трамплин; *2* — истребитель F-35; *3* — АУ «Phalanx»; *4* —ходовая рубка; *5* — навигационная РЛС; *6* — РЛС дальнего обнаружения; *7* — носовое МО и выхлопные трубы ГТУ; *8, 16* — носовой и кормовой самолётоподъёмные лифты; *9* — вертолёт «Merlin»; *10* — запасная ходовая рубка; *11* — главная мачта; *12* — РЛС среднего радиуса действия; *13* — аппаратура связи; *14* — кормовое МО и выхлопные трубы ГТУ; *15* — пост управления полётами; *17* — вертолёт «Chinook»; *18* — автоматическая АУ малого калибра; *19* — надувные спасательные средства; *20* — носовое швартовое помещение; *21* — шестиместные каюты рядового состава; *22* — душевые рядового состава; *23* — корабельный офисный комплекс; *24* — помещение пиролиза; *25* — носовая ГТУ; *26, 33* — воздуховоды носового и кормового МО; *27* — система пожарной безопасности; *28, 37, 38* — носовой, средний и кормовой ангары; *29, 35* — ворота носового и кормового ангара; *30* — помещения авиационной эскадрильи; *31* — система массовой эвакуации; *32* — офис морской полиции и камеры; *34* — кормовая ГТУ; *36* — оборудование очистки воздуха; *39* — кормовое швартовое помещение (палуба); *40, 41* — швартовые помещения (палубы) правого и левого борта; *42* — якоря; *43* — цистерна водяного балласта; *44* — цепной ящик; *45* — гимнастический зал; *46* — рекреационное помещение рядового состава; *47* — офис систем выполняемой миссии; *48* — системы управления кораблем; *49* — выхлопные трубы носового МО; *50* — пекарня; *51* — коридор трубопроводов; *52, 53* — камбуз и столовая рядового состава; *54* — буфет; *55* — выгородка РЩ низкого напряжения; *56* — газоотвод кормовой ГТУ; *57* — госпиталь; *58* — медицинские боксы; *59* — главный отсек медсанчасти; *60* — центр управления живучестью корабля; *61, 62* — офицерские столовая и камбуз; *63* — офицерская кают-компания; *64* — вспомогательные помещения офицерской кают-компании; *65* — каюты командиров боевых частей и служб; *66, 67* — камбуз и кают-компания флагманов и высшего комсостава; *68* — блок-каюта высшего комсостава; *69* — каюты флагманов; *70* — рулевые устройства; *71* — носовой бульб; *72* — выгородка вспомогательных механизмов; *73* — шкиперская; *74* — цистерна авиационного топлива; *75* — носовое МО; *76* — цистерны питьевой воды; *77* — выгородки стабилизаторов качки; *78* — стабилизаторы качки; *79* — цистерна системы стабилизации по крену; *80* — скуловой киль; *81* — карман; *82* — кормовое МО; *83* — багажное отделение офицеров; *84* — гребные винты

Сведения относительно назначения и размещения помещений на остальных палубах отсутствуют.

Авиационное вооружение. Стандартное авиакрыло АВ типа «Queen Elizabeth» составляют 40 ЛА. В зависимости от выполняемой задачи предусмотрена перекомпоновка авиакрыла: 12—36 самолётов укороченного взлёта и вертикальной посадки STOVL (short take-off and vertical landing) и от 4 до 28 вертолётов различного назначения.

В качестве основных «ударных» авиационных средств предусмотрены истребители-бомбардировщики пятого поколения F-35B Lightning II, разработанные фирмой Lockheed Martin Aeronautics (Tactical Aircraft Systems) для ВМС США и их союзников по НАТО, и многоцелевые вертолёты «Merlin Mark 2» дальнего радиолокационного обнаружения (ДРЛО). Последние предназначены для сбора информации, наблюдения, обнаружения, сопровождения и рекогносцировки целей, а также для организации управления в воздушном пространстве.

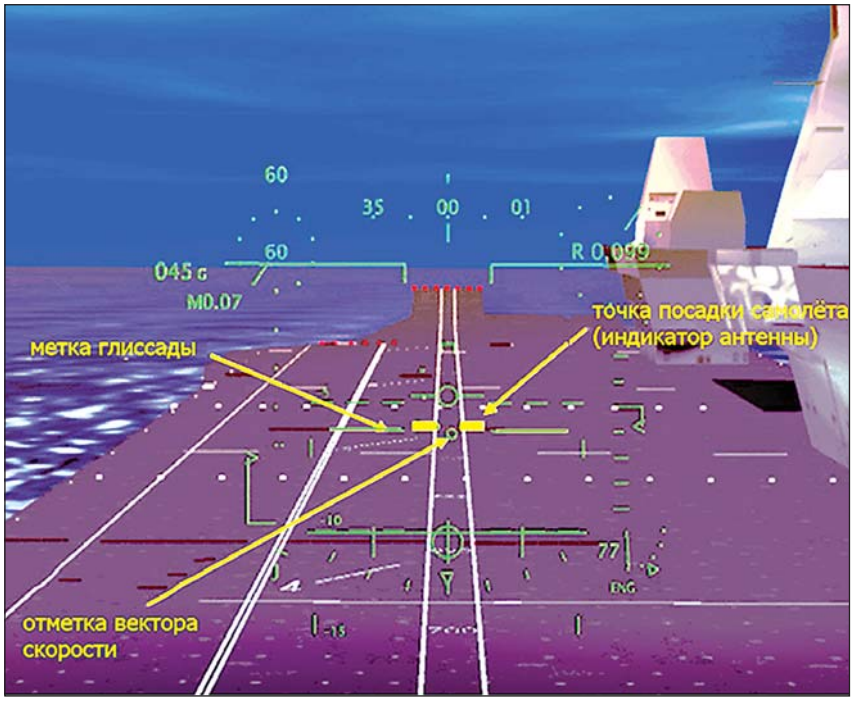
При выполнении специальных задач или экспедиционных миссий в прибрежных водах АВ типа «Queen Elizabeth» могут быть оснащены вертолетной группой из вертолётов поддержки «Chinook» и «Merlin», ударных «Wildcat» и «Apache» для поддержки передовых десантных групп морской пехоты или для обеспечения десантно-высадочных операций. В военно-морской доктрине Великобритании отмечено, что «перекомпоновка авиакрыла в зависимости от выполняемой задачи должна осуществляться во время похода, без необходимости возвращения АВ на ВМБ приписки».

Самолеты авиакрыла АВ «Queen Elizabeth» размещены: 20 в ангаре и 20 на ПП: 11 ЛА — по правому борту (5 перед носовым островом справа от трамплина, 6 за кормовым подъёмником) и 9 на рампе левого борта. Все палубные парковочные места — универсальные (обеспечивают дозаправку ЛА топливом и оружием) как для самолётов, так и для вертолётов.

Важнейшей характеристикой боевой эффективности АВ считается интенсивность запуска ЛА и приёма их на борт после выполнения поставленной задачи. Анализ зарубежной информации дает основание утверждать, что авиационно-технические средства АВ типа «Queen Elizabeth» рассчитаны на выполнение 420 самолётовылетов в течение 5 сут, т. е. в среднем по 84 вылета/сут. Технически допустима кратковременная интенсивность до 110 вылетов/сут. Максимальная интенсивность взлёта составляет 24 самолёта за 15 мин (38 с/взлёт), посадки — 24 самолёта за 24 мин.

Ранее сообщалось, что для обеспечения такой интенсивности полётная палуба имеет три взлётные дорож-

Стандартная 6-местная каюта



Компьютерная визуализация системы посадки ЛА на палубе АВ

ки — две короткие длиной по 160 м и длинную — ок. 260 м — и что убирающиеся газоотбойники установлены в начале каждой из двух коротких дорожек, а также, возможно, у левой стенки передней островной надстройки. Однако анализ имеющихся в открытом доступе изображений палубы АВ показывает, что на корабле только одна взлётная полоса от кормы до носовой оконечности трамплина с одним убирающимся газоотбойником (слева от кормового острова, примерно на расстоянии 150—160 м от носовой кромки трамплина).

Видеоматериалы об АВ типа «Queen Elizabeth» дают основание полагать, что интенсивный запуск ЛА будет осуществляться «с ходу», т. е. без фиксации самолёта на стартовой позиции и без подъёма газоотбойника. Следует отметить, что ширина ПП позволяет выделить по всей длине между взлётной полосой и островами рулёжное пространство, предназначенное для перемещения готовящихся к взлёту самолётов с носа в корму без помех для взлета других ЛА.

В целях экономии топлива посадка самолётов будет осуществляться не строго вертикально, а с малой поступательной посадочной скоростью (slow landing) и короткой пробежкой после касания палубы. Такой режим, помимо экономии топлива, сокращает время посадки и обеспечивает быстрое освобождение посадочной площадки для приёма очередного самолёта. Кроме того, такой способ посадки обеспечивает увеличение допустимой массы самолёта при посадке на палубу. Для обычного алгоритма вертикальной посадки в кормовой части ПП предусмотрены две посадочные точки.

Для сравнения: АВ предыдущего поколения типа «Invincible» (авиакрыло — 18 СВВП «Harrier» и четыре вертолёта «Sea King») в течение 5 сут обеспечивал только 60 вылетов (в среднем 12 вылетов/сут), АВ «Nimitz» ВМС США (авиакрыло — 44 самолёта типов F-14, F/A-18, четыре паровые катапульты) в 1997 г. в ходе международных учений JTFEX97-2 достиг 197 самолётовылетов/сут, а для АВ нового поколения «Gerald R Ford» ВМС США (авиакрыло — 75 самолётов, четыре ЭМК) максимальное расчётное число самолётовылетов/сут составляет 160, предельное кратковременное — 220.

Сопоставление максимальных расчётных значений самолётовылетов АВ «Queen Elizabeth» ВМС Великобритании и «Gerald R. Ford» ВМС США показывает, что нагрузки на один самолёт у них одинаковы и составляют в среднем 2 вылета/сут. Между тем, базируясь на достигнутом опыте ВМС США, оптимальными можно признать следующие показатели: постоянная техническая готовность самолётов к вылету — 75% от численности авиакрыла; суммарное время планирования полётов, инструктажа пилотов, подготовки самолёта, доклада о выполнении задания — в среднем 4 ч; число вылетов одного экипажа — не более трёх в сутки, суммарное полётное время одного экипажа ограничивается примерно 6 ч/сут; соотношение числа экипажей, подготовленных к самостоятельному выполнению полётных заданий, к количеству боеготовых самолётов — в пределах 1,5—2,0.

Новые АВ ВМС Великобритании удовлетворяют приведенным требованиям.

Для обеспечения посадки самолётов на палубу у АВ типа «Queen Elizabeth» будет применена разрабатываемая по заказу НИУ ВМС США (ONR) фирмой QinetiQ (США) новая система визуальной посадки Bedford array. Контракт на поставку такой системы для АВ «Queen Elizabeth» заключён в мае 2013 г. Новая система будет отображать на индикаторе лобового стекла самолёта (ИЛС) горизонтальную метку точки посадки. Лётчику необходимо будет совместить и удерживать на ИЛС точку посадки и метку глиссады. При этом отметка вектора скорости (обозначение на ИЛС места, где окажется самолёт при текущей горизонтальной скорости, скорости снижения, тангаже, крене и рыскании) должна находиться посредине образовавшейся прямой. Считается, что новая система обеспечит высокую точность и безопасность посадки самолётов на палубу АВ.

Следует отметить, что системой Bedford array предполагается оснастить как АВ ВМС США, так и их союзников по НАТО. Это позволит в процессе совместных операций палубным самолётам садиться на АВ разных ВМС.

(Окончание — в следующем номере)

Рецензия на новую книгу

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОДКОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

В начале этого года вышла книга «Проблемы ходкости транспортных судов», написанная главным научным сотрудником Крыловского государственного научного центра (КГНЦ) чл.-корр. РАН А. В. Пустошным [1]. Посвященные этому важнейшему в теории корабля направлению обобщающие монографические исследования не издавались в течение 30 лет. За столь большой промежуток времени в области ходкости транспортных судов произошли существенные изменения, в первую очередь касающиеся широкого внедрения винторулевых колонок в качестве движительного комплекса судов. Не менее важные изменения, кардинальным образом влияющие на гидродинамическое проектирование вновь создаваемых судов, произошли в политико-нормативной сфере. Речь идет о принятых ИМО документах по нормированию выбросов судами в атмосферу углекислого газа, а также о планируемых к принятию документах по нормированию подводного шума судов гражданского назначения. В соответствии с уже принятыми документами к 2025 г. необходимо обеспечить снижение потребления топлива на 25—30% на перевозку единицы груза. Для удовлетворения этим нормам судостроителям следует решить крайне сложные задачи значительного снижения сопротивления воды движению судна и повышения эффективности движительного комплекса. Альтернативой поиску новых технических решений является снижение скорости транспортировки грузов морским транспортом.

Монография А. В. Пустошного посвящена рассмотрению и оценке возможных путей решения задач, связанных с повышением гидродинамической эффективности транспортных судов. В первой главе книги автор подробно описывает исторические перипетии принятия ИМО норм по выбросам углекислого газа с гражданских судов. Он показывает, что на первых этапах разработки нормативных документов мнения судостроителей игнорировались. Более того, их компетенция ставилась под сомнение. Так, например, опытовые бассейны, получающие предварительные данные по индексу энергоэффективности судна EEDI, должны были быть приняты специальным проверяющим — «верифайером» как надежные. Эта процедура подразумевала тщательную проверку бассейна, его калибровку и предъявление методики определения кривой мощности судна. При этом отмечалось, что «верифайер» не должен проверять использованные бассейном «факторы масштабирования результатов модельного эксперимента, так как никто, кроме судостроителя, не знает этот предмет лучше». Кроме этого, предлагалось подвергнуть верификации надежность «параметров, основанных на опыте судостроителей». Для этой цели ИМО предполагало разработать свой метод, не связанный с опытом судостроителей, и который не потребует большой проверки на достоверность.

Такая позиция не устроила Международную конференцию опытовых бассейнов (МКОБ), которая потребовала активного участия ее специалистов в разработке норм. Автор книги, который в то время представлял КГНЦ в руководящих органах МКОБ, принял большое участие в этой работе. Вмешательство МКОБ и других судостроительных организаций привело к некоторой корректировке нормативных документов, о чем подробно описано в книге. Однако, противостояние судостроителей и ИМО продолжается, и рецензируемая книга является попыткой оценить возможности судостроительной науки противостоять современным вызовам.

Последующие четыре главы книги посвящены анализу возможных путей повышения энергоэффективности транспортных судов. Так, во второй главе рассматриваются возможности традиционных подходов, заключающихся в гидродинамической отработке формы корпуса судна и повышении эффективности взаимодействия движительного комплекса с корпусом. Анализируя процедуры оптимизации формы корпуса, автор указывает, что это очень кропотливая работа, требующая не только тщательного модельного эксперимента, но и применения всего арсенала средств вычислительной гидромеханики, причем ее результат часто оказывается не очень эффективным. Ссылаясь на опыт работы опытовых бассейнов КГНЦ, А. В. Пустошный подчеркивает, что «при отсутствии крупных ошибок в исходном корпусе максимальный эффект бассейновой отработки может составлять 2—3, реже 5% снижения сопротивления». Здесь же он с горечью отмечает, что «это служит (по крайней мере, в России) причиной обвинения гидродинамиков в неспособности создания весомых инноваций с эффективностью в десятки процентов». Тем не менее борьба за снижение сопротивления судов остается одной из важнейших задач судостроителей, что подтверждено в решениях МКОБ, принятых в 2014 г.,

в которых сказано, что необходимо «сконцентрироваться на возможности аккуратной реализации в проектах малых изменений корпуса и выступающих частей для снижения сопротивления».

Еще одним существенным препятствием, затрудняющим реализацию требований ИМО, по мнению автора, являются проектные ограничения. В книге приводятся результаты исследований, выполненных в КГНЦ под руководством Г. И. Каневского, которые иллюстрируют влияние ограничений по ледовому классу и осадке. Эти ограничения особенно актуальны для РФ. Выполненное исследование убедительно показывает, что без ограничений по осадке требования ИМО могут быть достаточно просто удовлетворены. Наличие ледового класса позволяет удовлетворять требованиям только на начальных этапах внедрения индекса энергоэффективности, ограничения же по осадке делают требования ИМО невыполнимыми.

По мнению А. В. Пустошного, гидродинамики в сложившейся ситуации должны искать новые нетрадиционные пути. Он считает, что одним из таких путей может быть отказ от оптимизации судна только на условия тихой воды и переход к оптимизации ходкости судна в течение всего периода его эксплуатации. В качестве подтверждения этого тезиса автор приводит данные об оптимизации дифферента судна, при которой эффект может достигать 10%.

Другим традиционным способом повышения энергоэффективности транспортных судов является применение энергосберегающих устройств. Автор приводит в соответствии с классификацией МКОБ перечень основных видов устройств для энергосбережения с указанием их эффективности, которая не превышает 5—6%. Причем особо подчеркивается, что совместное применение различных устройств обычно не приводит к суммированию их эффекта. Опыт применения энергосберегающих устройств на судах показал, что не всегда эффективность устройства, полученная в модельном эксперименте, полностью проявляется в натурных условиях. Поэтому, по мнению автора, при создании таких устройств необходимо переходить к их проектированию на натурные условия с учетом натурного поля скорости, которые можно получить только с использованием численных расчетов. Оценивая перспективы применения энергосберегающих устройств на судах, эксплуатируемых в российских условиях, в первую очередь характеризующихся наличием ледяного покрова, А. В. Пустошный считает, что наиболее рациональны устройства, снижающие потери в осевом вихре гребного винта.

Третья глава книги посвящена перспективам совершенствования проектирования гребных винтов транспортных судов с учетом современных требований по повышению их КПД и снижению шумности. Автор указывает, что последние два-три десятилетия существенно изменился подход к проектированию гребных винтов. В настоящее время винты проектируются не по сериям, а индивидуально с учетом особенностей обтекания конкретного корпуса. Применение современных расчетных методов позволяет выбирать дисковое отношение винта с точностью до 0,02—0,04 и за счет этого повышать его КПД. Тем не менее, как считает А. В. Пустошный, резерв повышения КПД традиционного гребного винта не превышает 5%.

Планируемое введение норм по шумности судов потребует более скрупулезного подхода к изучению кавитации движителей гражданских судов. Ранее кавитация гребных винтов судов изучалась в основном с целью удовлетворения санитарных норм по вибрации, при этом не требовалось высокой точности определения величины давлений, вызываемых кавитацией, важно было, чтобы они не превышали определенного предела. Требования по снижению шумности ставят более сложные задачи. Автор справедливо указывает, что их решение зависит от используемых в гидродинамических бассейнах технологий проведения кавитационных исследований, которые не всегда соответствуют современным условиям. Далее следует подробное описание возникающих проблем и предлагаются возможные пути их решения.

Отдельные параграфы главы посвящены использованию винторулевых колонок (ВРК) и движителей судов ледового плавания и двойного действия. Рассматривая процесс внедрения ВРК на судах в качестве главного движителя, автор указывает на их основные преимущества. В первую очередь, это резкое снижение уровня гидродинамических пульсирующих давлений на корпусе, что особенно важно для пассажирских судов. Второе преимущество ВРК, которое важно для ледоколов и судов ледового плавания, — возможность обеспечения высокого уровня тяги на режиме движения задним ходом. Автор показывает, что по гидродинамическим характеристикам изолированный гребной винт имеет примерно на 5—8% больший КПД, чем изолированный ВРК. Тем не менее это обстоятельство не является препятствием для его широкого использования. Обычно на гражданских судах устанавливается два и более ВРК, при этом отсутствуют такие выступающие части, как выкружки, кронштейны и рули, вклад которых в сопротивление судна достигает 10—15%. Снижение суммарного сопротивления корпуса с лихвой компенсирует меньший КПД ВРК по сравнению с традиционным гребным винтом. Внедрение ВРК на судах потребовало от судостроителей изменения и уточнения методик проведения модельных испытаний, а также выполнения расчетов ходкости. А. В. Пустошный указывает, что в этом направлении необходимо проводить дальнейшие исследования, в том числе с использование современных методов вычислительной гидромеханики, например для изучения масштабных эффектов.Рассматривая движительные комп-

лексы судов ледового плавания, автор показывает, что учет ледового воздействия на эти комплексы существенно усложняет решение проблем, связанных с энергоэффективностью и шумностью. Он считает, что при формировании требований к движительным комплексам необходимо разделять суда, предназначенные для постоянной работы в ледовых условиях, и суда ледового транзита, для которых очень важны показатели ходкости на чистой воде. Для таких судов могут быть снижены требования по прочности, что позволит повысить КПД. Еще одним возможным решением проблемы является использование судов двойного действия, которые обладают повышенными ходовыми качествами на чистой воде по сравнению с обычными судами ледового плавания. Суда двойного действия обязательно оснащены ВРК и отличаются от обычных судов тем, что могут эффективно ломать лед при движении задним ходом. В настоящее время имеется весьма ограниченное число судов двойного действия, которые активно эксплуатируются во льдах. Поэтому разработка требований к их пропульсивному комплексу еще находится на стадии разработки, в том числе автором монографии [2]. Тем не менее, по мнению ряда специалистов, суда двойного могут оказаться не столь эффективными, как это сейчас представляется большинству судостроителей, и возможность их применения в арктических морях может быть весьма ограниченной [3].

Крайне сложной для решения представляется автору проблема снижения шумности и виброактивности движителей судов ледового плавания. Он показывает, что удовлетворение этим требованиям идет вразрез с требованиями безопасности и, в первую очередь, прочности движительных комплексов. Решение проблемы А. В. Пустошный видит в более точном и обоснованном выборе ледового класса судна в целом и движительного комплекса в отдельности, а также в четкой расстановке приоритетов, заключающейся в точном задании режимов эксплуатации судна.

В четвертой главе книги рассматриваются возможности применения соосных гребных винтов противоположного вращения. Автор кратко рассматривает историю внедрения таких винтов в судостроении. Он подчеркивает, что до недавнего времени эта давно и хорошо известная идея не получала развития в судостроении из-за больших технических сложностей в ее осуществлении, а также из-за относительно небольшого положительного эффекта. В настоящее время ситуация изменилась благодаря предложению компании ABB использовать в качестве второго соосного винта ВРК. Реализация этой идеи японскими судостроителями на скоростных паромах позволила получит эффект около 10%. Далее автор на основании исследований, выполненных в КГНЦ, рассматривает некоторые аспекты проектирования таких движителей, оценивает их эффективность, а также касается вопросов, связанных с периодическими силами и кавитацией соосных винтов. В конце главы сформулированы основные рекомендации по применимости соосных винтов в судостроении.

Последняя, пятая глава книги посвящена одному из перспективных, по мнению автора, направлений в транспортном судостроении, позволяющему получить заметное повышение энергоэффективности судов. Речь идет о технологиях создания искусственных каверн на днище судов, существенно снижающих составляющую сопротивления, связанную с трением. Работы по созданию судов с искусственной каверной на днище были начаты в ГКНЦ еще 1961 г. по предложению А. Н. Иванова, а затем продолжены А. А. Бутузовым и его учениками. В настоящее время эта технология широко применяется в России для создания скоростных глиссирующих и полуглиссирующих катеров, у которых все днище перекрывается одной каверной. В книге приводится иллюстрированная таблица с характеристиками построенных и эксплуатируемых катеров. Новое направление для технологий искусственных каверн связано с применением их на относительно тихоходных судах, для которых необходимо создание специальных устройств на днище для удержания каверны. Автор подробно рассматривает проблемы, связанные с созданием искусственных каверн на таких судах, а также пути их решения. Он приводит сводку проектов, для которых в КГНЦ была проработана возможность создания каверн. Эффективность внедрения этих технологий может достигать 15—20%. В работе [4] подробно описан выполненный специалистами КГНЦ концептуальный проект танкера для вывоза нефти из портов Балтики, в котором используются каверны на днище для энергосбережения. По мнению А. В. Пустошного, наилучшими объектами для указанных технологий являются суда внутреннего плавания, а также морские суда с большой площадью днища, эксплуатируемые при числах Фруда менее 0,2. Он подчеркивает, что «в настоящее время не известны иные технические решения ... позволяющие в наибольшей степени выполнить требования ИМО по энергоэффективности до 2025 г.».

Подводя итог рассмотрению монографии А. В. Пустошного, можно сказать, что это очень нужная и своевременная книга. Ознакомление с ней поможет специалистам судостроительной промышленности более обоснованно подходить к решению современных задач ходкости транспортных судов. Кроме этого, книга может быть полезной студентам судостроительных специальностей, так как позволяет понять основные проблемы, стоящие на современном этапе перед проектировщиками перспективных транспортных судов.

Литература

1. *Пустошный А. В.* Проблемы ходкости транспортных судов. СПб.: ФГУП «Крыловский ГНЦ», 2016.
2. *Борусевич В. О., Габерцеттель Ф. И., Пустошный А. В., Фролова И. Г.* О развитии требований к движителям судов двойного действия//Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2015. № 38/39.
3. *Сазонов К. Е.* О ледовой ходкости и управляемости крупнотоннажных судов двойного действия в Арктике//Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. № 1(107).
4. *Малов Е. В., Сверчков А. В., Стрельников Н. В., Терентьев А. А.* Разработка концептуального проекта нефтеналивного танкера с ограниченной осадкой и энергосберегающей каверной для круглогодичного вывоза нефти из портов Балтийского моря//Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2015. № 40/41.

К. Е. Сазонов, докт. техн. наук,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
e-mail: kirsaz@rambler.ru

Из редакционной почты

НАДО ПЕРЕВЫПУСКАТЬ УЧЕБНИКИ

В журнале «Судостроение» № 1 за 2016 г. опубликована статья профессора Дальневосточного федерального университета доктора технических наук члена редколлегии журнала «Судостроение» Сергея Владимировича Антоненко «О подготовке кораблестроителей в условиях реформ». На нее пришел отклик от Ирины Владимировны Гараниной — заведующей библиотекой ГПБОУ «Нижегородский политехнический колледж». В связи с очевидной актуальностью поднятых в письме вопросов редакция посчитала целесообразным напечатать это письмо с небольшими сокращениями. При этом необходимо заметить, что журнал «Судостроение» издается АО «ЦТСС» и никакого отношения к одноименному издательству «Судостроение» не имеет.

Здравствуйте, уважаемый С. В. Антоненко!

К Вам обращается зав. библиотекой ГПБОУ «Нижегородский политехнический колледж» имени Героя Советского Союза А. П. Руднева (с 1920 по 1991 год учебное заведение называлось Сормовский машиностроительный техникум) в Нижнем Новгороде. Я прочитала Вашу статью «О подготовке кораблестроителей в условиях реформ» в № 1 журнала «Судостроение». Наша библиотека является подписчиком этого журнала с 60-х годов, и по долгу службы я просматриваю каждый номер. Я нашла в статье много полезного для себя. При беседах с коллегами из других учебных заведений постоянно возникает чувство, что мы все работаем в одном вузе или колледже — проблемы одни. Моя главная проблема — отсутствие учебников по судостроительным специальностям. Как Вы правильно заметили в статье: «Последние учебники и справочники по большинству кораблестроительных дисциплин были написаны в 80-е годы прошлого века, полноценной замены им пока нет». В нашем городе существуют три учебных заведения — Волжская государственная академия водного транспорта, Нижегородское речное училище им. И. П. Кулибина и наш колледж, где готовят специалистов для судостроения.

Не надо, вероятно, Вам напоминать о существовании в Нижнем Новгороде известного судостроительного предприятия АО «Завод «Красное Сормово», где всегда работали и работают наши выпускники. Генеральный директор завода Николай Сергеевич Жарков неоднократно отмечал в своих выступлениях важность качественной подготовки специалистов для завода, а в интервью газете «Красный сормович» во время спуска на воду танкера «Виктория» в сентябре 2015 г. сказал: «Спасибо колледжу за помощь заводу в решении серьезного кадрового вопроса». Колледж с 95-летней историей всегда был ориентирован на подготовку высококлассных специалистов для судостроения и машиностроения.

Сегодня в Нижегородском политехническом колледже есть две специальности — «Судостроение» и «Монтаж и техническое обслуживание судовых машин и механизмов», для которых мы не в состоянии приобрести учебники. При существовании современных электронных библиотечных систем мы также не можем обеспечить наших студентов и электронными вариантами. Во всех ЭБС, просмотренных мною, литература по судостроению полностью отсутствует. Иногда за судостроение выдается что угодно, и даже рыбопромысловое хозяйство, хотя это совершенно разные отрасли промышленности. Все, что можно сейчас получить, — это труды научных институтов или красочные книги о кораблях и об истории флота, в то время как ребятам необходимы учебники по дисциплинам ФГОС и практикумы.

Однако требования по обеспеченности учебного процесса литературой распространяются на все специальности в равной мере, т. е. я должна по закону обеспечить всех студентов этих специальностей литературой последних 5 или 10 лет издания, также, как, к примеру, бухгалтеров или коммерсантов (не говоря о том, что литературы по экономике и коммерции в магазинах и издательствах более чем достаточно). Как? Вот в чём вопрос.

Я была очень обрадована, что в таком уважаемом журнале появились строчки об отсутствии учебников, поэтому никак не могла Вам не написать. Со своей стороны я прошу Вас при любой возможности обратиться в издательство «Судостроение» и другие инстанции, чтобы наладился выпуск учебников. Конечно, я понимаю, что Вы и так много сделали, опубликовав эту статью, и все же. Сама я обращалась в издательства «Судостроение» и «Академия» с просьбой хотя бы организовать перевыпуск старых учебников по судовым паровым установкам, котлам и ДВС, судовым устройствам, которые приходят в негодность. Но, как писал наш великий поэт: «Молчанье было ей ответом». Ни одно издательство мне даже не ответило. Да и кто в наше время будет слушать библиотекарей?

Пожалуйста, помогите, если Вы можете. В колледже много достойных студентов, интересующихся профессией, которые, как я считаю, могут и должны продолжать традиции корифеев, судостроителей — нижегородцев, таких как Р. Е. Алексеев, А. А. Животовский, Н. И. Кваша, Н. С. Жарков.

Спасибо за статью.

Заранее Вам благодарна, с уважением Ирина Владимировна Гаранина, зав. библиотекой ГПБОУ «Нижегородский политехнический колледж».

E-mail: irina.garanina2012@yandex.ru

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

И. Н. Гужвенко, В. А. Чанчиков, канд. техн. наук,
С. А. Свекольников, О. В. Бурмистрова, канд. техн. наук
(Астраханский государственный технический университет,
тел. 8512-614275, e-mail: ivan.3124@yandex.ru)

УДК 621.891

Современный речной, морской или смешанный «река—море» флот является надежным не только при наличии развитой инфраструктуры портовых, причальных и перегрузочных терминалов, работа которых выстроена по правильной логистической цепочке. В понятие надежности флота входит и текущее состояние парка его судов, включая состояние их энергетических установок. Статистический анализ судов, приписанных к порту Астрахань (135 ед.) [1], показывает, что суда со сроком службы до 10 лет занимают менее 10%, а суммарное число судов грузового назначения со сроком службы до 20 лет не превышает 15%. Это означает, что остальные суда со сроком службы более 20 лет морально и технически устарели и в ближайшие годы выполнение ими прямых задач по транспортированию грузов будет сопряжено с вероятностью более частого выхода из строя. Наиболее уязвимым узлом типичного судна грузового назначения с позиции незапланированных отказов является двигательно-движительный комплекс, состоящий из главного двигателя, валопровода и гребного винта.

Возраст главных энергетических установок мало отличается от возраста самих судов, что характерно для флота, слабо подверженного реновациям. Типичные черты двигательно-движительного комплекса судна, приписанного к Астраханскому речному порту, выражаются в наличии на борту обычно двух тронковых четырехтактных среднеоборотных двигателей одинаковой мощности. Преобладающими изготовителями дизельных двигателей при этом являются страны бывшего соцлагеря — Чехия и ГДР. Закономерно, что данные энергетические установки, имеющие в своем составе обычно от 6 до 8 рядно расположенных цилиндров, изготовлены в основном в период с 1970 по 1990 г. Большинство судов имеют в качестве главных и вспомогательных двигателей среднеоборотные дизели типа 6-8 NVD36 или 6-8 NVD48, эксплуатирующиеся со многими капитальными ремонтами более 25—30 лет. В основном дизелями производства ГДР и Чехословакии снабжались суда нефтеналивного, нефтенавалочного, а также сухогрузного назначения типа «Нефтерудовоз», «Волготанкер» и т. п. На данные типы судов приходится свыше 50% грузооборота через речные порты Астрахань и Оля. Заменить их в ближайшее время на обновленные суда или подвергнуть реновации не представляется возможным по причинам сложного финансового состояния многих компаний Астраханского региона. Поэтому становится актуальной задача поддержания в постоянной эксплуатационной готовности судов астраханского речного флота и повышения надежности их главных двигателей.

Судовой главный двигатель — сложная техническая система, составляющие которой имеют неравную скорость выхода из строя, а следовательно, и неравномерно изнашиваются в ходе сложных трибологических процессов. Однако ни один из узлов судового тронкового дизеля не обладает таким сложным механизмом износа, как цилиндропоршневая группа (ЦПГ). Это происходит из-за того, что поршневые компрессионные уплотнения, разделяющие подпоршневое пространство и камеру сгорания двигателя, могут иметь сразу три механизма изнашивания — молекулярно-механический, абразивный и коррозионный. Доминирующий механизм воздействия на ЦПГ выделить сложно, потому что возможно как раздельное их проявление, так и аддитивное. Важным в этом случае для тронкового дизеля становится то, что сами поршневые кольца являются «регуляторами» расхода смазочного масла. Это означает, что поршневые кольца, изнашиваясь любым из трех вышеназванных механизмов трибологического воздействия, делают эксплуатацию двигателя неэкономичной и экологически вредной. Для судового дизеля доминирующим фактором изнашивания ЦПГ является стоимость восстановления данного узла.

Для четырех размерных классов дизельных двигателей отечественного производства стоимость дефектации ЦПГ со снятием головки блока, замены изношенных поршневых колец и втулок может составлять от десятков до сотен тысяч рублей (рис. 1), при

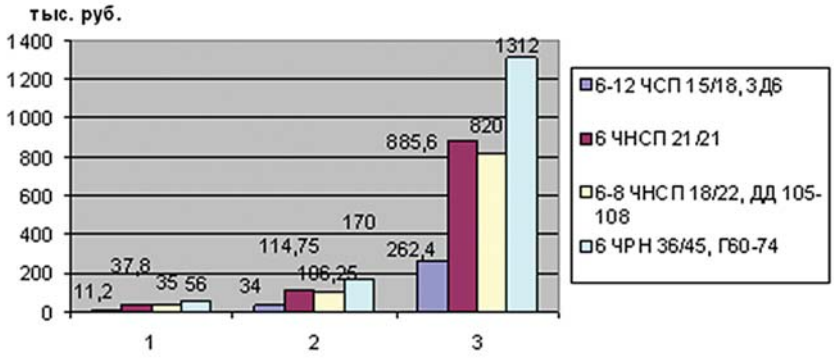


Рис. 1. **Затраты на восстановление работоспособности ЦПГ применительно к основным моделям главных судовых дизелей отечественного производства:**
1 — ремонт поршневой группы; *2* — замена втулок; *3* — дефектация ЦПГ

этом затраты времени на дефектацию и замену указанных деталей могут достигать 70% периода обслуживания судна.

Эффективность мероприятий по повышению износостойкости ЦПГ и надежности судна в целом зависит от комплексного подхода к решению данных проблем. Наиболее вероятен технологический вариант подхода к повышению износостойкости поршневых колец или цилиндровых втулок, однако на современном этапе эксплуатации главных судовых дизелей сложно внедрить новые методы улучшения поверхностной обработки материала названных деталей. Одна из причин — дорогостоящие технологии улучшения физико-механических свойств поверхности деталей, а также сложность взаимной эксплуатационной увязки различных методов упрочнения. В особенности это касается таких способов как закалка токами высокой частоты, электроискровое легирование, лазерная закалка [2]. В любом случае для снабжения судна такими серийными деталями необходим вывод его из эксплуатации на длительное время, приработочные испытания, иными словами, дорогостоящая и длительная частичная реновация судна.

С другой стороны, положительного эффекта повышения износостойкости можно ожидать в перспективе от модификации самой смазочной среды судового дизельного двигателя. Достигается этот процесс в основном введением специальных присадок в базовое масло, что повышает износостойкость поверхностных слоев трения деталей, в том числе ЦПГ.

Однако в плане теоретических изысканий и практического опыта вопросы применения противоизносных присадок в картерной системе смазки судовых дизельных двигателей пока еще слабо изучены. Сегодня широко применяются трибологические составы (рис. 2), различные как по принципу и достигаемой эффективности действия, так и по чисто субъективным показателям — к примеру, стоимости.

Эффективность применения каждого из них — реметаллизанта, модификатора трения, PB-модификатора или полимерсодержащей композиции — зависит от многих факторов — концентрации в базовом смазочном масле, условий теплонапряженности пары трения, относительного контактного давления. Как известно, для ЦПГ все вышеперечисленные факторы имеют крайне неравномерные значения, увеличиваясь вблизи верхней мертвой точки (ВМТ) хода поршня, где находится камера сгорания двигателя. Соответственно в ВМТ наблюдается и нехватка смазочной пленки, которая содержит противоизносную присадку. Это требует от трибологического состава создания на поверхности базового металла устойчивых плакирующих структур. Наиболее активно такие структуры возникают в результате хемосорбционных процессов, которые проходят при участии поверхностно-активных веществ, создающих устойчивые связи с базовой трибологической поверхностью. Общие тенденции в разработке таких присадок в качестве модификаторов трения на основе твердосмазочных порошков MoS_2 и MoS_3 были описаны в [3]. Эти тенденции заключаются в максимальном измельчении твердой фазы до наноразмерного уровня и стабилизации ее поверхностно-активными веществами. Этим достигается отсутствие коагуляции твердых частиц в крупные агломераты и, как следствие, коллоидная структура присадки, что немаловажно при ее растворении в объеме смазочного масла.

Постановка задачи

При создании эффективной противоизносной присадки группой авторов решалась задача получения коллоидного раствора с тонкоизмельченной фазой твердого вещества. Ранее предпринималась попытка создать подобную формулу противоизносной присадки, включающей в себя твердые ядра магнетита Fe_3O_4, измельченного до размеров 10—100 нм, окруженные молекулами стабилизирующей олеиновой кислоты $C_{18}H_{34}O_2$ с длиной молекул до 2,6 нм [4]. Недостатком этой присадки следует считать низкую коллоидную устойчивость с течением времени хранения (в том числе при хра-

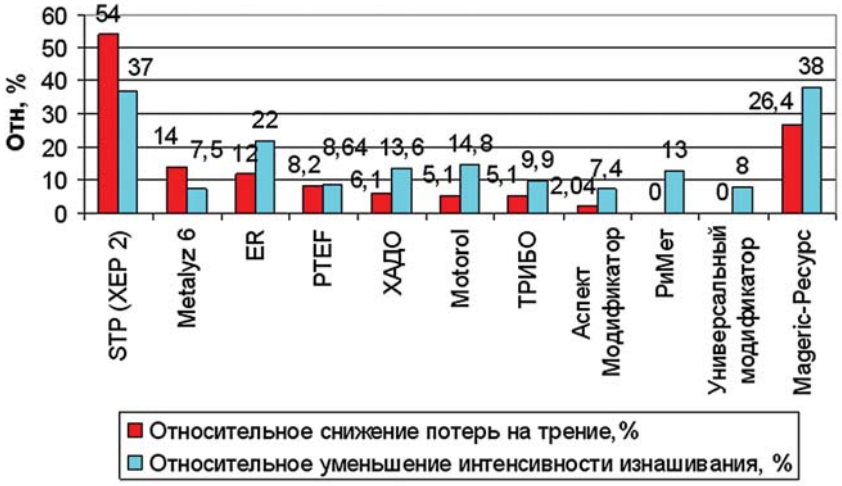


Рис. 2. **Эффективность снижения потерь на трение и изнашивание для типичных трибологических составов, распространенных на отечественном рынке присадок-добавок**

нении в объеме смазочного картера двигателя — при бездействии двигателя длительное время). Образование крупных агломератов величиной до 5—10 мкм и выше создает в дальнейшем затруднения при транспортировке присадки в объеме масла и создание на поверхности трения устойчивых защитных структур из-за неоднородного распределения частиц присадки. В работе [5] предпринята попытка сравнения противоизносных свойств присадки по [4] и присадки схожего состава, но дополненного кобальтом, что должно увеличивать смазочную способность базового масла. Кобальт Co(II) как более плотный компонент твердой фазы по своим физическим свойствам способен увеличивать связующую способность твердого ядра, что в сочетании с удовлетворительными свойствами декоагулянта — ненасыщенной жирной кислоты $C_{18}H_{34}O_2$ — повышает химическую стабильность присадки при высоких пределах окружающих температурных полей и контактных давлений. Однако вероятно, что и достигнутые в [5] положительные результаты по коллоидной стабильности и противоизносным свойствам не могут считаться пределом для совершенства присадки [4], поэтому работа по ее модификации была продолжена.

Технология создания присадки противоизносного действия

Усовершенствование состава присадки по [4] заключалось в дополнении базового твердого ядра частицами порошка диселенида молибдена $MoSe_2$, в результате чего гетерогенная смазочному маслу структура твердого ядра присадки приобретает ярко выраженные твердосмазочные свойства. Последнее особенно важно для смазки ЦПГ по всей высоте образующей цилиндра, учитывая, что при движении поршня от нижней мертвой точки до верхней смазочная пленка истончается до микронного уровня, а режим трения приобретает ярко выраженные граничные черты.

Диселенид молибдена способен заполнять отдельные микронеровности, остающиеся, как правило, без должной смазки, т. е. граничная пленка перекрывает их по высоте (рис. 3). При выработке подобной присадки ставилась задача измельчения частиц твердой гетерогенной маслу фазы на максимальном уров-

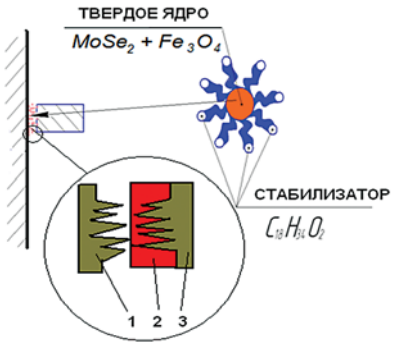


Рис. 3. **Схема трения двух сопряженных поверхностей с участием присадки по [4]:**
1, 3 — поверхности трения,
2 — покрывающий неровности слой $MoSe_2$

не — до наноразмерных значений, при этом исходные твердые компоненты Fe_3O_4 и $MoSe_2$ изначально тщательно перемешивались между собой в трех разных пропорциях по массе (таблица).

Далее с помощью роторно-пульсационной установки РПУ-0,8-А55-2,2 на скорости вращения ротора 2900 об/мин загруженная твердая фаза перемешивалась в течение 10 ч со стабилизирующей олеиновой кислотой $C_{18}H_{34}O_2$ в массовом соотношении 1:9. По окончании диспергирования раствор сливался и исследовался в трех вышеназванных вариациях по соотношению компонентов твердой фазы. Результаты анализа размеров присадки с использованием электронного микроскопа Quanta 200 3D-SEM/FIB и анализатора частиц HORIBA LB-550 показали, что наименьшими размерами в интервале от 10 до 100 нм обладает присадка формулы Fe_3O_4 + $MoSe_2$, смешанная по составу 1 (см. таблицу).

Методика проведения противоизносных испытаний

Указанный состав противоизносной присадки в добавлении 1%

Массовые соотношения частиц твердой фазы и стабилизатора для вырабатываемой присадки

Состав	Соотношение компонентов присадки, % по массе		
	Магнетит Fe_3O_4	Диселенид молибдена $MoSe_2$	Олеиновая кислота $C_{18}H_{34}O_2$
1	1	9	90
2	5	5	90
3	9	1	90

(по объему) к смазочному маслу МС-20 по ГОСТ 21743—76 был подвергнут испытаниям на машине трения СМТ-1 по схеме испытания «колодка—ролик». Подобие деталям ЦПГ настоящего судового дизельного двигателя достигалось подбором материалов. Так, подвижный образец, имитирующий поршневое кольцо, был изготовлен из чугуна марки СЧХН с твердостью рабочей поверхности НВ 247, неподвижный, имитирующий цилиндровую втулку, — из чугуна СЧХНМД твердостью НВ 255. Шероховатости поверхностей образцов в обоих случаях были доведены до R_a 0,12. Диаметр взаимодействия поверхностей образцов по конформной схеме составлял 35 мм, при этом для неподвижного образца указанный параметр был увеличен в большую сторону на 0,05 мм для исключения заклинивания образцов при вращении.

Скорость вращения образцов при испытаниях составляла V = 7,85 $с^{-1}$, нагрузка P варьировалась от 0,5 до 3 МПа с шагом повышения 0,5 МПа. В сравнительных испытаниях кроме присадки указанного состава участвовало масло МС-20 по ГОСТ 21743—76 как база сравнения и два образца присадки по [4]. Присадки различались по концентрации — в первом случае объемное содержание в базовом масле МС-20 составляло 0,5%, во втором — 1,0%. Таким образом, было проведено 24 шага испытаний (рис. 4), время каждого составляло не менее 2 ч. В результате трибологических испытаний выявлена улучшенная смазочная способность присадки на основе комплексной формулы твердого ядра Fe_3O_4 + $MoSe_2$ по сравнению с чистым маслом и своими противоизносными аналогами по [4].

Последний факт можно объяснить двояко. Во-первых, улучшенная смазочная способность смазочной среды в случае применения присадок, содержащих ненасыщенную жирную кислоту типа олеиновой, объяснима с позиции повышенной смазочной способности самой кислоты. С другой стороны, наличие в присадке диселенида молибдена дает практически двукратное снижение интенсивности изнашивания по сравнению с чистым смазочным маслом и более чем 30% снижение аналогичного показателя по сравнению со смазочной композицией, состоя-

щей из 1% по объёму присадки по [4] и чистого масла. Отсюда можно заключить, что диселенид молибдена, измельченный до уровня 100 нм и менее, создает на поверхности базового черного металла некое подобие защитной пленки, которая за относительно малое время прирабатывается и прочно удерживается в зоне контакта. Положительная адгезия твердосмазочного вещества на поверхности трения играет большую роль в снижении не только интенсивности изнашивания в течение длительного периода, но и снижает пусковые моменты трения в начале работы сопряжения. Перечисленные достоинства разработанной присадки на основе Fe_3O_4 + $MoSe_2$ дают возможность рекомендовать ее в качестве добавки к базовым смазочным маслам судового назначения, а высокая химическая стабильность состава позволяет применять ее и с присадочными композициями.

Заключение. 1. Исследовано современное состояние астраханского речного флота по парку судов и их главных силовых установок.

2. Рекомендованы способы повышения износостойкости деталей цилиндропоршневой группы судового дизельного двигателя как наиболее ответственной за его надежность и экономичную эксплуатацию.

3. Среди указанных способов повышения надежности ЦПГ и снижения ее износостойкости наиболее применимым является эксплуатационный способ, заключающийся в модифицировании смазочной среды судовых дизельных двигателей.

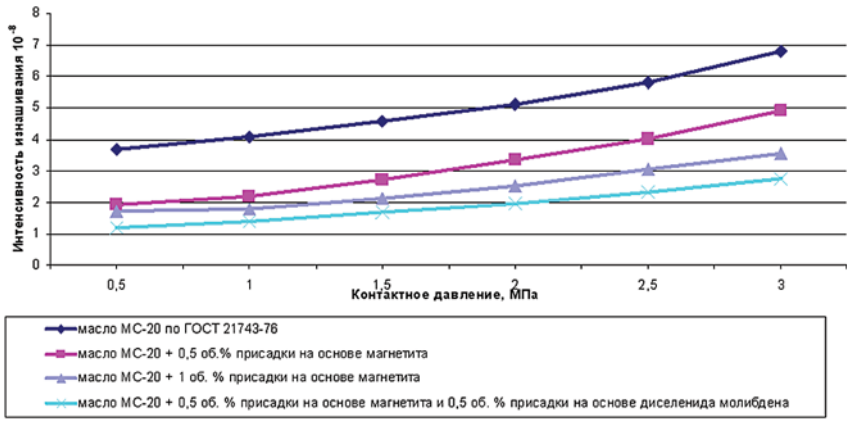


Рис. 4. **Результаты противоизносных испытаний**

4. Рассмотрены основные трибологические составы, применяющиеся для снижения интенсивности изнашивания как самого дизельного двигателя, так и его ЦПГ в отдельности, проанализированы сведения об их эффективности.

5. Поставлена и успешно решена задача по созданию модифицированного состава противоизносной присадки по [4], отличающегося комплексной формулой твердого ядра Fe_3O_4 + $MoSe_2$, стабилизированного жирной ненасыщенной олеиновой кислотой.

6. Проведен размерный анализ частиц указанной присадки, что доказало сосредоточение размеров твердого ядра в пределах до 100 нм.

7. Проведены трибологические испытания на машине трения СМТ-1 с использованием наработанной присадки на основе Fe_3O_4 + $MoSe_2$ и базового аналога с содержанием Fe_3O_4, а также базового масла МС-20. Доказана эффективность внесения в состав противоизносной присадки по [4] твердосмазочного порошка диселенида молибдена $MoSe_2$ с целью снижения интенсивности изнашивания.

Литература

1. Официальный сайт РМРС, раздел «Регистровая книга судов». Режим доступа: http://www.rs-head.spb.ru/ru/regbook/
2. *Путинцев С. В.* Механические потери в поршневых двигателях: специальные главы конструирования, расчета, испытаний. М.: МГТУ им. Н. Баумана, 2011.
3. *Паренаго О. Н., Бакунин В. Н., Кузьмина Г. Н.* Наноразмерные структуры в углеводородных смазочных материалах//Журнал прикладной химии. 2003. № 5.
4. Патент 2276681 РФ, МПК C10L 1/18 (2006.01) Противоизносная присадка/*Перекрестов А. П., Сычёва А. А.* № 2004132806/04, заявл. 10.11.2004; опубл. 20.05.2006//Бюл. № 14.
5. *Перекрестов А. П., Чанчиков В. А., Боловин В. Г.* Экспериментальные исследования и оптимизация физико-механических свойств магнитных смазочных материалов//Вестник машиностроения. 2013. № 6.

ОИС «ЕВГЕНИЙ ГОРИГЛЕДЖАН»

19 марта на стапеле АО «ПСЗ «Янтарь» состоялась церемония официальной закладки нового океанографического исследовательского судна (ОИС) «Евгений Горигледжан». Оно названо в честь Евгения Алексеевича Горигледжана (19.03.1934—26.09.2014), генерального конструктора атомных подводных лодок специального назначения в ЦКБ МТ «Рубин», почётного судостроителя России. ОИС будет создано в результате ремонта и переоборудования спасательного буксирного судна МБ-305, построенного в Польше на Щецинской верфи в 1983 г. Соответствующий контракт с Министерством обороны РФ был подписан в середине февраля этого года. Судно, предназначенное для Главного управления глубоководных исследований МО РФ, будет передано заказчику в 2017 г. Его проект 02670 разработан конструкторами АО «ЦМКБ «Алмаз». ОИС будет использоваться для проведения подводно-технических работ, экологического мониторинга морской среды, океанографической съёмки придонного слоя, оказания помощи силам поиска и спасения на море. На его борту будут подводные и спасательные аппараты. Водоизмещение ОИС 4000 т, длина 81 м, ширина 16 м, автономность 30 сут, экипаж 32 чел. и 25 чел. экспедиции.

Вид сбоку и план палубы ОИС пр. 02670

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

А. А. Пшеницын, докт. техн. наук (СЕВМАШВТУЗ), **В. А. Некрасов,** тел. 8184-504710 (АО «ПО «Севмаш»), **В. С. Самохин** (СЕВМАШВТУЗ), **А. Ю. Спиридонов** (АО «ПО «Севмаш»)

УДК 681.322:629.5.015.2

При проектировании новых изделий и механизмов инженерная практика традиционно опирается на проведение экспериментальных исследований. Правильное планирование и проведение таких исследований обычно обеспечивает высокую надёжность разрабатываемой техники. Единственным, но в современных условиях весьма существенным недостатком экспериментальных исследований может стать их высокая стоимость и значительные затраты времени на их подготовку и проведение, что, в свою очередь, может привести к снижению конкурентоспособности разрабатываемой техники. А попытки снизить эти финансовые и временные затраты за счет сокращения объема таких исследований могут повлечь за собой потерю конкурентоспособности продукции — теперь уже из-за снижения качества. Поэтому эффективным способом создания конкурентоспособной техники (продукции) служит комплексное моделирование, сочетающее параметрические расчеты (расчетные исследования), которые с достаточной точностью моделируют физические явления, с экспериментальными исследованиями, необходимыми для проверки этой точности [1].

Таким образом, компьютерное моделирование становится важным инструментом при создании современных технических объектов.

Целью данной работы было получение регулировочной характеристики малошумного дроссельного устройства (МДУ) с проходным сечением $D_у$ 50 при различных расходах и положениях затворной пары.

При проведении акустических расчетов учитывают и рассчитывают, как правило, только шум насосного оборудования, оставляя без внимания дросселирующие устройства. Тем не менее из практики известно, что шум последних может вносить свои дискретные составляющие, а в ряде случаев даже превосходить шум от насосов.

Шум дросселирующих устройств, как известно, зависит от коэффициента гидравлического сопротивления, а в частности, от перепада давления, скорости потока, набегающего на устройства, и их геометрии. Эти параметры связаны между собой числом кавитации [3]:

$$\sigma_к = 2\frac{p - p_н}{\rho v^2},$$

где $\sigma_к$ — число кавитации; p — давление в потоке жидкости за арматурой, Па; $p_н$ — давление насыщения транспортируемой среды при данной температуре, Па; v — скорость потока жидкости, м/с; ρ — плотность жидкости, кг/м^3.

Общие уровни шума и вибрации после обработки данных были получены в следующем виде [4]:

$$L_{ш.max} = 35e^{-0,12\cdot\sigma_к} + 60;$$

$$L_{в.max} = 52e^{-0,09\cdot\sigma_к} + 52,$$

где $L_{ш.max}$ и $L_{в.max}$ — максимальные уровни шума и вибрации соответственно.

Хорошо известно, что за плохо обтекаемым телом (типа дроссельной шайбы), установленным в трубопроводе, образуется зона гидродинамической тени, в которой наблюдается достаточно мощное вихревое движение. На границе вихревой зоны и основного потока происходит обмен силовыми

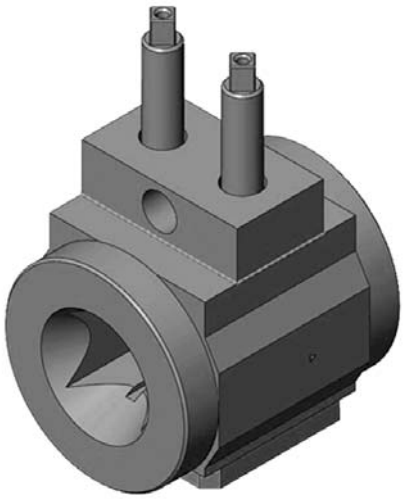


Рис. 1. **Модель МДУ**

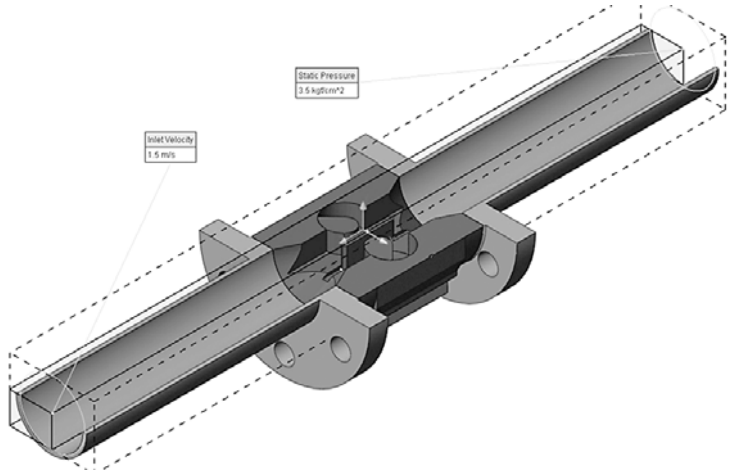


Рис. 2. **Продольный разрез МДУ (угол открытия α = 135°)**

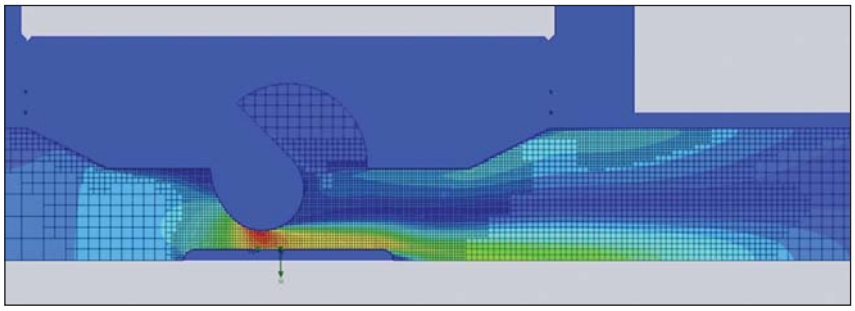


Рис. 3. **Адаптация расчётной сетки в области затвора (α = 135°)**

импульсами, являющимися причиной возникновения вихрей. Момент возникновения вихрей и их последующего разрушения из-за сил вязкости на более мелкие сопровождается шумом. Такой шум носит название вихревого. Чем больше сопротивление внесенного в трубопровод тела и чем больше скорость набегающего на него потока, тем больше размер вихревой зоны и мощнее генерируемый шум.

С целью снижения уровней шума подобных устройств процесс дросселирования пытаются сделать более плавным: увеличивают число каскадов, облагораживают каналы и др. В данной работе рассматривается малошумное дроссельное устройство, в котором затворная пара обеспечивает относительно плавное изменение характеристик потока.

Для оценки гидродинамических характеристик потока в исследуемом устройстве проводились экспериментальные исследования и компьютерное моделирование в среде FlowSimulation.

Программный продукт FlowSimulation применяется для оценки тепловых, аэро- и гидродинамических процессов. Он полностью интегрирован в программу SolidWorks, которая предназначена для твердотельного параметрического моделирования и позволяет получить модели для аэрогидродинамического и теплового анализа [2].

В программе SolidWorks была создана 3D-модель МДУ (рис. 1).

В FlowSimulation задавалась шероховатость трубопровода и проточной части МДУ. В качестве граничных условий были приняты: средняя скорость потока на входе и статическое давление на выходе (рис. 2). Значения скорости и давления брались по результатам экспериментальных исследований, проведённых на комплексном унифицированном стенде судостроительного предприятия.

Для уменьшения ресурсоёмкости и ускорения процесса расчёта использовались условия симметрии — расчётная область включала в себя только четверть проточной части (см. рис. 2).

Была задана адаптация расчётной сетки (рис. 3). В результате этой процедуры ячейки сетки дополнительно разбиваются в областях с особенностями течения, в которых требуется локальное дробление сетки для обеспечения установленной точности решения. А в тех областях течения, где нужная точность решения может быть достигнута на более грубой сетке, ячейки сливаются:

- для лучшего решения задачи в области пограничного слоя ячейки расчётной области, лежащие на границе среды и стенки, разбивались на более мелкие;
- для учёта особенностей течения ячейки, лежащие в узких каналах, дробились исходя из условия обеспечения не менее 14 ячеек поперёк канала.

Была проверена сходимость по расчётной сетке: вначале был проведён расчёт на грубой сетке; затем — на более «точной» мелкой сетке.

Итерации по заданию более мелкого шага расчётной сетки продолжаются до тех пор, пока погрешность между расчётами на текущем

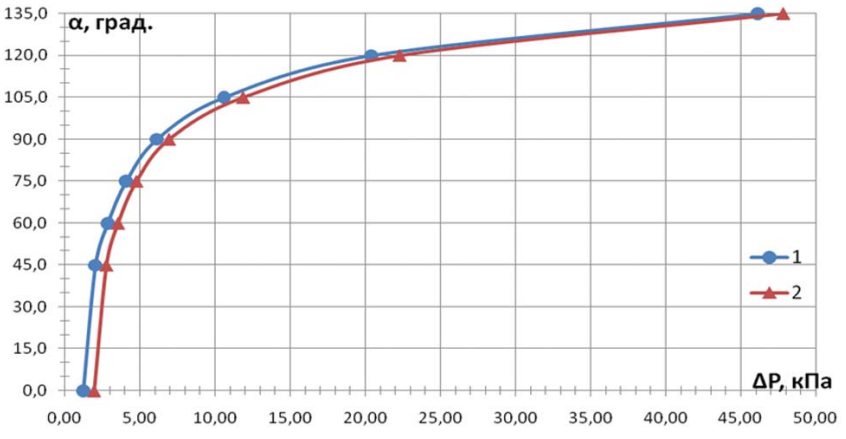


Рис. 4. **Экспериментальная *1* и расчётная *2* регулировочные характеристики**

и предыдущем шаге не окажется в допустимых пределах.

По результатам компьютерного моделирования была получена характеристика потерь напора Δp (кПа) в зависимости от угла поворота затворной пары α (град).

Сравнение экспериментальной и расчётной характеристик приведено на рис. 4.

Как видно из рис. 4, результаты, полученные при моделировании течения жидкости через МДУ, хорошо согласуются с экспериментальными данными (погрешность в среднем не превышает 5%). Таким образом, для получения регулировочных характеристик МДУ при других расходах жидкости целесообразно проводить комплексное моделирование для снижения материальных и временных затрат при экспериментальных исследованиях.

Рассмотренный алгоритм решения задачи может быть использован для получения гидравлических характеристик различных устройств, применяемых в трубопроводных системах энергетических установок, в том числе и для настройки этих характеристик при работе на различных режимах.

Литература

1. *Пшеницын А. А., Пешков В. Г., Самохин В. С.* Моделирование и визуализация процессов течения жидкости в трубопроводных системах и их элементах//Вестник машиностроения. 2012. № 10.
2. *Алямовский А. А.* и др. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике/А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев. СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
3. *Мышинский Э. Л.* Борьба с шумом и вибрацией в инженерной практике. СПб.: Изд. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2011.
4. Справочник по судовой акустике. Л.: Судостроение, 1978.

СОЗДАНИЕ АВТОНОМНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЗМОВ КОРАБЛЕЙ

Хабаров А. А. (АО «ПО «Севмаш», тел. (8184) 504726, e-mail: ipko@sevmash.ru)

УДК 629.5.035-233.1-233.2

С конца 50-х годов XX века АО «ПО «Севмаш» занимается проектированием и изготовлением судовых подшипников скольжения для кораблей и судов всех классов и назначений. Это опорные и упорные самоустанавливающиеся подшипники скольжения, опорные углепластиковые подшипники скольжения гребных валов. Создателем школы проектирования судовых подшипников АО «ПО «Севмаш» является доктор технических наук профессор Александр Яковлевич Альпин. Им лично и коллективом под его руководством была изобретена индивидуальная система смазки подшипников, найдены решения уравнения Рейнольдса для частных случаев течения смазки, наблюдаемых в гидродинамических подшипниках.

Остановимся подробнее на опорных самоустанавливающихся подшипниках скольжения. Такие подшипники предназначены для установки на кораблях и судах в качестве опор промежуточных валов (рис. 1).

Основные характеристики подшипников: диаметры шеек вала от 140 до 900 мм; воспринимаемые опорные нагрузки от 15,7 до 538,0 кН; максимальная окружная скорость вращения вала 6 м/с; смазка подшипника — индивидуальная маслами кинематической вязкостью от 43 до 190 сСт при 50 °С; пара трения — сталь—баббит.

В корпусе *2* расположены вкладыш *3* и вал *7*. На торцевых поверхностях вкладыша *3* закреплены два картера *8* с расположенными в них маслоподающими устройствами, состоящими из маслоподающих колец *6* и маслосъёмников *5*. В верхней части вкладыша *3* выполнена полость *1*, которая соединена отверстиями *4* с маслоподающими устройствами. В полости картеров *9* залита смазывающая жидкость. Подшипник работает следующим образом: при вращении вала *7* смазывающая жидкость забирается маслоподающими кольцами *6*, снимается с них маслосъёмниками *5* и по отверстиям *4* поступает в полость *1* вкладыша *3*. Поступающая из картеров *8* во вкладыш *3* смазывающая жидкость возвращается в картеры *9* по диаметральному зазору между валом *7* и вкладышем *3*.

Преимуществами подшипников такого типа являются длительный безотказный период эксплуатации, низкие эксплуатационные расходы, отсутствие циркуляционной системы смазки и упрощенный монтаж на объекте.

Упорные самоустанавливающиеся подшипники скольжения предназначены для восприятия и передачи на корпус корабля или судна осевого упора гребного винта и радиальной нагрузки от массы вала. Основные характеристики таких подшипников: диаметры шеек упорного вала от 100 до 600 мм; воспринимаемые упорные нагрузки от 140 до 3200 кН; смазка подшипника — индивидуальная маслом с кинематической вязкостью от 43 до 190 сСт при 50 °С; охлаждение подшипников — забортной водой, прокачива-

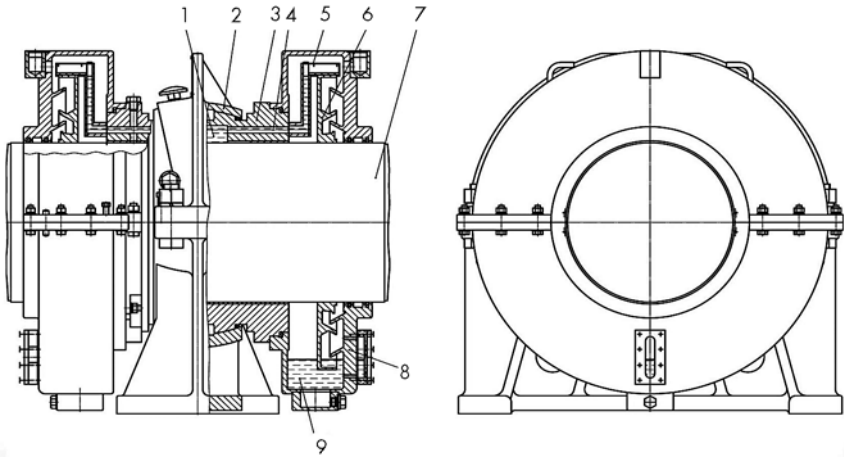


Рис. 1. **Опорный подшипник скольжения промежуточного вала**

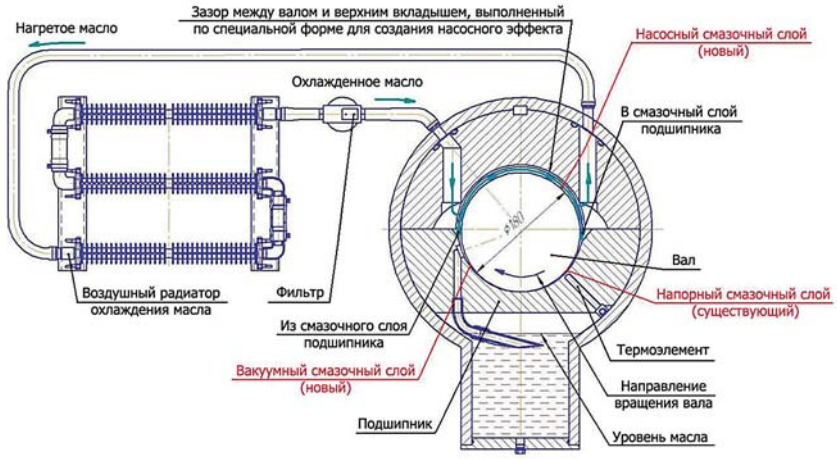


Рис. 2. **Схема циркуляции масла в подшипнике**

емой через встроенный в подшипник маслоохладитель; пара трения — сталь—баббит. При частоте вращения вала до 30% от номинальной допускается работа подшипника без водяного охлаждения.

Преимущества этих подшипников — также длительный безотказный период эксплуатации, низкие эксплуатационные расходы, отсутствие циркуляционной системы смазки для прокачки подшипника.

Подшипники производства АО «ПО «Севмаш» закладываются в проекты ведущих конструкторских бюро России, поставляются на большинство судостроительных заводов и верфей России. На все типы изготавливаемых подшипников получены патенты.

За рубежом судовые подшипники изготавливают фирмы «Wartsilla», «Sedervall», «Mitchel». Изготавливаемые ими подшипники по конструкции схожи с нашей продукцией. Они выполняются как с циркуляционной системой смазки, так и автономными, но с обязательным водяным охлаждением масла в картере подшипника.

Изначально все подшипники скольжения выпускались с применением циркуляционной системы смазки, при которой масло подводилось под давлением от напорной магистрали, а отработавшее масло стекало в цистерну. Системы циркуляционной смазки, в которые входят масляные насосы, масляные системы с фильтрами и маслоохладителями, громоздки, сложны в обслуживании, пожароопасны. АО «ПО «Севмаш» изготавливает подшипники с индивидуальной системой смазки, при которой масло подаётся к трущимся поверхностям благодаря внутренней циркуляции без применения насоса, масляных цистерн, фильтров, трубопроводов и т. д.

Разработанные автономные подшипники до недавнего времени применялись только до окружных скоростей на шейках валов не более 15 м/с. Для возможности применения подобных подшипников при окружной скорости на шейке вала до 30 м/с в АО «ПО «Севмаш» проводились работы по исследованию смазочных слоев и приданию им особых свойств.

В смазочном слое автономного подшипника возникает насосный эффект: образуются зона разрежения (вакуумная зона) и зона повышенного давления (насосный слой) для подпитки смазочного слоя. Подсос масла в вакуумную часть слоя обеспечивает достаточный расход масла. В подшипниках создается внутренняя циркуляция смазки в смазочном слое, т. е. смазка, попав в смазочный слой, снова туда возвращается, в основном не попадая в картер подшипника, при этом она охлаждается непосредственно в самом слое. Обеспечивается достаточное количество смазки для заполнения смазочного слоя при высоких окружных скоростях. Смазка пополняется в смазочном слое благодаря подсосу из картера в вакуумную часть слоя. При этом не возникает вспенивания масла (рис. 2).

Для отвода тепла может использоваться радиатор охлаждения. В верхнем вкладыше образуется смазочный слой специальной формы, в котором создается расход и давление масла, прокачиваемого через радиатор без использования внешних насосов. 2/3 части расхода засасываются в маслоохладитель, 1/3 отправляется в зазор между валом и нижним вкладышем. Охлажденное масло возвращается обратно в подшипник. Давление масла превышает 4 м вод. ст. Создаются условия смазки, как у подшипника с циркуляционной смазкой. В подшипнике-насосе работают все 360° смазочного слоя. Благодаря этому обеспечивается необходимый расход масла через смазочный слой подшипника при малом расходе масла, засасываемого в смазочный слой.

В высокоскоростном подшипнике (рис. 3, 4), в котором на втулке *3*, вращающейся вместе с валом, образуется смазочный слой *4*, охлаждаемый воздушным потоком *2*, проходящим между валом и ребрами *1* втулки. При диаметре вала 115 мм и частоте вращения вала 3000 об/мин подшипник несет радиальную нагрузку 5 кН (500 кгс) и осевую 3 кН (300 кгс).

В настоящее время выполнена опытно-конструкторская работа, в результате которой разработаны автономные подшипники с воздушным охлаждением для насоса с диаметром вала 115 мм и частотой вращения

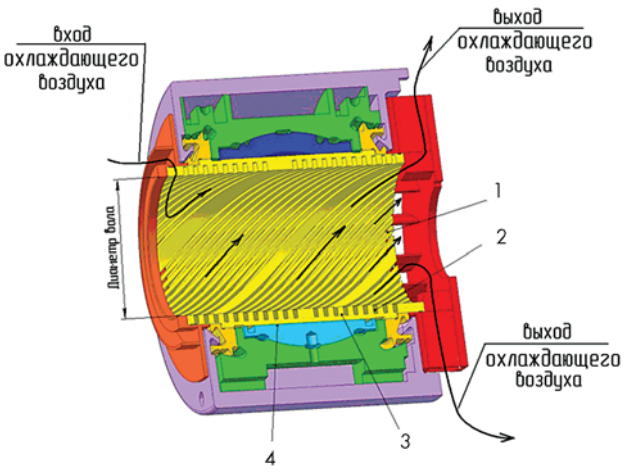


Рис 3. **Высокоскоростной автономный подшипник с воздушным охлаждением**

Рис. 4. **Основные детали и вид в сборе высокоскоростного автономного подшипника**

3000 об/мин и электродвигателя с диаметром вала 180 мм и частотой вращения 3000 об/мин. Может быть создан типоразмерный ряд подшипников с автономной системой смазки, при которой масло заливается в подшипник и подаётся к трущимся поверхностям за счёт внутренней циркуляции без применения насоса, масляных цистерн, фильтров, трубопроводов и т. д. Автономность смазки и незначительный объём работ по обслуживанию подшипников в процессе эксплуатации обеспечат высокую экономическую эффективность подшипников.

Результаты выполненных работ могут быть использованы для создания высокоскоростных автономных подшипников с воздушным или водяным охлаждением для кораблей и судов, а также машин и механизмов широкого назначения, для которых в настоящее время применяются системы циркуляционной смазки.

Литература

1. *Хабаров А. А., Альпин А. Я, Кокотков Н. И.* О возможности исключения громоздких и пожароопасных судовых систем циркуляционной смазки подшипников жидкостного трения//Судостроение. 2012. № 5.
2. *Альпин А. Я, Воронцов Е. Ю., Кокотков Н. И., Хабаров А. А.* Внутренняя циркуляция в смазочном слое — самый простой и эффективный способ маслоснабжения автономных подшипников жидкостного трения//Судостроение. 2014. № 2.
3. *Хабаров А. А., Кокотков Н. И., Альпин А. Я.* О необходимости и способе создания насосного эффекта в смазочном слое автономного опорного подшипника-насоса//Судостроение. 2014. № 6.
4. *Хабаров А. А., Кокотков Н. И., Альпин А. Я., Альпин В. В.* Гидродинамический подшипник с уменьшенным тепловыделением//Судостроение. 2015. № 3.

ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИМИТАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ И ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ

А. А. Катанович, докт. техн. наук,
e-mail: katanowitch.andrei@yandex.ru (НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»)

УДК 621.396.029

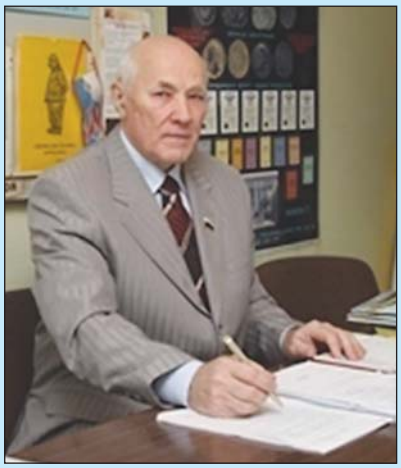
Электромагнитная совместимость (ЭМС) средств радиосвязи на кораблях — один из необходимых и трудоемких этапов создания радиоэлектронной аппаратуры. В начале данной статьи проведем анализ известных испытательных стендов для проверки и определения характеристик ЭМС радиоприемных устройств на подвижных объектах (на кораблях, судах, наземном или железнодорожном транспорте и т. п.). Для расширения функциональных возможностей испытательного оборудования и определения характеристик ЭМС радиосвязи предлагается испытательный стенд для измерения характеристик ЭМС корабельных радиоприемных устройств.

Устойчивый прием кораблями радиосигналов отдаленных радиостанций возможен только тогда, когда обеспечено необходимое превышение полезных сигналов (несущих информацию) над уровнем радиопомех. Современные корабли оснащаются все большим количеством электротехнических и радиоэлектронных устройств разных типов и назначений. Близость источников радиопомех к корабельным радиоприемникам, обладающим высокой чувствительностью, делает необходимым осуществление глубоко продуманной системы защитных мероприятий. Помимо электроустройств помехи радиоприему на корабле могут создавать корабельные радиолокационные станции, а также верхнепалубные устройства корабля. В отдельных случаях источниками радиопомех могут быть корабельные радиопередатчики или непосредственно радиоприемники связи. Таким образом, на корабельный радиоприемник воздействует целый комплекс радиопомех, различающихся как по месту их возникновения, так и по мешающему действию.

Существенное различие между источниками помех приводит к различию в методах их подавления, измерения и нормирования.

Увеличение мощности корабельных радиолокационных станций приводит к возникновению помех в приемниках КВ- и УКВ-радиосвязи ввиду воздействия на их входные элементы основной частоты, излучаемой РЛС, следствием чего может

А. А. Катановичу — 75 лет!



20 апреля 2016 г. исполнилось 75 лет со дня рождения Андрея Андреевича Катановича — ученого, инженера, докт. техн. наук, заслуженного деятеля науки, заслуженного изобретателя и заслуженного работника связи РФ, лауреата премии МО РФ в области науки и техники, кавалера орденов «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР III степени», Александра Невского, «За заслуги в обеспечении национальной безопасности», «Орден чести», а также награждённого Золотой медалью Всемирной организации интеллектуальной собственности. Он является автором более 700 научных трудов, в том числе 18 монографий, и более 350 изобретений.

Выходец из «Морских котиков», после окончания Военной академии связи А. А. Катанович прибыл на службу в 34 НИИ связи ВМФ, где за 40 лет прошел путь от младшего до главного научного сотрудника. Большой вклад он внес в создание теории построения системы подводной кабельной связи ВМФ. Стоял у истоков разработки и внедрения оптоэлектроники и волоконно-оптических линий связи в комплексы и системы связи ВМФ.

А. А. Катанович — председатель диссертационного совета, почетный профессор ВУНЦ ВМФ «ВМА», почетный работник науки и техники РФ, почетный радист России, лауреат конкурса «Техника — колесница прогресса». Он удостоен 70 золотых и серебряных медалей за разработки, экспонировавшиеся на Международных салонах изобретений и инновационных технологий «Архимед». За заслуги в укреплении обороноспособности страны и высокие личные показатели в служебной деятельности Президент РФ 30.12.2015 г. объявил А. А. Катановичу БЛАГОДАРНОСТЬ.

Андрей Андреевич — постоянный автор статей в журналах «Судостроение», «Морская радиоэлектроника», «Морской сборник», «Морской журнал», «Электросвязь» и др.

Поздравляем Андрея Андреевича со славным юбилеем и желаем ему крепкого здоровья, счастья, творческих успехов и новых побед!

НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА», редакция журнала «Судостроение»

явиться образование каналов побочного приема.

Новые задачи возникают также в области нормирования и измерения радиопомех, что связано с необходимостью перехода на новую измерительную аппаратуру, соответствующую современным требованиям.

Известны испытательные стенды для проверки и определения характеристик электромагнитной совместимости радиоприемных устройств односигнальным и многосигнальным методами [1, 2]. Указанные стенды состоят из одного генератора полезного сигнала и одного или двух генераторов, создающих помеховые сигналы для испытуемого радиоприемника. При проведении испытаний регистрируется качество приема полезного сигнала приемником в условиях воздействия помех с помощью стандартной регистрирующей аппаратуры: измерителя выхода — низкочастотного вольтметра или измерителя нелинейных искажений.

Однако указанные испытательные стенды не могут быть использованы для проведения испытаний и отработки мероприятий по обеспечению ЭМС средств радиосвязи на кораблях, так как в них отсутствуют имитаторы контактных радиопомех, характерных для кораблей, и устройства для контроля электромагнитной обстановки на корабле и обеспечения ЭМС средств радиосвязи.

Известен испытательный стенд для проверки внешней помехозащищенности радиоприемников к электромагнитному полю помех, структурная схема которого приведена [3]. Испытательный стенд состоит из генератора полезного сигнала, соединенного со входом испытуемого радиоприемного устройства, к выходу которого подключен измеритель нелинейных искажений, генератора помехового сигнала с усилителем мощности и передающей антенной. Испытательный стенд позволяет измерять чувствительность радиоприемного устройства при выключенном генераторе помехового сигнала и частотную характеристику избирательности (блокирования) радиоприемника по отношению к помехам при включенном генераторе помехового сигнала.

Этот стенд (как и выше приведенные) не может быть использован для проведения испытаний и отработки мероприятий по обеспечению ЭМС средств радиосвязи на корабле, так как в нем отсутствуют имитатор контактных радиопомех, характерных для подвижных объектов связи, и устройство для обеспечения ЭМС средств радиосвязи.

Для расширение функциональных возможностей испытательного стенда для определения характеристик ЭМС средств радиосвязи предлагается испытательный стенд для измерения характеристик ЭМС радиоприемных устройств. Он состоит из высокочастотного генератора стандартных сигналов, испытуемого радиоприемного устройства и измерителя нелинейных искажений, последовательно соединенных. А также испытуемого радиопередающего устройства, нагруженного на эквивалент антенны. Дополнительно введены регулируемый высокочастотный аттенюатор, вход которого соединен с выходом эквивалента антенны, имитатор контактной радиопомехи, устройство контроля и обеспечения ЭМС и согласующее устройство. При этом выход генератора стандартных сигналов соединен с первым входом согласующего устройства, выход регулируемого высокочастотного аттенюатора соединен со вторым входом согласующего устройства, первый выход согласующего устройства соединен со входом испытуемого радиоприемного устройства, второй выход согласующего устройства соединен со входом устройства контроля и обеспечения ЭМС, а вход имитатора контактной радиопомехи соединен с третьим выходом согласующего устройства.

Имитатор контактной радиопомехи выполнен в виде двух металлических листов, установленных параллельно друг другу и имеющих непостоянный контакт между собой, один из металлических листов заземлен, на другой металлический лист установлен источник вибраций (например электромотор), и на него подается высокочастотное напряжение с третьего выхода согласующего устройства.

Устройство контроля и обеспечения ЭМС представляет собой программно-аппаратный комплекс и состоит из последовательно соединенных сканирующего приемника, аналого-цифрового преобразователя и персональной электронно-вы-

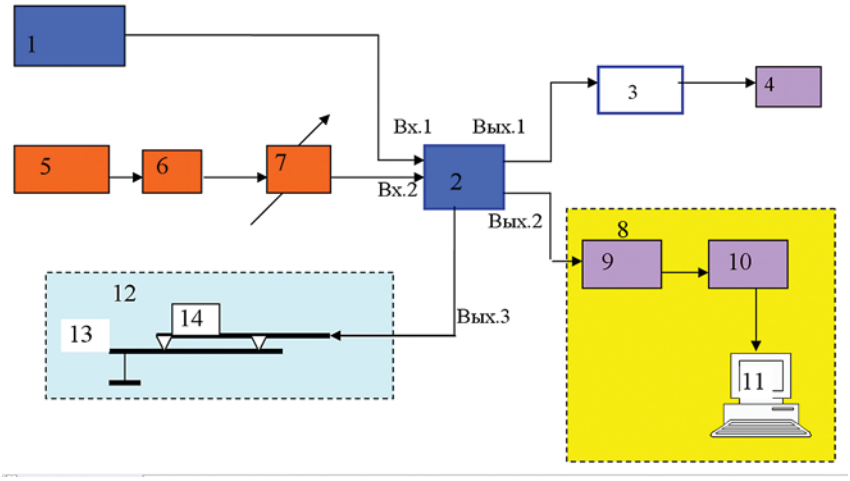


Рис. 1. **Блок-схема имитационного стенда для испытаний и обеспечения ЭМС средств радиосвязи на корабле**

числительной машины (ПЭВМ) со специальным программным обеспечением.

Устройство контроля и обеспечения ЭМС в общем случае должно позволять:

— осуществлять проведение измерений от 30 Гц до 6 ГГц (при необходимости позволять расширение диапазона до 20 ГГц);

— обеспечивать возможность измерения уровней сигналов в большом динамическом диапазоне (от 0,1мкВ до 50 В);

— обеспечивать автоматизацию процессов измерения и контроля параметров ЭМС, с возможностью расширения номенклатуры контролируемых параметров;

— обеспечивать отображение результатов измерения и контроля на дисплее ПЭВМ в графическом и табличном виде;

— обеспечивать оформление протоколов проверок и формирование базы данных с результатами измерений;

— обеспечивать распечатку протоколов и результатов измерения и контроля.

Конкретные характеристики устройства контроля и обеспечения ЭМС и его составных частей (частотный диапазон, динамический диапазон, разрешающая способность по частоте, погрешности измерений, допустимые вносимые искажения и т. п.) должны подбираться в каждом конкретном случае (исходя из требований к проводимым испытаниям).

Функции устройства контроля и обеспечения электромагнитной совместимости может выполнять аппаратура П-499, производимая ИТЦ «КБ «Связьморпроект» (АО «Концерн» ЦНИИ «Электроприбор»), или автоматизированный комплекс контроля электромагнитной обстановки (пат. РФ № 68214).

Согласующее устройство выполнено на резисторах и имеет два входа и три выхода.

На рис. 1 показана блок-схема имитационного стенда для испытаний и обеспечения ЭМС средств радиосвязи на корабле. Он состоит из следующих элементов: *1* — генератор стандартных сигналов; *2* — согласующее устройство; *3* — испытуемое радиоприемное устройство; *4* — измеритель нелинейных искажений; *5* — испытуемое радиопередающее устройство; *6* — эквивалент антенны; *7* — регулируемый высокочастотный аттенюатор; *8* — устройство контроля и обеспечения электромагнитной совместимости; *9* — сканирующий радиоприемник; *10* — аналого-цифровой преобразователь; *11* — ПЭВМ (со специальным программным обеспечением); *12* — имитатор контактной радиопомехи; *13* — два металлических листа с непостоянным контактом между ними; *14* — источник вибрации (например, электродвигатель).

На рис. 2 приведена принципиальная схема одного из возможных вариантов согласующего устройства 2. Оно состоит из последовательно соединенных резисторов R1 и R2, второй вывод которого является первым выходом согласующего устройства, последовательно соединенных резистора R3, потенциометра R4 и резистора R5, второй вывод которого является вторым выходом согласующего устройства, а также резистора R6, один вывод которого заземлен, а другой вывод соединен с первыми выводами резисторов R2, R5, и резистора R7, один вывод которого соединен с подвижным контактом потенциометра R4, а другой вывод является третьим выходом устройства согласования, при этом первый вход согласующего устройства соединен с первым выводом резистора R1, а второй вход согласующего устройства соединен с первым выводом резистора R3. Номиналы резисторов, используемых в устройстве согласования, должны подбираться в зависимости от входных и выходных сопротивлений испытуемых радиоприемных, радиопередающих устройств и контрольно-измерительного оборудования.

Регулируемый высокочастотный аттенюатор *7* предназначен для имитации развязки между антеннами на подвижном объекте связи. Имитатор контактной радиопомехи *12* предназначен для создания высокочастотного напряжения, спектр которого идентичен контактной радиопомехе на корабле, при этом уровень контактной радиопомехи регулируется с помощью потенциометра R4 в согласующем устрой-

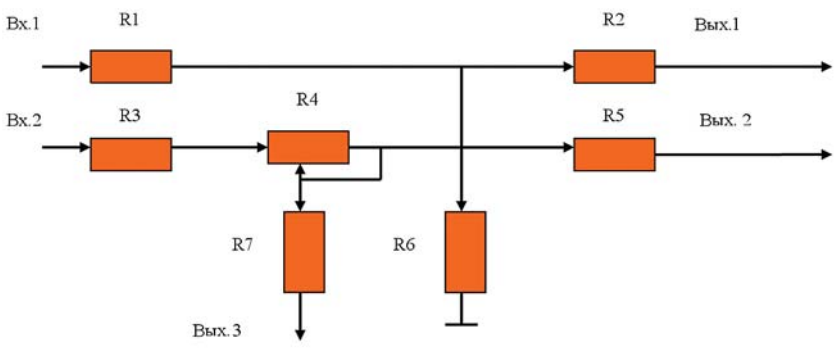


Рис. 2. **Принципиальная схема одного из возможных вариантов согласующего устройства 2 (рис. 1)**

стве *2*, а ширина спектра контактной радиопомехи регулируется скоростью вращения электромотора *14*, создающего различный уровень вибрации одного из металлических листов *13*. Непостоянный контакт между металлическими листами *13* может быть создан с помощью двух и более металлических шипов, установленных на одном листе и имеющих зазор относительно второго металлического листа в отсутствии вибрации и соприкасающихся со вторым металлическим листом при появлении вибрации (включении электромотора *14*).

Оборудование для проведения работ по имитации электромагнитной обстановки и оценке ЭМС корабельных средств радиосвязи работает следующим образом.

1. При выключенном испытуемом радиопередающем устройстве *5* и выключенном источнике вибрации *14* по стандартной методике измеряется чувствительность испытуемого радиоприемного устройства *3* с помощью высокочастотного генератора стандартных сигналов *1* и измерителя нелинейных искажений *4* следующим образом. На вход испытуемого радиоприемного устройства *3* с выхода генератора стандартных сигналов *1* подают нормальный испытательный сигнал: частотно-модулированный сигнал с частотой несущей, равной номинальной частоте настройки приемника, имеющей девиацию частоты, равную 60% от максимально допустимой девиации (5 кГц) при частоте модуляции 1000 Гц. Измеряют коэффициент нелинейных искажений на выходе испытуемого радиоприемного устройства *3* с помощью измерителя нелинейных искажений *4*. Изменяют уровень сигнала на выходе генератора стандартных сигналов *1* таким образом, чтобы коэффициент нелинейных искажений стал равным допустимому заданному в ТТЗ на испытуемое радиоприемное устройство *3*. Фиксируется уровень сигнала на выходе генератора стандартных сигналов *1* и на входе испытуемого радиоприемного устройства *3* с помощью устройства контроля и обеспечения ЭМС *8*. Уровень сигнала на входе испытуемого радиоприемного устройства *3* фиксируется как чувствительность U_{min} ($f_{прм}$), мкВ испытуемого радиоприемного устройства *3* на частоте настройки $f_{прм}$, Гц. Увеличивают уровень входного сигнала на 3 дБ.

2. Включают испытуемое радиопередающее устройство *5*, настроив его на частоту $f_{прд}$, Гц в режиме номинальной мощности и наиболее широкополосного сигнала. С помощью регулируемого высокочастотного аттенюатора устанавливают ослабление сигнала испытуемого радиопередающего устройства *5*, соответствующее развязке между антеннами на подвижном объекте, при этом уровень и спектр сигнала передатчика на входе испытуемого радиоприемного устройства *3* измеряются с помощью устройства контроля и обеспечения ЭМС *8*. Перестраивая испытуемое радиопередающее устройство *5* по частоте ниже и выше относительно частоты настройки приемника $f_{прм}$, фиксируют частоты настройки передатчика $f_{прдн}$ и $f_{прдв}$, при которых коэффициент нелинейных искажений становится равным допустимому значению на испытуемое радиоприемное устройство *3*. Разности частот ($f_{прм-f}прдн$) и ($f_{прдв-f}$прм), Гц, представляют собой минимально допустимые частотные расстройки между радиопередающим *5* и радиоприемным *3* устройствами, при которых обеспечивается их ЭМС на корабле в условиях стоянки, когда нет вибрации (источник вибрации *14* выключен).

3. Испытания по п. 2 повторяют при различных частотах настройки испытуемого радиоприемного устройства *3* и при различных ослаблениях аттенюатора *7*. Получают матрицу значений частотных расстроек ($f_{прм-f}прдн0$) и ($f_{прдв0-f}$прм), Гц, которые запоминаются в базе данных устройства контроля *8* и используются для обеспечения ЭМС радиопередающих и радиоприемных устройств объекта при его стоянке путем выбора соответствующих антенн и частот для каналов связи.

4. Повторяются испытания по п.п. 2 и 3 при включенном имитаторе контактной радиопомехи *12*. Уровень и ширина спектра контактной радиопомехи на входе испытуемого радиоприемного устройства *3* регулируются путем изменения уровня напряжения, подаваемого на металлический лист *13* с помощью потенциометра R4 и скорости вибраций в источнике вибраций *14* и контролируются устройством контроля *8*. Уровень и ширину спектра контактной радиопомехи устанавливают в пределах, характерных для исследуемого корабля. В результате испытаний получают матрицу значений минимально допустимых частотных расстроек ($f_{прм-f}прднКП$) и ($f_{прдвКП-f}$прм) для корабля в условиях воздействия на радиоприемное устройство контактных радиопомех, которые запоминаются в базе данных устройства контроля *8* и используются для обеспечения ЭМС радиопередающих и радиоприемных устройств корабля путем выбора соответствующих антенн и частот для каналов связи, при которых частотные расстройки не должны быть меньше соответствующих допустимых частотных расстроек, хранящихся в базе данных устройства контроля и обеспечения ЭМС *8*.

5. Помимо допустимых частотных расстроек устройство контроля и обеспечения ЭМС *8* определяет уровни сигналов и помех в заданной полосе частот, в том числе на частоте настройки приемника. При этом устройство контроля *8* может быть реализовано в двух вариантах:

— при широкополосном сканирующем радиоприемнике устройство контроля *8* вычисляет спектр принятого сигнала в широкой полосе частот с помощью использования процедуры быстрого преобразования Фурье;

— при узкополосном сканирующем радиоприемнике устройство контроля *8* вычисляет спектр принятого сигнала в широкой полосе частот с помощью последовательной перестройки сканирующего приемника в этой полосе частот.

Будем предполагать, что устройство контроля *8* выполнено по второму варианту. Тогда при настройке приемника на каждую частоту *f* в анализируемой полосе частот на вход ПЭВМ *11* поступает выборка из N значений выходного напряжения приемника, $U_{выхп}(f) = U_{с+ш}(n\Delta t, f)$, мкВ. В ПЭВМ *11* определяется выходное напряжение приемника на частоте настройки как среднеквадратическое значение элементов выборки

$$\bar{U}_{выхп}(f) = \frac{1}{N-1}\sqrt{U^2_{с+ш}(n\Delta t, f)}\ , \text{ мкВ}.$$

Перестраивая приемник в заданной полосе, в ПЭВМ *11* получа-

ем спектр входного напряжения радиоприемного устройства 3. На основании обработки в ПЭВМ *11* по специальным алгоритмам значений $U_{выхп}(f)$, полученных в анализируемой полосе частот, имеет следующие параметры электромагнитной обстановки, необходимые при контроле электромагнитной совместимости средств радиосвязи:

1) уровней шумов и помех на частотах, планируемых для использования в каналах связи

$$\bar{U}_{вых}(f) = \frac{1}{N-1} \sqrt{U^2_{п+ш}(n\Delta t, f)}, \text{ мкВ};$$

2) значений отношений сигнал/шум на входе приемных устройств в действующих каналах связи; эти отношения получают путем измерения уровня сигнала с шумом на частоте канала связи

$$\bar{U}_{выхс+ш}(f) = \frac{1}{N-1} \sqrt{U^2_{с+ш}(n\Delta t, f)}, \text{ мкВ};$$

уровней шумов в соседних каналах

$$\bar{U}_{выхш}(f - \Delta f) = \frac{1}{N-1} \sqrt{U^2_{ш}(n\Delta t, f - \Delta f)}, \text{ мкВ};$$

$$\bar{U}_{выхш}(f + \Delta f) = \frac{1}{N-1} \sqrt{U^2_{ш}(n\Delta t, f + \Delta f)}, \text{ мкВ};$$

усреднения этих уровней

$$\bar{U}_{выхш}(f) = \frac{1}{2} (\bar{U}_{выхш}(f - \Delta f) + \bar{U}_{выхш}(f + \Delta f)), \text{ мкВ};$$

и получения отношения сигнал/шум по формуле

$$\alpha(f) = \sqrt{\frac{\bar{U}^2_{выхс+ш}(f)}{\bar{U}^2_{выхш}(f)}} - 1;$$

3) загрузки радиочастотного спектра излучениями работающих радиопередатчиков объекта и прочими источниками радиопомех как относительная доля анализируемой полосы частот, в которой уровень наведенного напряжения в антенне превышает установленный пороговый уровень.

Полученные на имитационном стенде с помощью устройства контроля *8* параметры электромагнитной обстановки используются для обеспечения ЭМС средств радиосвязи на корабле и для повышения качества связи на основе выбора частот для каналов связи с максимальным отношением сигнал/шум.

Заключение. Изложены принципы построения и использования имитационного оборудования для испытаний и обеспечения ЭМС средств радиосвязи на кораблях и судах ВМФ. Предложенный стенд в отличие от известных стендов характеризуется тем, что в отработке мероприятий по обеспечению ЭМС средств радиосвязи на стенде работы проводятся без использования ходовых испытаний корабля. Это экономит несколько суток ходовых испытаний корабля и соответствующие материально-технические ресурсы, включая горючесмазочные материалы. Кроме того, на стенде отрабатываются мероприятия, которые согласно результатам проведенных научно-исследовательских работ, обеспечивают повышение надежности связи в КВ и УКВ диапазонах с 0,5...0,7 до 0,9...0,95 и повышение вероятности обеспечения ЭМС средств радиосвязи с 0,6...0,8 до 0,95.

Оборудование может быть использовано на предприятиях, разрабатывающих и испытывающих аппаратуру радиосвязи, устанавливаемую на кораблях, судах, наземном или железнодорожном транспорте и др.

Литература

1. *Голубев В. Н.* Частотная избирательность радиоприемников АМ сигналов. М.: Связь, 1970.
2. *Михайлов А. С.* Измерение параметров ЭМС РЭС. М.: Связь, 1980.
3. Общесоюзные нормы внешней помехозащищенности радиоприемников и приемников радиостанций сухопутной подвижной службы метрового и дециметрового диапазонов волн: нормы 23—88. Государственная комиссия по радиочастотам, М., 1989.
4. Пат. 119963 РФ *Катанович А. А.* и др. Имитационный стенд для испытаний и обеспечения ЭМС средств радиосвязи на подвижном объекте. 27.08.2012 г. Бюл. № 24.

О НЕОБХОДИМОСТИ УНИФИКАЦИИ БЫСТРОСМЫКАЮЩИХСЯ СОЕДИНЕНИЙ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

А. П. Фомин, канд. техн. наук, тел. 812-3289055
(НИИ «ЛОТ» ФГУП «Крыловский ГНЦ»)

УДК 621.643.412:614.843

Пожары на судах, возникающие как при их эксплуатации, так и ремонте, часто принимают большие размеры и приводят к человеческим жертвам и крупным материальным потерям. Тушение пожаров может происходить при недостаточном естественном освещении, плотном задымлении, высокой температуре и большой скорости распространения горения по коридорам, шахтам трапов и вентиляционным каналам, а при тушение пожара в море может осложняться штормовой погодой. Поэтому организациями судостроительной промышленности, водного транспорта, ВМФ и надзорными органами — Морским и Речным регистрами пожарной безопасности кораблей и судов всегда уделялось повышенное внимание, что нашло соответствующее отражение в требованиях различного вида нормативных документов, руководствах и правилах.

В комплексе судовых средств пожаротушения важное место занимает система водяного пожаротушения, с которой взаимосвязаны системы орошения, водяных завес, спринклерная, водораспыления и пенотушения.

В случае выхода из строя, при пожаре, судовой электростанции и вследствие этого прекращения работы пожарных насосов и систем пожаротушения судна предусматривается возможность подачи воды в систему пожаротушения с берега или другого судна, для чего на открытой палубе каждого борта должны быть установлены концевые пожарные клапаны. Рукавная линия от бе-

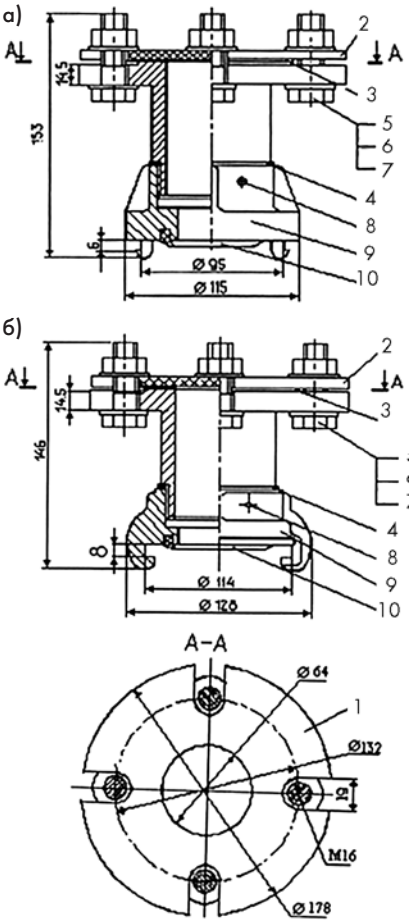
реговых средств пожаротушения или другого судна подсоединяется к пожарному клапану судовой системы, а при несоответствии присоединительных размеров — посредством переходного международного берегового соединения, требования к конструкции которого установлены в Международном кодексе по системам пожарной безопасности, взаимосвязанном с требованиями Международной конвенции СОЛАС-74.

На судах в соответствии с правилами Российского морского регистра судоходства переходное соединение в комплекте с прокладкой, болтами, гайками и шайбами должно храниться вместе с другим противопожарным снабжением в легкодоступном месте.

В отрасли конструкция переходного соединения в виде двух исполнений установлена стандартом судостроения ОСТ5Р.5612—2001 (рисунок).

Оба исполнения переходного соединения имеют в своей конструкции фланец международного берегового соединения, обеспечивающий возможность подачи воды в систему в любом порту мира или от судна любой принадлежности. Для подключения к судовой системе пожаротушения корабельное соединение снабжено соединительной головкой со специальными присоединительными размерами в соответствии с ныне отмененным ОСТ5.5336—77, а судовое — головкой с присоединительными размерами по ГОСТ Р 53279—2009, как и у всего пожарного оборудования нашей страны.

В настоящее время в действующих правилах проектирования систем водяного пожаротушения надводных кораблей и судов обеспечения ВМФ записано, что «в системе должна быть предусмотрена возможность выдачи и приема воды с берега или другого корабля. Количество приемных патрубков (не менее трех) и их расположение должны быть такими, чтобы можно было принять и выдать воду при любых видах швартовки и способах получения воды в море. На патрубках должны быть отростки с быстросмыкающимися гайками условным проходом 65 мм по ОСТ5.5336—77. В снабжении корабля должны быть предусмотрены переходные патрубки с международными фланцами и быстросмыкающимися гайками».



Переходное международное береговое соединение: *а* — для кораблей и судов обеспечения ВМФ со специальной соединительной головкой; *б* — для гражданских судов с соединительной головкой по ГОСТ Р 3279—2009:

1 — международный береговой фланец; *2* — глухой фланец; *3, 4* — прокладки; *5* — болт; *6* — гайка; *7* — шайба; *8* — винт; *9* — соединительная головка; *10* — уплотнительное кольцо

На судах же гражданского назначения и в береговых коммуникациях пожаротушения используется оборудование с соединительными головками по ГОСТ Р 53279—2009, и при пожаре корабля подсоединение к его системе пожаротушения системы гражданского судна или береговых пожарных коммуникаций без применения специальных переходных соединений невозможно. Соответственно для оказания помощи при пожаре российскому гражданскому судну корабль также не сможет подсоединиться к нему без переходного соединения.

Понятно, что при пожаре корабля или судна и оказании ими взаимной помощи предпочтительнее обходиться без специальных переходных соединений (патрубков), которые в экстремальных условиях пожара могут не оказаться на штатном месте или быть недоступными. При наличии же унифицированных соединений на кораблях, судах и береговых коммуникациях всегда имеется возможность подсоединения пожарных рукавов, причем, при необходимости, к любому концевому клапану системы.

В статье 128 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ, требования которого распространяются как на гражданские суда, так и на корабли, записано, что соединительные головки должны обеспечивать быстрое соединение рукавов между собой и с другим пожарным оборудованием. Пока это требование при необходимости подачи воды в систему с берега или с гражданского судна на надводных кораблях и судах ВМФ выполняется не в полной мере.

Следует заметить, что в процессе борьбы с пожаром в случае утраты штатного оборудования также может потребоваться подсоединение к системе аварийного корабля (судна) съемного оборудования систем пожаротушения (рукавов, стволов) с берега или другого судна, но из-за несовместимости соединений это окажется невозможным.

Из сказанного ясно, что необходима унификация присоединительных размеров соединительных головок концевых пожарных клапанов, пожарных рукавов и стволов систем водяного пожаротушения и другого пожарного оборудования надводных кораблей и судов обеспечения ВМФ с принятыми на судах гражданского назначения и в береговых средствах пожаротушения по ГОСТ Р 53279—2009.

Опыт внедрения в 70-х годах прошлого века на морских судах соединительных головок по действовавшему в тот период в СССР ГОСТ 2217—76 (в настоящее время действует как межгосударственный, а в России принят ГОСТ Р 53279—2009) показывает, что задача эта вполне выполнима. Ведь до этого времени сложилась ситуация, когда на речных судах применялись соединения по ГОСТ 2217—76, на морских судах 3-клыковые соединения типа РОТ (Русского общества трубопроводчиков), а на кораблях и

судах ВМФ соединения по ОСТ5.5336—77, однако, несмотря на чрезвычайную многочисленность морских судов транспортного и промыслового флота СССР того времени и разногласия специалистов в целесообразности проведения унификации соединений, переход на соединения по ГОСТ 2217—76 систем пожаротушения морских судов все же был осуществлен.

Принимая решение об унификации соединительных головок систем, также следует учитывать мобилизационную готовность судов гражданского назначения для использования их в «особый период» в составе ВМФ. Понятно, что в этом случае более предпочтительны унифицированные соединения систем пожаротушения кораблей и мобилизованных судов. В противном случае, например, при мобилизации судов промыслового флота, в составе соединения тральщиков окажутся корабли с несовместимыми системами и оборудованием пожаротушения, что, безусловно, будет вызывать неудобства при их эксплуатации.

Также следует иметь в виду, что соединительные головки по ГОСТ Р 53279—2009 более предпочтительны в эксплуатации, поскольку благодаря значительно выступающим клыкам, в отличие от быстросмыкающихся, обеспечивают возможность их подсоединения даже при отсутствии освещения, на ощупь.

Таким образом, унификация присоединительных размеров систем водяного пожаротушения надводных кораблей и судов обеспечения ВМФ с принятыми на судах гражданского назначения и в береговом оборудовании пожаротушения будет способствовать более успешному спасению аварийных кораблей и судов. Кроме того, она создаст более благоприятные условия для специализированного производства соединений и оборудования систем пожаротушения для нужд судостроительной промышленности, организаций, обеспечивающих эксплуатацию кораблей и судов ВМФ, и других потребителей этой продукции.

Внедрение на надводных кораблях и судах обеспечения ВМФ соединительных головок с присоединительными размерами, соответствующими ГОСТ Р 53279—2009 не потребует проведения каких-либо специальных отраслевых мероприятий в области производства оборудования, поскольку концевые пожарные клапаны, пожарные рукава, стволы систем водяного пожаротушения и другое пожарное оборудование изготавливаются в двух исполнениях: с быстросмыкающимися гайками по ОСТ5.5336—77 и с соединительными головками с присоединительными размерами, соответствующими ГОСТ Р 53279—2009.

Для комплексного решения данной задачи в отрасли целесообразно провести работу по унификации быстросмыкающихся соединений систем пожаротушения надводных кораблей и судов с определением наиболее рационального порядка внедрения ее результатов.

Заключение. 1. Унификация присоединительных размеров концевых пожарных клапанов систем водяного пожаротушения и пожарного оборудования надводных кораблей и судов обеспечения ВМФ с принятыми на судах гражданского назначения и в береговых средствах пожаротушения на основе ГОСТ Р 53279—2009 необходима.

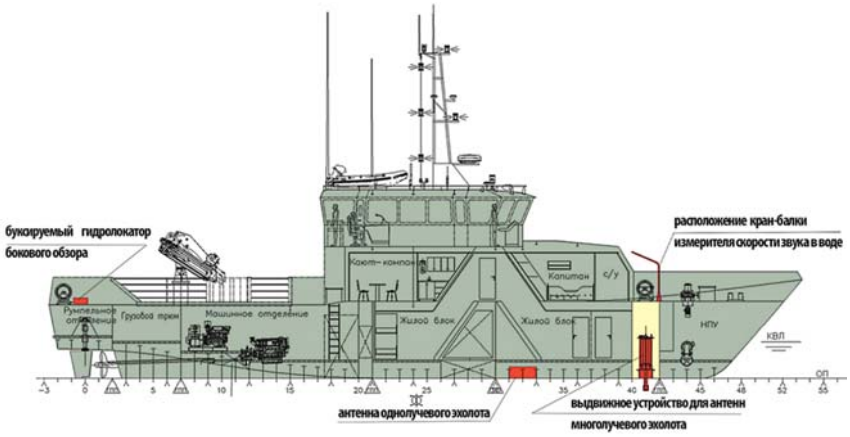
2. Опыт проведения подобного мероприятия в 70-х годах прошлого века на судах морского флота показывает, что задача эта вполне выполнима.

3. Унификация присоединительных размеров соединений систем пожаротушения будет способствовать более успешному спасению аварийных кораблей и судов и повысит мобилизационную готовность судов гражданского назначения.

4. Внедрение результатов унификации соединений в производство оборудования не потребует проведения каких-либо специальных отраслевых мероприятий, поскольку концевые пожарные клапаны, пожарные рукава, стволы систем водяного пожаротушения и другое пожарное оборудование изготавливаются в двух исполнениях: с быстросмыкающимися гайками по ранее действовавшему ОСТ5.5336—77 и с соединительными головками, соответствующими ГОСТ Р 53279—2009.

СЕРИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ КАТЕРОВ

21 марта ОАО «Завод Нижегородский Теплоход» подписал контракт с МО РФ на строительство шести больших гидрографических катеров пр. 23040Г (развитие пр. 23040). Головной катер планируется передать заказчику через 1,5 года. Назначение: съемка рельефа дна на глубинах 400—2000 м, обслуживание плавучих знаков, обеспечение спасательных и поисковых операций, лоцманская проводка и др. Катера имеют стальной корпус и алюминиевую надстройку. Энергетическая установка — двухвальная дизельная; есть носовое подруливающее устройство. Длина катера 33 м, ширина 6,8 м, осадка 1,6 м, полное водоизмещение 192,7 т, мощность двигателей 2 х 248 кВт, скорость хода около 12 уз.



Схематичный продольный разрез

ЭКСПЕРТИЗА СПЕЦИАЛЬНОГО РАЗДЕЛА «ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

В. Ю. Грабельников, В. Н. Евгенов, С. В. Добровенко,
канд. техн. наук (АО «НИПТБ «Онега»,
e-mail: niptb@onegastar.ru)

УДК 614.841.3:629.5

Обеспечение пожарной безопасности процессов строительства и ремонта кораблей и судов — актуальная проблема судостроительных и судоремонтных предприятий во всем мире [1—5]. На это, в частности, указывают последствия пожаров, произошедших в последние годы на подводных лодках в период их ремонта.

При строительстве и ремонте кораблей и судов создаются системы технического обеспечения судна (ТОС). Данные системы должны соответствовать требованиям нормативной документации по пожарной безопасности. С целью соблюдения требований нормативной документации следует разрабатывать технический проект систем ТОС в соответствии с требованиями отраслевого стандарта [6]. Для проверки соответствия систем ТОС требованиям нормативной документации по пожарной безопасности на стадии технического проектирования необходимо разработать специальный раздел «Требования пожарной безопасности...», который должен пройти экспертизу в головной отраслевой организации по пожарной безопасности. Необходимость проведения экспертизы специального раздела «Требования пожарной безопасности...» определена требованиями правил [7].

До 2012 г. функции головной отраслевой организации по экспертизе специального раздела «Требования пожарной безопасности...» выполняло ФГУП «ГУВО». В 2012 г. это предприятие было ликвидировано, а функции проведения экспертизы в соответствии с решением руководства Минпромторга России и АО «ОСК» в 2013 г. переданы АО «НИПТБ «Онега».

АО «НИПТБ «Онега» в рамках инициативной научно-исследовательской работы разработано и утверждено в установленном порядке положение [8], регламентирующее организацию и порядок проведения экспертизы специального раздела «Требования пожарной безопасности...».

Положение устанавливает требования к организации проведения экспертизы, а также процедуре, срокам проведения и порядку взаимодействия с физическими и юридическими лицами в процессе её проведения.

Цель экспертизы — проверка соответствия мероприятий пожарной безопасности, установленных специальным разделом и конструкторской документацией технического проекта ТОС, требованиям законодательной, нормативной и технической документации по обеспечению пожарной безопасности и недопущению в производство процессов, оборудования, материалов, способных нанести вред жизни и здоровью работников, материально-техническим ценностям предприятий, а также кораблям и судам, находящимся в строительстве, ремонте, модернизации и переоборудовании.

Процесс проведения экспертизы приведен на рисунке.

В случае отрицательного заключения экспертизы документация дорабатывается и проходит повторную экспертизу.

Для организации проведения экспертизы разработчик специального раздела направляет заявку и техническое задание на проведение работ. В заявке должен быть указан объём представляемой документации и исходные данные по заказу (номер проекта судна или корабля, водоизмещение, размерения, материалы, применённые для постройки корпуса и корпусных конструкций).

В комплект документации, представляемой на экспертизу, должна входить документация, разработанная в соответствии с правилами [7], в том числе:

— специальный раздел «Требования пожарной безопасности...»;

— технический проект ТОС (в том числе расчётная часть);

— технические условия по пожарной безопасности (при их наличии), разработанные для обоснования вынужденных отступлений от требований нормативных документов по пожарной безопасности, имеющихся в техническом проекте и необходимости применения мероприятий, компенсирующих такие отступления.

Документация на экспертизу принимается на бумажном носителе в одном экземпляре либо в электронном виде на оптических носителях (либо по электронной почте) в форматах TIFF или PDF.

По условиям договора экспертиза может проводиться на территории заказчика с предоставлением документации технического проекта ТОС, рабочего места и доступа к необходимой нормативной документации.

Специальный раздел «Требования пожарной безопасности» должен быть согласован с судостроительным, судоремонтным предприятием, производящим строительство (ремонт, переоборудование, модернизацию) судна (корабля), для которого он разрабатывается.

При приёмке документации на экспертизу проверяется:

— наличие подписей исполнителей, работников, ответственных за проведение всех видов контроля документов;

— наличие сведений о согласовании с исполнителем работ;

— соответствие наименования разработанных документов предмету договора;

— наличие установленных согласований;

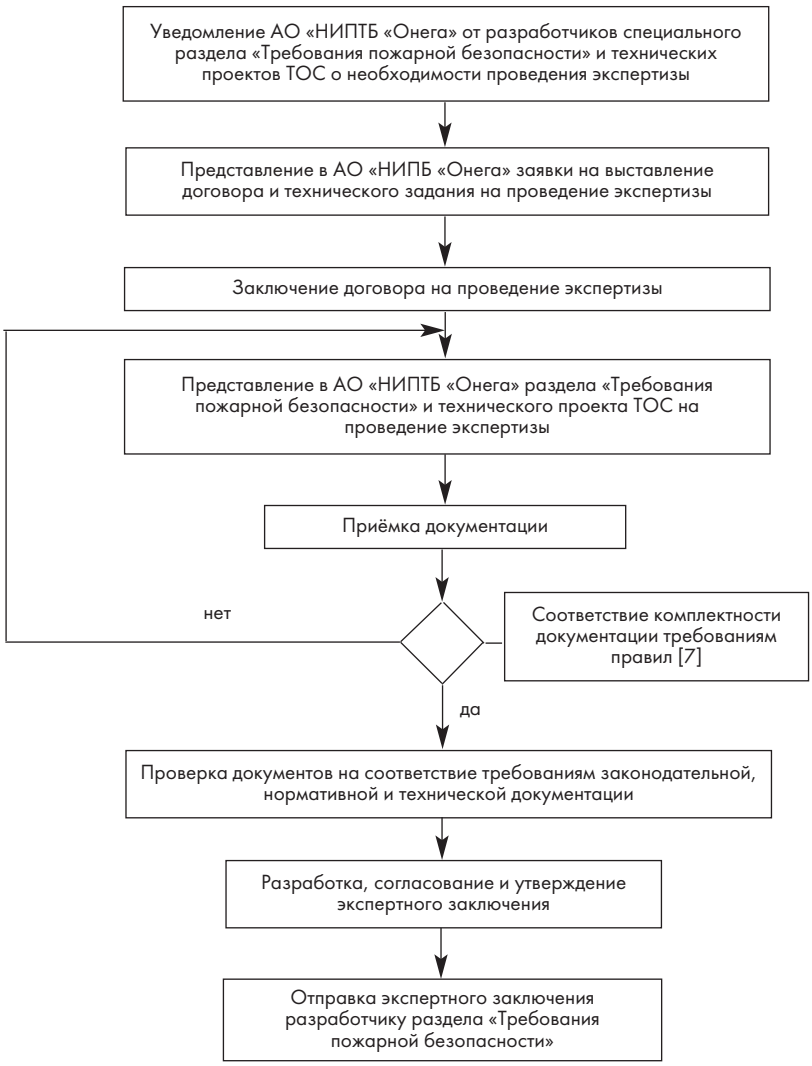
— комплектность документов, указанных в описи, и их достаточность для проведения экспертизы.

— проверка комплектности и полноты представленных материалов (на соответствие требованиям отраслевого стандарта [6] и правил [7]). При необходимости допускается требовать у разработчика дополнительную информацию.

Состав схем технического проекта ТОС, представляемых на экспертизу должен соответствовать требованиям отраслевого стандарта [6].

Допускается принимать на экспертизу специальный раздел совместно с рабочей конструкторской документацией (РКД) на ТОС в случае, если технический проект ТОС на какой-либо проект корабля (судна) не разрабатывался. В данном случае обязательными для проведения экспертизы специального раздела РКД являются:

— схемы систем временной вентиляции;



Блок-схема проведения экспертизы

— схемы временного освещения и электроснабжения;

— схемы заземления и обратного сварочного провода;

— схемы систем пожарной и охранно-пожарной сигнализации, связи и оповещения о пожаре;

— схемы систем и средств пожаротушения на построечных местах и судне;

— схемы систем и средств пожаротушения при перемещениях блоков и островов судна, крупных строительно-монтажных единиц, судна;

— схемы эвакуации при пожаре для всех этапов постройки (ремонта) судна с учётом его перемещений по построечным местам: в доке, эллинге, на плаву;

— схемы размещения первичных средств пожаротушения в зависимости от этапа постройки (ремонта) судна и насыщения его пожарной нагрузкой;

— схемы размещения средств индивидуальной защиты людей;

— схемы технологических и аварийных вырезов;

— схемы систем контроля довзрывоопасных концентраций и/или газового анализа.

В обоснованных случаях при наличии дополнительных требований пожарной безопасности, связанных с особенностями противопожарной защиты конкретного судна (корабля), могут быть допущены отступления от требований правил [5] по разработке специального раздела. Дополнительные требования пожарной безопасности оформляются в виде технических условий и должны быть согласованы со служба-

ми МЧС России в установленном порядке.

Срок проведения экспертизы при предоставлении материалов в полном объёме исчисляется со дня их регистрации при поступлении в АО «НИПТБ «Онега» до дня отправки заказчику и не должен превышать трёх недель (21 календарный день). В исключительных случаях (проекты особо крупных и сложных, а также уникальных кораблей и судов, технических средств освоения океана, подводных лодок, авианесущих кораблей и т. п.) срок экспертизы может быть увеличен на 10 календарных дней.

В случае неполного предоставления документации экспертиза может быть отложена до момента получения документации в полном объёме, при этом АО «НИПТБ «Онега» в письменном виде извещает разработчика о приостановлении экспертизы до получения полного комплекта документов.

В случае отрицательного результата экспертизы осуществляется повторная экспертиза откорректированной документации, также в течение 21 дня.

После заключения договора на проведение экспертизы выпускается приказ генерального директора АО «НИПТБ «Онега» о назначении экспертной комиссии. В состав экспертной комиссии входят эксперты, председатель экспертной комиссии и лицо, ответственное за разработку экспертного заключения (технический специалист из числа сотрудников АО «НИПТБ «Онега», прошедший обучение промышленной и пожарной безопасности в специализированной организации, отвечающий за координацию работы экспертной группы, оформление, согласование, утверждение и рассылку экспертного заключения).

Экспертное заключение выполняется в соответствии с системой менеджмента качества, действующей в АО «НИПТБ «Онега», и содержит в своем составе следующие разделы:

— основание для разработки;

— перечень рассмотренной документации;

— описание содержания представленной документации;

— замечания и предложения;

— рекомендации;

—заключение.

Экспертное заключение утверждается генеральным директором или главным инженером АО «НИПТБ «Онега» и заверяется печатью АО «НИПТБ «Онега».

Один экземпляр экспертного заключения передаётся заказчику в бумажном виде (подлинник), второй экземпляр подлинника совместно с приложением специального раздела «Требования пожарной безопасности» и технического проекта ТОС передаётся в фонд технической документации АО «НИПТБ «Онега». По условиям договора экспертное заключение может также передаваться в электронном виде на электронных носителях (либо по электронной почте) в форматах TIFF или PDF.

В случае получения отрицательного заключения экспертизы документация подлежит повторному представлению на экспертизу. В случае представления разработчиком откорректированной документации в течение 30 календарных дней с момента выдачи заключения, АО «НИПТБ «Онега» рассматривает документацию в рамках действующего договора. В случае превышения срока 30 календарных дней повторное рассмотрение проводится после оформления нового договора или дополнительного соглашения к действующему договору. При повторном представлении на экспертизу разработчик документации в произвольной форме должен указать информацию о внесённых изменениях (в виде пояснений, оформленных корректирующим томом). По результатам повторного рассмотрения документации оформляется повторное экспертное заключение.

После получения положительного экспертного заключения специальный раздел «Требования пожарной безопасности...» считается согласованным головной организацией отрасли по пожарной безопасности.

Заключение. В настоящее время экспертизу по пожарной безопасности специального раздела «Требования пожарной безопасности...» при строительстве и ремонте кораблей и судов выполняет АО «НИПТБ «Онега». В целях подготовки производства к проведению экспертизы выполнена научно-исследовательская работа, выпущена организационная документация, накоплен опыт проведения экспертизы специального раздела «Требования пожарной безопасности...» при строительстве и ремонте кораблей и судов.

Необходимо отметить, что за период с 2013 г. (с момента назначения АО «НИПТБ» головной организацией отрасли по пожарной безопасности) специальный раздел «Требования пожарной безопасности...» передавали на экспертизу только четыре организации: АО «ЦС «Звездочка, АО «ПО «Севмаш», АО «ЦМКБ «Алмаз» и АО «СПМБМ «Малахит». Остальные предприятия судостроительной промышленности при строительстве и ремонте кораблей и судов, а также при разработке технического проекта ТОС специальный раздел «Требования пожарной безопасности...» на экспертизу не предоставляют, тем самым не в полной мере соблюдая требования пожарной безопасности, установленные правилами [7].

Литература

1. *Радзиевский С. И., Хныкин В. М.* Пожарная безопасность и противопожарная защита кораблей. Л.: Судостроение, 1987.

2. *Ставицкий М. Г., Востриков В. И., Кортунов М. Ф.* Борьба с пожарами на судах: в 2 т. Л.: Судостроение, 1987.

3. РИА Новости «Пожар на АПЛ «Екатеринбург» 02.02.2012 http://ria.ru/trend/submarine Yekaterinburg fire 29122011/

4. РИА Новости «Пожар на АПЛ «Томск» в Приморье» 18.09.2013 http://ria.ru/trend/tomsk faer16092013/

5. РИА Новости «Пожар на АПЛ «Орел» 09.04.2015 http://ria.ru/trend/fire factory 07042015

6. ОСТ5Р.0718—2003. Техническое обеспечение строящихся, ремонтируемых и переоборудуемых судов. Общие требования. Взамен РД5Р.0718—95, (РД5.0207—89, РД5.0608—87 утратил силу на территории РФ); введ. 2004-07-01. СПб.: НИИ «Лот» ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова», 2004.

7. Правила пожарной безопасности на строящихся и ремонтируемых судах: ППБ СРС 01—2009: утв. Департаментом судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России, 2009.

8. ЯНМИ.0620.00.127. Экспертиза раздела «Требования пожарной безопасности». Организация и порядок проведения. Положение. Северодвинск: ОАО «НИПТБ «Онега», 2014.

АТТЕСТАЦИЯ ВЫРАБОТКИ ИСТИННОГО КУРСА ГИРОПРИБОРОМ НА ПЛАВУ

Е. В. Кипреев, Л. П. Гаврилюк, докт. техн. наук
(АО «ЦТСС», e-mail: inbox@sstc.spb.ru)

УДК 681.783:629.5

Гироприборы навигационного комплекса (НК) корабля при монтаже выверяются относительно центральной контрольной площадки (ЦКП) и отметчиков диаметральной плоскости (ДП) корабля, фиксирующих его основную и диаметральную плоскости.

По окончании монтажных работ на плаву у причальной стенки встает задача аттестации выработки гироприбором НК истинного курса корабля. Существующая методика аттестации гироприборов предусматривает следующий комплекс действий:

— на верхней палубе корабля устанавливается теодолит, его вертикальная ось выверяется перпендикулярно ЦКП, а также в створ отметчиков ДП на верхней палубе, горизонтальный лимб теодолита ориентируется параллельно линии, соединяющей отметчики ДП;

— в это же время на берегу устанавливается гиротеодолит, выверяется относительно вертикали, и с его помощью определяется направление истинного меридиана. Гиротеодолит должен быть предварительно эталонирован на пункте эталонирования с известным с погрешностью не более 2'' астрономическим азимутом. Эталонирование гиротеодолита должно проводиться в районе, расположенном не далее 250 км от места выполнения работ. Вместо гиротеодолита возможно использование теодолита, установленного в створ отметчиков линии, фиксирующей направление астрономического меридиана с погрешностью не более 10''. Расстояние между отметчиками (точками диаметром 3 мм) должно быть не менее 300 м;

— между гиропостом в месте расположения гироприбора НК, палубой, где установлен теодолит, и местом установки гиротеодолита на берегу налаживается устойчивая телефонная связь;

— в гиропосту запускается гироприбор НК, который вырабатывает вертикаль места и направление истинного меридиана; теодолит и гиротеодолит визируют друг на друга с последующим отсчетом углов по их горизонтальным лимбам и определением по результатам измерений положения линии отметчиков ДП корабля относительно истинного меридиана.

Корабль на плаву имеет некоторый крен и дифферент, которые непрерывно изменяются в некотором диапазоне, а также рыскание, а потому отсчеты всех трех указанных устройств непрерывно меняются по синусоидальным зависимостям (сумма нескольких синусоид с различными амплитудами, частотой и сдвигом фаз).

Задача операторов, работающих со всеми тремя устройствами, заключается в одномоментном снятии отсчетов. Ведущим является оператор теодолита на палубе, подающий команду «отсчет», после того как он и оператор берегового поста согласуют одновременное наведение зрительных труб своих приборов на коллиматорные визиры друг друга. По этой команде должны быть сняты отсчеты со всех трех приборов. Отсчеты снимаются пять раз, и за окончательный результат принимается среднее арифметическое данной серии.

На результат измерений существенное влияние оказывает совокупное влияние крена и дифферента корабля (рис. 1), поскольку проекция линии пересечения диаметральной и основной плоскости (линии, фиксируемой отметчиками ДП) на горизонтальную плоскость поворачивается относительно линии пересечения ДП с горизонтальной плоскостью на угол, определяемый для малых углов зависимостью

$$\gamma \cong \alpha\beta ,$$

где γ — поправка к курсовому углу, вырабатываемому гиротеодолитом на берегу и теодолитом на верхней палубе корабля, обусловленная креном и дифферентом корабля; α — крен корабля; β — дифферент корабля.

В таблице даны величины поправок в зависимости от крена и дифферента корабля на момент выверки, а на рис. 2 — правила знаков.

Традиционно существующая методология аттестации гироприборов НК ограничивает крен и дифферент

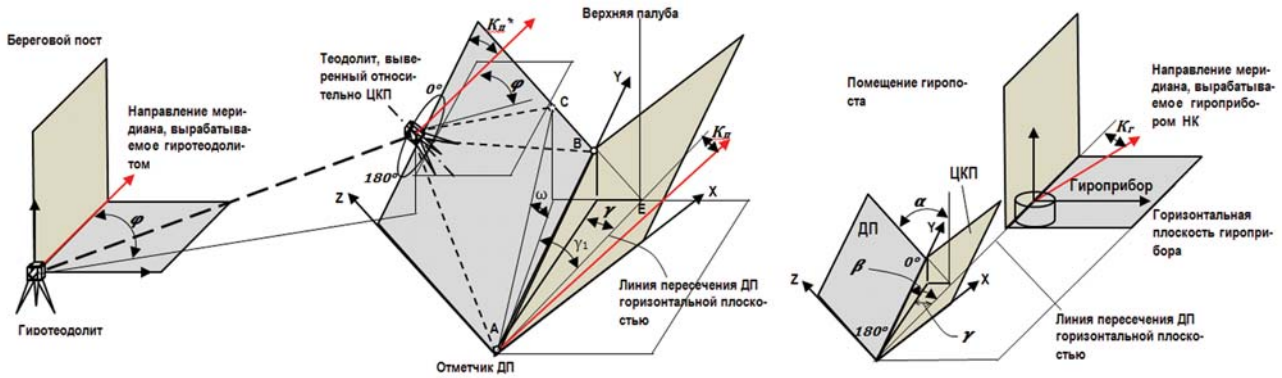


Рис. 1. **Схема аттестации гироприбора НК**:
$K_п$* — курсовой угол, определяемый приборами на палубе и на берегу без учета поправки на крен и дифферент корабля; α — крен корабля; β — дифферент корабля; γ и γ_1 — поправки на крен и дифферент корабля; $K_п$ — курсовой угол, определяемый приборами на палубе и на берегу с учетом поправки; $K_г$ — курсовой угол, вырабатываемый гироприбором НК

Углы азимутальной поправки

Крен α	Поправка γ, ...'' при дифференте β							
	0	30′	40′	50′	60′	70′	80′	90′
0	0	0	0	0	0	0	0	0
30′	0	15,7	20,9	26,2	31,4	36,7	41,9	47,1
40′	0	20,9	27,9	34,9	41,9	48,9	55,9	62,8
50′	0	26,2	34,9	43,6	52,4	61,1	69,9	78,5
60′	0	31,4	41,9	52,4	62,8	73,3	83,8	94,2
70′	0	36,7	48,9	61,1	73,3	85,5	97,7	110
80′	0	41,9	55,9	69,9	83,8	97,7	111,7	125,7
90′	0	47,1	62,8	78,5	94,2	110,0	125,7	141,4

корабля величинами 30′ (обычно 10′), при этом поправка (максимальне значение которой может достигать15,7'') включается в число погрешностей.

Суммарная расчетная предельная погрешность метода составляет, как правило, величину порядка одной угловой минуты.

При этом, как видно из рис. 1, разновысотность отметчиков в ДП по указанной методологии не оказывает влияния на точность ориентирования теодолита по ДП корабля, а следовательно, на точность работ.

Вместе с тем существующая методология имеет определенные технологические сложности, обусловленные необходимостью использования теодолитов, адаптированных для работы на плаву, выверки их относительно ЦКП корабля, обеспечения указанных величин крена и дифферента корабля.

С целью упрощения методологии можно использовать на палубе обычный теодолит, выверяя его вертикальную ось по показаниям уровней его лимбов в среднее положение относительно колебаний пузырьков уровней. Одновременно по квадрантам замеряется среднее положение ЦКП относительно горизонтальной плоскости и углы крена и дифферента корабля. При этом вертикальная ось теодолита в пределах нестабильности качки перпендикулярна горизонтальной плоскости, а угол азимутальной поправки по данным на ЦКП определяется с погрешностью (или нестабильностью)

$$\Delta\gamma = \sqrt{\Delta\alpha^2\beta^2 + \Delta\beta^2\alpha^2},$$

где $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ — погрешности измеряемых углов крена и дифферента на ЦКП.

Указанные погрешности определяются в основном нестабильностью качки корабля, поскольку погрешности измерения квадранта существенно меньше.

Если принять из практических соображений максимальную нестабильность качки в 5′ на «тихой воде» при ограничении ветра и волнения до 2 баллов для кораблей длиной 70—100 м, при крене и дифференте в 1°, то нестабильность азимутальной поправки составляет величину порядка 7''.

Поскольку ось теодолита не перпендикулярна ЦКП (при принятых допущениях в пределах $(5\sqrt{2})'$), существенным ограничением использования теодолита, не адаптированного для работы на плаву, является необходимость использования отметок ДП, не имеющих разновысотности.

Разновысотность базовых отметок ДП равносильна изменению дифферента корабля, что сказывается на определении величины поправки.

С целью исключения влияния разновысотности базовых отметчиков и прямого включения поправки в расчеты определения направления истинного меридиана предлагается использование тахеометра, позволяющего определять координаты базовых отметок ДП в системе координат данного прибора.

При этом следует иметь в виду, что для обеспечения принципа Аббе необходимо согласовать координатную систему тахеометра с координатной системой объекта. В данном

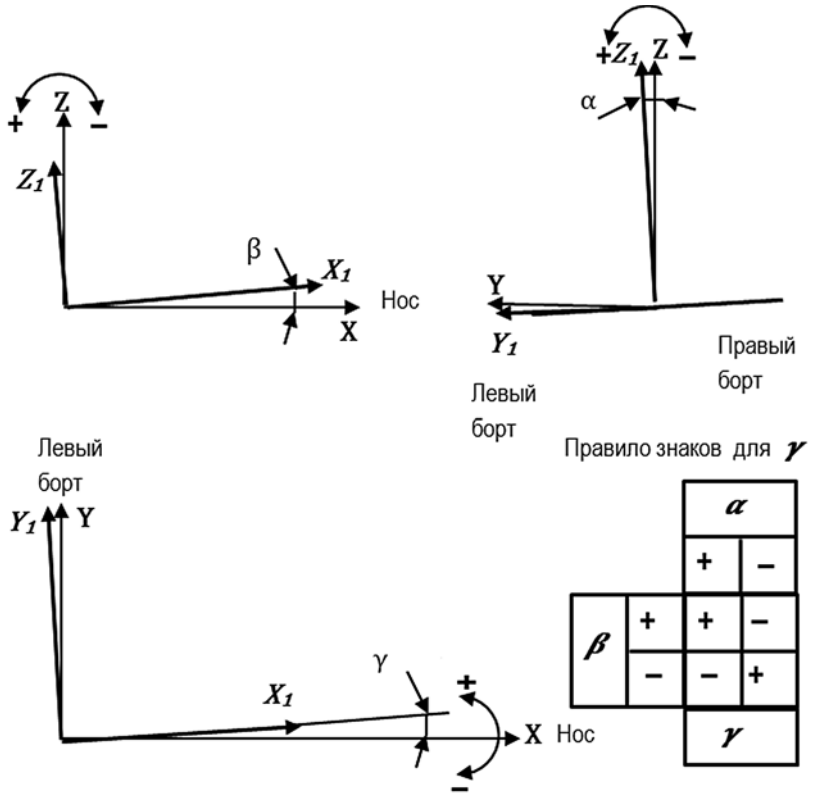


Рис. 2. **Правила знаков при определении поправки на крен и дифферент корабля**

случае необходимо согласовать координатную систему этого прибора с координатной системой, определяемой горизонтальной плоскостью и линией *AE* пересечения ее с диаметральной плоскостью корабля (см. рис. 1).

Рассогласование относительно горизонтальной плоскости (по крену и дифференту) ведет к погрешностям по координате *Z* (по высоте), азимутальное рассогласование — к погрешностям по координатам *X* и *Y*. Погрешности по координате *Z* ведут к погрешностям определения разновысотности базовых отметок ДП и соответственно к погрешности определения дополнительного дифферента, зависящего от разновысотности базовых отметок ДП (разновысотность отметок в ДП и в вертикальной плоскости ввиду малости углов крена практически одинакова).

При указанной выше нестабильности качки в 5′ главная ось тахеометра может быть неперпендикулярна к горизонтальной плоскости на $(5\sqrt{2})'$, соответственно погрешность определения разновысотности базовых точек имеет ту же величину. И тогда, как было показано ранее, погрешность определения азимутальной поправки, обусловленной разновысотностью базовых отметок ДП, с помощью тахеометра не превышает 7′′.

Азимутальное рассогласование указанных координатных систем приводит к существенной ошибке в определении направления линии *AE* (см. рис. 1)

С учетом изложенного методология использования тахеометра предусматривает следующий порядок действий:

— после выверки вертикальной оси тахеометра аналогично выверке главной оси теодолита и предварительного азимутального ориентирования параллельно линии AC определить координаты точек *A* и *C* и рассчитать азимутальное направление μ проекции этой линии в системе координат прибора, а также угол ω наклона этой линии к горизонтальной плоскости:

$$\mu = \frac{X_C - X_A}{Y_C + Y_A} \cdot 206265'';$$

$$\omega = \frac{Z_C - Z_A}{Y_C + Y_A} \cdot 206265'';$$

— определить углы наклона ЦКП по крену α и дифференту β;

— рассчитать уточненную поправку (с учетом угла ω)

$$\gamma_1 = \omega\alpha;$$

— рассчитать азимутальное положение линии *AC* в системе координат прибора $\mu - \gamma_1$ и повернуть азимутальную шкалу прибора на этот угол;

— вновь замерить координаты точек *A* и *C* и рассчитать азимутальное направление проекции линии *AC* в системе координат прибора и угол ω. Азимутальное направление проекции линии *AC* должно соответствовать углу, равному $\gamma_1 \pm 10''$. Угол наклона линии *AC* должен соответствовать углу $\omega \pm 10''$. В противном случае необходимо выполнить дополнительную итерацию.

Далее следует действовать по вышеописанной базовой методике аттестации гироприбора НК.

Следует отметить, что углы возвышения (отсчитанные от горизонтальной плоскости) корабельного тахеометра и берегового гиротеодолита при взаимном визировании не должны быть большими. Так, при непараллельности вертикальных осей указанных приборов в 7′ и угле возвышения 3° дополнительная азимутальная погрешность составит $\Delta\varphi = \upsilon \cdot tg\theta = 7' \cdot 60'' \cdot tg3° = 22''$. Здесь υ — непараллельность вертикальных осей приборов; θ — угол возвышения при взаимном визировании приборов.

Малые отклонения υ от параллельности лимбов приборов (как показано выше, не более 7′) не оказывают существенного влияния на точность измерения азимутальных углов φ:

$$\Delta\varphi = \varphi - \text{arc tg}\,\varphi \cdot \cos\upsilon =$$

$$= \varphi - \text{arc tg}\,(tg\,\varphi - 0{,}5\upsilon^2 \cdot tg\,\varphi).$$

Исходя из погрешностей измерения координат *X* и *Y* тахеометром, соизмеримых с погрешностями выставки теодолита в створ базовых точек по базовой методологии, можно ожидать, с учетом последнего замечания, одинаковую погрешность аттестации гироприборов НК.

Заключение. 1. Использование тахеометра с отключенным компенсатором вертикального круга на палубе корабля позволяет упростить методику аттестации гироприборов НК.

2. Рекомендуется сохранить требования позиционирования корабля при аттестации гироприборов НК по крену и дифференту не более 30′. При больших значениях углов крена и дифферента корабля следует рассчитывать и учитывать поправку.

3. При взаимном визировании гиротеодолита и тахеометра (теодолита) на палубе корабля следует обеспечивать углы возвышения не более 3°.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СУДОСПУСКОВОГО УСТРОЙСТВА

В конце марта пресс-служба ОАО «Средне-Невский судостроительный завод» сообщила, что по итогам открытого конкурса заключен договор с ООО «Геоизол» на техническое перевооружение и реконструкцию судоспускового устройства. Этой компании предстоит разработать документацию и к июлю 2017 г. завершить реконструкцию устройства. Существующее судоспусковое сооружение (слип грузоподъемностью 650 т) построено в 1950-х годах и с тех пор не модернизировалось. Реконструкцией предусматривается замена существующего слипа на поперечный гребенчатый слип, который будет обеспечивать спуск на воду судов длиной до 100 м со спусковой массой до 2700 т и осадкой до 4,5 м (вместо 3,2 м). Реконструкция проводится в рамках комплексной модернизации и реконструкции завода, которую планируется завершиться в 2018 г. По завершении реконструкции производственные мощности завода позволят сдавать по два композитных и два металлических корабля в год.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ О ДЕФЕКТАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЮ РАБОТ В СУДОРЕМОНТЕ

В. Е. Лелюхин, канд. техн. наук, e-mail: lelv0@mail.ru,
О. В. Колесникова, e-mail: miis@mail.ru (ОАО «Дальрыбтехцентр»)

УДК 656.61.071.8

Современное судоремонтное предприятие требует высокого уровня организации управления производством. Процесс управления осложняется тем, что судоремонтное производство носит единичный и мелкосерийный характер, повторяемость работ по ремонту невысока. Уровень технической оснащенности и организации работы судоремонтного предприятия оказывает существенное влияние на результаты его деятельности.

Сроки выполнения ремонта определяются на основании ведомости ремонтных работ. Исходной информацией для ее составления служат формуляры технического состояния, нормы допускаемых износов, акты освидетельствования судна, данные осмотров и наблюдений в процессе эксплуатации.

При выполнении ремонтных работ, в соответствии с ГОСТ 2.602—95 в «Руководстве по ремонту» при формировании раздела «Организация ремонта» составляются «Указания по организации дефектации и ремонта изделия с учетом доработки», в которых заполняется карта дефектации и ремонта [1]. Под дефектацией понимается процесс определения технического состояния деталей, узлов, выявления дефектов, отклонений от установленных параметров и возможности их устранения [2].

Результаты дефектации являются информационной основой для расчета объемов и сроков выполнения ремонта, составления договорной документации, подготовки и организации проведения ремонтных работ, а также приемки отремонтированных изделий и объектов.

Несмотря на определенные гостами и руководящими документами регламенты выполнения ремонтных работ, не существует единой унифицированной формы дефектной ведомости [1—3]. Поэтому на предприятиях формы таких документов составляются и утверждаются исходя из так называемой «объективной необходимости». В первую очередь, эта необходимость определяется финансовыми взаимодействиями между исполнителем и заказчиком. Во вторую очередь, рассматриваются взаимодействия с поставщиками. И только затем, в последнюю очередь, решаются вопросы эффективной организации выполнения работ.

По этим причинам дефектовочная ведомость представляет собой достаточно скудный в информационном плане документ, в котором, исключая порядковый номер записи, отражаются от трех до пяти характеристик (параметров). Как правило, приводятся: 1) наименование дефектной детали (узла); 2) единицы измерения; 3) количество деталей (узлов); 4) причины дефекта; 5) состав работ.

Поскольку в современных условиях во многих случаях утрачена либо попросту отсутствует ремонтная документация, наименование дефектной детали «придумывается на ходу», и при этом не указываются взаимосвязи между деталесборочными единицами (ДСЕ). Понятно, что такая информационная подготовка не может не сказываться на организации проведения ремонтов, их качестве и сроках.

Кроме того, следует отметить, что сложившийся в прошлом столетии традиционный подход к подготовке судоремонта в современных условиях уже непригоден.

Во времена СССР существовала система планирования и управления эксплуатацией и ремонтом судов, в которой регламентируемые (не экстренные) ремонтные работы были распределены по вполне конкретным предприятиям. Это позволяло ремонтным предприятиям заранее подготовить проектно-конструкторскую и даже технологическую документацию. В нынешнем состоянии эта система не работает, поскольку многие нынешние судовладельцы договариваются о выполнении ремонтов не с теми предприятиями, которые наиболее подготовлены, а с теми, у которых ниже цена.

В последнее время стало модным со стороны заказчиков (судовладельцев) объявлять так называемые тендеры на выполнение ремонта. Так как основным критерием для определения победителей является цена, естественно, что во многих случаях выигрывают эти тендеры мелкие предприятия на уровне «рембригады в гараже», которые не имеют соответствующего оборудова-

ния, технологий, квалифицированных работников, а тем более специалистов с конструкторской и технологической инженерной подготовкой.

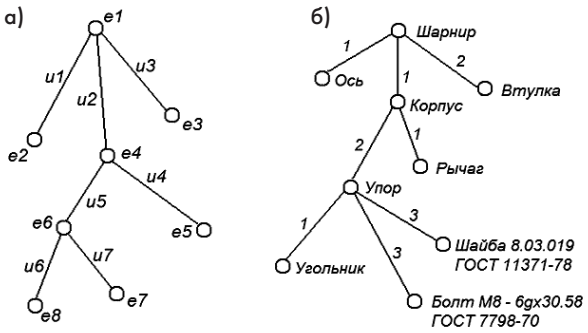
Кроме того, так как на этих предприятиях отсутствует проектная документация на ремонтируемый объект, имеются случаи, когда ремонт проводится так называемыми «специалистами» весьма сомнительной квалификации. В результате к моменту выхода судна из ремонта оказывается, что что-то недосмотрели в этом агрегате, забыли, что надо еще отремонтировать некоторые узлы, а также заменить детали, которые необходимо было заказать у поставщиков несколько месяцев назад. В этих случаях в авральном режиме выполняются какие-то работы по принципу «лишь бы крутилось» и «лишь бы успеть».

Для организации эффективного производственного процесса при выполнении ремонтных работ, сокращения сроков и повышения качества ремонтов предлагается пересмотреть подходы к подготовке производства и особенно к этапу организации дефектации.

Следует учесть, что, с одной стороны, дефектовочная ведомость является основой для конструкторско-технологической подготовки ремонтного производства. С другой стороны, конструкторская информация может служить основой для формирования дефектовочной ведомости.

Конструкторская информация о структуре изделия может оказать существенную помощь в составлении акта дефектации. Согласно ГОСТ 2.053—2006 [4] электронная структура изделия может быть представлена в виде связного ациклического графа $G = (E, U)$, где E представляет множество вершин, а U — множество ребер (рисунок, *а*).

Такое представление конструкторской информации об изделии позволяет не только получить полный перечень деталей и узлов, но и проследить входимость одних составных частей изделия в другие, а также планировать работы по поиску дефектов и осуществлять контроль корректности информации об их наличии.



Представление структур изделий, агрегатов и узлов: *а* — граф «дерево»; *б* — электронная структура изделия

Электронная структура изделия представляет собой конструкторский документ, содержащий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и отношения между его составными частями (рисунок, б) [4].

К основным параметрам в представлении структуры изделия относят обозначение и наименование составных частей. Под составными частями (СЧ) изделия ГОСТ 3.1122—84 рассматривает детали и сборочные единицы.

В соответствии с изменившимися условиями (техническими, экономическими и организационными) назрела необходимость пересмотра и корректировки не только документальных форм отображения и фиксации дефектов, но и принципиальных подходов к организации их выявления.

Учитывая, что любое ремонтное производство, несмотря на некоторую специфику технологических процессов восстановления изношенных деталей, всё-таки во многом схоже с производством новых изделий, авторами статьи предлагается универсальная схема подготовки производства, которая позволит интегрировать в производственную систему, выпускающую новые изделия, выполнение ремонтных работ.

В основе предлагаемой схемы организации подготовки производства лежит первоначальное формирование структуры изделия в любом виде, но лучше в электронном, и только потом в строгом соответствии с этой структурой формирование ведомости дефектации. В дальнейшем схема соответствует традиционной технологической подготовке.

Такая схема обеспечит не только возможность эффективного управления производством, но и минимизацию сроков выполнения ремонтов и, что, пожалуй, самое важное, существенное повышение их качества.

Для выполнения плановых ремонтов следует получить от разработчиков структуру каждого из эксплуатируемых на судне агрегатов. Если этого сделать по каким-либо причинам невозможно, необходимо проведение такой работы включать в перечень подготовки при выполнении ремонтных работ. Важно, чтобы при нормировании разборки и дефектации ремонтируемых объектов было зарезервировано время для составления электронной структуры изделия.

По результатам дефектации детали и узлы сортируются на три группы: годные, подлежащие восстановлению, негодные. По результатам сортировки деталей и узлов предлагается вместо дефектовочных ведомостей формировать технологические процессы для изготовления полностью заменяемых ДСЕ, а также для ремонта подлежащих восстановлению деталей.

Наличие структуры изделия и технологии его ремонта или изготовления создает возможность автоматизации системы управления производством, однозначной регламентации производственных процессов, контроля соблюдения технологической дисциплины и качества продукции.

Таким образом, судоремонтникам следует обратить особое внимание на то, что качество конструкторской и технологической подготовки производства напрямую связано с качеством, сроками и себестоимостью ремонтных работ. И здесь важнейшим фактором является время, достаточное для полноценной подготовки.

Литература

1. ГОСТ 2.602—95. Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы. М.: Изд-во стандартов, 1995.
2. ГОСТ 24166—80. Система технического обслуживания и ремонта судов. Ремонт судов. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1980.
3. ГОСТ 18322—78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2007.
4. ГОСТ 2.053—2006. Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2007.

О ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

В. Н. Хромов, докт. техн. наук, e-mail: chrom@orel.ru,
ФГКОУ ВПО «Орловский юридический институт МВД РФ им. В. В. Лукьянова»

УДК 621.797:[621.436:629.5]

Ремонтом дизелей, применяемых на речном флоте в качестве главных судовых двигателей, занимались не только в СССР, но и иностранные фирмы индустриальными методами. Обобщенный опыт по ремонту дизелей, накопленный в судоремонтной промышленности, способам восстановления коленчатых валов, изготовлению вкладышей подшипников, цилиндровых втулок, ремонту регуляторов, навешенных насосов, окраске дизелей подробно описан в [1].

В другой книге [2] в сжатом виде изложены вопросы современной технологии и организации ремонта судов и судовых элементов с учетом внедрения индустриальных методов. Внимание уделено ремонту судовых дизелей, наиболее распространенных на речном транспорте, мощностью от 44 до 1550 кВт, с частотой вращения коленчатого вала от 300 до 1700 об/мин. Наиболее совершенным способом восстановления работоспособности данных судовых дизелей является капитальный ремонт в специализированных цехах судоремонтных предприятий. Этим ремонтом в основном обеспечивают нормативные ресурсы отремонтированным дизелям. При специализации ремонта создаются хорошие предпосылки к поточной организации технологических процессов на основе типовых схем ремонта, что приводит к снижению его себестоимости.

Капитальный ремонт дизелей в специализированных цехах является более сложным комплексом работ по сравнению с производственным процессом их изготовления вследствие специфических особенностей подготовки деталей к ремонту, базирования их при механической обработке и т. п. С другой стороны, к моменту проведения капитальных ремонтов накапливается представительная информация по скоростям изнашивания (табл. 1) деталей дизелей, что создает основу для научного совершенствования и модернизации технологических процессов и собственно дизелей.

Предельные значения износов деталей и узлов (табл. 2) устанавливают заводы-изготовители, а с учетом скоростей изнашивания по ним определяют срок службы этих деталей (рис. 1).

Так, если известно, что скорость изнашивания цилиндровой втулки в первом поясе (размер D_0) составляет $\xi = 0{,}02$ мм/(ч·10^3), а предельный износ, установленный заводом-изготовителем, $W = 0{,}3$ мм, то срок службы цилиндровой втулки будет 15 тыс. ч.

Зависимости, приведенные на рис. 1, пригодны для расчетов линейных износов любых деталей и размеров (например, D_1 и D_2).

Дефектацию деталей судовых дизелей при ремонте осуществляют на основании технических условий. Она проводится для выявления годности деталей (требуется или не требуется для них восстановление), а также выбраковки деталей, у которых наступил предельный износ и их нельзя восстановить доступными и приемлемыми методами [2].

Цилиндровые втулки под воздействием многочисленных факторов во время эксплуатации изнашива-

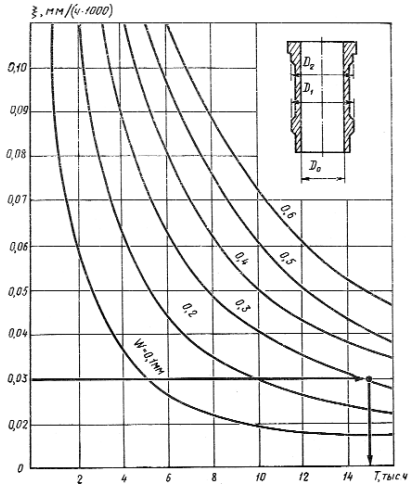


Рис. 1. **Зависимость сроков службы деталей от их износа W и скорости изнашивания**

Таблица 1

Нормативы скоростей изнашивания основных деталей дизелей, мкм/(ч·10^3)

Обозначение дизеля по ГОСТ 4393—82 (заводская марка)	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Характер повреждения													
			Втулка цилиндра в 1-м поясе				Зазор между втулкой цилиндра и поршнем		Поршневой палец				Коленчатый вал			
			Увеличение диаметра		Отклонение от круглости				Зазор между бобышкой поршня и пальцем		Зазор между втулкой поршневой головки шатуна и пальцем		Уменьшение диаметра шатунной шейки		Отклонение от круглости	
			ξ	ξ_{max}	ξ	ξ_{max}	ξ	ξ_{max}	ξ	ξ_{max}	ξ	ξ_{max}	ξ	ξ_{max}	ξ	ξ_{max}
6ЧРН36/45 (Г60)	660	375	29	50	17	33	26	41	4	5	5	7	5	7	2	3
6ЧРН36/45 (Г70-5)	736	350	45	68	28	35	37	55	6	9	7	10	5	7	2	3
(8ЧРН32/48) 8НВД48-2АУ)	775	350	36	53	6	9	18	26	—	—	—	—	4	6	1	2
ЧСР27,5/36 (6Л275ШРН)	515	600	20	30	14	20	14	20	—	—	—	—	4	8	2	3
6ЧСПН18/22	155	750	10	15	5	8	18	26	4	5	5	7	6	8	1	2

Примечание. ξ и ξ_{max} —соответственно средняя и наибольшая скорости изнашивания.

Таблица 2

Предельные износы основных деталей и узлов судовых дизелей, мм

Тип дизеля	Характер повреждения								
	Втулка цилиндра (1-й пояс)		Отклонение от круглости шеек коленчатого вала		Зазор в соединении				
					Втулка — поршень		Кольцо — поршень	Замок поршневого кольца	Втулка поршневой головки шатуна — палец поршня
	Износ	Отклонение от круглости	шатунных	коренных	Поршень чугунный	Поршень алюминиевый			
6—8Ч32/48	1,6	0,85	0,15	0,15	1,0	1,0	0,40	9,0	0,30
6ЧРН27,5/36	1,4	0,70	0,13	0,13	1,0	1,0	0,40	8,5	0,28
6—8ЧР24/36	1,2	0,60	0,10	0,13	0,8	0,8	0,35	7,5	0,25
6ЧРН365/4	2,0	0,50	0,30	0,30	1,2	1,2	0,40	5,0	0,35
6—8ЧП18/22	0,8	0,45	0,08	0,10	0,7	0,7	0,35	4,0	0,20
12ЧН18/20	0,3	0,40	0,03	0,03	1,0	1,0	0,22	2,0	0,15
6—8ЧПН18/26	0,7	0,20	0,08	0,08	0,0	0,6	0,30	3,0	0,28
6ЧН20/26	0,8	—	0,10	0,10	—	—	0,50	4,0	0,28

ются. Наиболее характерными износами являются искажения геометрической формы и размеров внутренней рабочей поверхности и наружных посадочных поясов, а также коррозионно-эрозионное разрушение наружных поверхностей, омываемых охлаждающей водой [1].

Природа процессов изнашивания цилиндровых втулок достаточно хорошо изучена, и условия для обеспечения необходимого им ресурса обусловлены техническими требованиями ГОСТ 7274—80.

В связи с потерей во время работы дизеля технологических баз и жесткими требованиями стандарта цилиндровые втулки при капитальном ремонте заменяют новыми. Системой ремонтных размеров предусмотрены для продления срока службы дорогостоящих блоков увеличенные ремонтные размеры на посадочные пояса и высоту бурта, что и предусматривают при изготовлении новых втулок. Согласно системе ремонтных размеров старые втулки обрабатывают по внутреннему диаметру только для дизелей типов 8ЧН20/26, 12ЧСН18/20, 6ЧСП15/18, 6ЧНСП15/18 и 12ЧНСП15/18.

Втулки рабочих цилиндров изготавливают из серого легированного чугуна по ГОСТ 1412—85 или ГОСТ 7293—85, а при диаметре до 200 мм — также из сталей.

Взаимозаменяемость втулок достигается точной обработкой сборочных базовых поверхностей. Такими поверхностями у втулки при установке в блок цилиндров являются посадочные пояса, а при монтаже шатунно-поршневого узла — внутренняя рабочая поверхность.

Сборка шатунно-поршневого узла на участке узловой сборки заключается в соединении поршня с шатуном при помощи поршневого пальца. В современных судовых дизелях поршень соединяется с шатуном на так называемом плавающем пальце. Конструктивные особенности сопряжения пальца такого типа с поршнем и шатуном: диаметр отверстий втулки верхней головки шатуна больше диаметра поршневого пальца на размер масляного зазора. Форма пальца цилиндрическая, его изготовляют с отверстием внутри для облегчения, наружным диаметром от 50 до 150 мм.

Узел соединения поршня с шатуном работает в весьма тяжелых условиях вследствие высокой температуры горячих газов, воздействующих на поршень, и знакопеременных инерционных нагрузок, возникающих при возвратно-поступательном движении шатунно-поршневого узла в цилиндре. При увеличенных зазорах между пальцем и втулкой верхней головки шатуна, а также между пальцем и отверстиями в бобышках поршня инерционные силы, действующие на рассматриваемое сочленение, носят ударный характер, и, как следствие этого, ускоренно изнашиваются сопрягаемые детали. Схема возникновения ударных нагрузок в головном сочленении четырехтактного дизеля следующая. В начале хода выпуска сила инерции прижимает поршень к шатуну через поршневой палец. В момент достижения поршнем максимума скорости поступательного движения в сторону крышки цилиндра знак инерционной силы меняется. При переходе через верхнюю мертвую точку поршень под воздействием силы инерции при наличии зазора в головном сочленении продолжает с максимальной скоростью двигаться вверх, а шатун — вниз. В этот момент происходит удар пальца сначала о головку шатуна, а затем о бобышки поршня. Места сопряжения поршневого пальца с поршнем и шатуном являются наиболее быстро изнашиваемыми в шатунно-поршневых узлах.

Износ пальца — основная причина замены поршней и пальцев при эксплуатации дизелей, связанной с выполнением трудоемких работ по разборке и монтажу дизеля [1].

В книге [3] обобщен отечественный и зарубежный опыт восстановления изношенных деталей, описаны современные технологические процессы и оборудование. С позиций системного подхода рассмотрены вопросы организации и технологии восстановления изношенных деталей судовых механизмов, показана методология выбора и разработки способов восстановления для условий судоремонтного производства. Приведены методика испытаний восстановленных деталей, их ресурс, технико-экономическая эффективность. Даны рекомендации по дальнейшему совершенствованию системы восстановления изношенных деталей при ограниченных ресурсах.

Из технологических процессов восстановления втулок цилиндров дизелей, внедренных на судоремонтных заводах, можно выделить следующие: плазменную наплавку, электроискровое легирование ферропорошками в магнитном поле и бандажирование [3].

Плазменной наплавкой восстанавливают посадочные поверхности втулок цилиндров дизелей «Бурмейстер и Вайн». Наплавка осуществляется сжатой двойной дугой (с токоведущей присадочной проволокой) переменного или постоянного тока. Посадочные поверхности втулок цилиндров двигателей восстанавливают также электроискровым легированием ферропорошками в магнитном поле. По сравнению с плазменной

наплавкой этот способ обеспечивает более высокую износостойкость восстановленной поверхности, однако толщина наращиваемого слоя при этом меньше. Технологический процесс восстановления бандажированием разработан для втулок цилиндров двигателей размерностью 55/110, имеющих подбуртовые трещины. Основу этого процесса составляют следующие операции: протачивание дефектного участка цилиндровой втулки с одновременным срезанием старого опорного бурта, установка стопорного кольца, напрессовка стального бандажа и сварка. На рис. 2 показана втулка цилиндра двигателя «Бурмейстер и Вайн» 550VTBF-110 (5ДКРН 50/110), восстановленная бандажированием по следующей технологии: сбор, очистка и дефектация изношенных деталей; срезание дефектного бурта и подготовка втулки для насадки бандажа; монтаж бандажа, стопорного кольца и сварка; окончательная механическая обработка втулки в сборе с бандажом и стопорным кольцом; контроль качества, гидравлические испытания, складирование деталей.

Для восстановления внутренней цилиндрической поверхности втулок цилиндров перспективно применение электрохимических покрытий (железнение, хромирование и др.) [3].

За рубежом вопросами обеспечения рационального сервиса занимается фирма-изготовитель. И начинает этим заниматься уже в период создания новой техники, причем размер затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт является одним из основных показателей ее будущей конкурентоспособности. В России эту прибыльную статью дохода от сервиса судов перехватили у предприятий-изготовителей частные компании, хотя проблему технического обслуживания и ремонта машин, гарантийного и послегарантийного ремонтов в современных рыночных условиях обязаны организовать предприятия — изготовители выпускаемой техники.

Существенную конкуренцию частным компаниям, поставляющим запасные части для судоремонта, могло бы составить восстановление изношенных деталей за счет применения прогрессивного технологического оборудования и материалов высокого качества, используемых для нанесения различных покрытий на изношенные поверхности деталей. Практически всем базовым деталям дизелей в развитых капиталистических странах дают вторую жизнь. Восстановление деталей за рубежом считают экономически выгодным. Различные фирмы успешно восстанавливают детали металлургического оборудования, авиационных реактивных двигателей, судовых дизелей и т. п. Номенклатура деталей непрерывно расширяется и охватывает дорогостоящие и металлоемкие детали, определяющие ресурс работы машины. Расширение номенклатуры восстанавливаемых деталей — одна из важнейших проблем, которой заняты основные фирмы большинства индустриальных стран [4].

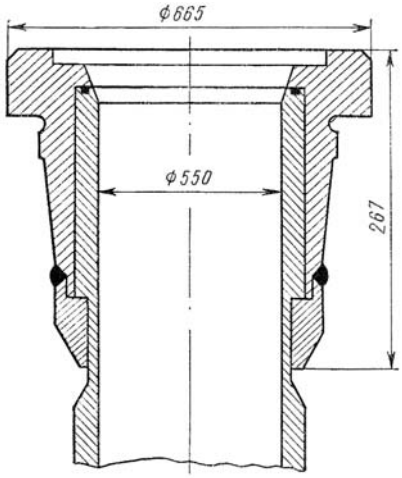


Рис. 2. **Втулка цилиндра дизеля «Бурмейстер и Вайн» 550VTBF-110 (5ДКРН 50/110), восстановленная бандажированием**

Восстановление деталей термопластическим деформированием

В России накоплен огромный опыт на основе рационального сочетания агрегатного и полнокомплектного ремонта как отечественных, так и зарубежных машин, использования новых и восстановленных деталей. Среди применяемых в ремонтном производстве способов восстановления деталей пластическая деформация занимает особое место. При использовании указанного метода восстановление первоначальных размеров детали осуществляется за счет перераспределения материала самого изделия. В этом случае материал перемещают с нерабочих участков к изношенным поверхностям под направленным действием внешних или внутренних сил. Этот метод прост и экономичен.

Среди способов восстановления деталей пластической деформацией особое место занимает термопластическое деформирование (ТПД), когда, нагревая и охлаждая восстанавливаемую деталь без приложения к ней дополнительных внешних сил от пресса, а используя внутренние механизмы деформирования металла, достигают сохранения ее объема и перераспределения металла на рабочие изношенные поверхности с одновременным их упрочнением. В первую очередь это детали типа «полый цилиндр» (в том числе поршневые пальцы и гильзы цилиндров двигателей) [4—7].

Для гильз цилиндров автотракторных дизелей хорошо отработана технология восстановления внутренней цилиндрической поверхности методом ТПД (рис. 3).

Все три схемы, приведенные на рис. 3, по сути своей близки и характеризуются созданием движущегося градиента температуры вдоль оси гильзы. Технологически наиболее удобна схема с размещением индуктора и спрейера с наружной цилиндрической поверхности гильзы. В результате ТПД в гильзе происходит перераспределение металла на

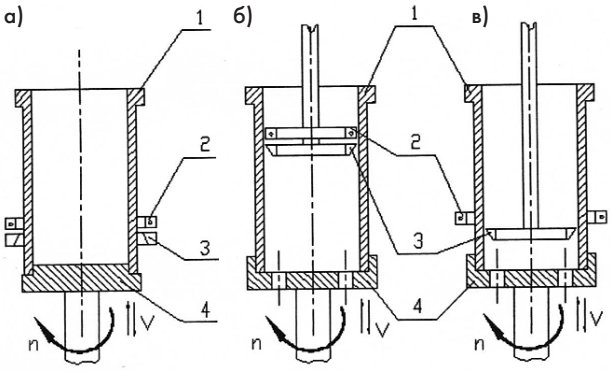


Рис. 3. **Схемы способов восстановления внутренней цилиндрической поверхности гильз цилиндров ТПД:**
а — индуктор и спрейер расположены снаружи гильзы;
б —индуктор и спрейер расположены внутри гильзы; *в* — индуктор расположен снаружи, а спрейер внутри гильзы;
1 — гильза цилиндра; *2* — индуктор; *3* — спрейер;
4 — центрирующая оправка

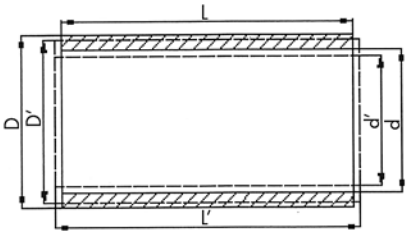


Рис. 4. **Схема изменения линейных размеров гильзы цилиндра ТПД:**
D, d, L — соответственно наружный диаметр, внутренний диаметр, длина или высота гильзы цилиндра;
D', *d'*, *L'* — те же размеры после ТПД

внутреннюю изношенную поверхность (рис. 4).

Общий вид установки для ТПД гильзы цилиндра дизеля показан на рис. 5, вид восстанавливаемой гильзы — на рис. 6.

При внутреннем диаметре гильзы цилиндра 100—130 мм остаточное перемещение внутренней цилиндрической поверхности составляет 0,7—1,3 мм, что является достаточным при износе зеркала гильзы, равном 0,3 мм, величине коробления после ТПД 0,1 мм и припуске на механическую обработку 0,3 мм.

Отличительной особенностью процесса ТПД методом создания движущегося градиента температуры вдоль оси является нагрев детали ниже точки A_{c1} на 20—30 °С. ТПД осуществляли при перемещении гильзы относительно индуктора со скоростью 2,0—2,5 мм/с при непрерывном охлаждении водяным душем. Нагрев проводился на установке

Рис. 5. **Общий вид установки ТПД гильзы цилиндра дизеля**

ТВЧ, петлевым индуктором с последующим охлаждением водой кольцевым спрейером. Мощность генератора установки ТВЧ 100 кВт. Частота вращения гильзы 30—50 мин$^{-1}$.

Если после одного цикла ТПД остаточная деформация внутренней цилиндрической поверхности гильзы составляла Δd = 0,7...1,3 мм, то после двух циклов Δd = 1,1...1,9 мм.

После ТПД происходит уменьшение как внутреннего, так и наружного диаметра гильзы. Для восстановления наружных посадочных поясков гильзы необходимо осуществить их наращивание слоем толщиной 1,5—2,0 мм. Это можно выполнить способом электродугового напыления с использованием стандартных режимов как стальной, так и алюминиевой проволокой.

После получения припусков на механическую обработку внутренней и наружной поверхности гильзы цилиндра осуществляют растачивание на вертикально-расточных станках и хонингование на хонинговальном станке. Затем проводят механическую обработку наружных поверхностей гильзы на токарно-винторезном станке.

Технология восстановления наружных цилиндрических поверхностей методом ТПД также хорошо отработана на поршневых пальцах автотракторных дизелей (рис. 7, 8).

Поршневой палец, изготовленный из цементуемой стали 12ХН3А, нагревают в индукторе установки ТВЧ объемно до температуры фазовых превращений 840—860 °С, а затем зажимают по торцам на установке ТПД и охлаждают водяным душем изнутри посредством спрейера, вставляемого во внутреннюю полость пальца. При этом получают остаточную деформацию — увеличение наружного диаметра 45—50 мм с одновременной поверхностной закалкой цементованного слоя на ΔD = 0,15 мм и длины 100 мм на ΔL = 0,3 мм, достаточных для компенсации износа и создания припуска на шлифование.

Затем поршневые пальцы подвергают шлифованию наружной цилиндрической поверхности на бесцентровошлифовальном станке и торцы пальцев на плоскошлифовальном станке. При помощи специальной оснастки снимают наружную и внутреннюю фаски.

Разработанные технологии восстановления и упрочнения деталей

Рис. 6. **Вид восстанавливаемой гильзы цилиндра в процессе ТПД**

ТПД обеспечивают качество восстановления по геометрическим параметрам, физико-механическим и эксплуатационным свойствам на уровне не ниже новых деталей.

Нужно отметить, что ТПД — перспективный способ восстановления деталей, позволяющий восстанавливать цилиндрические поверхности стальных и чугунных деталей. Способ может быть широко использован как ремонтными предприятиями, занима-

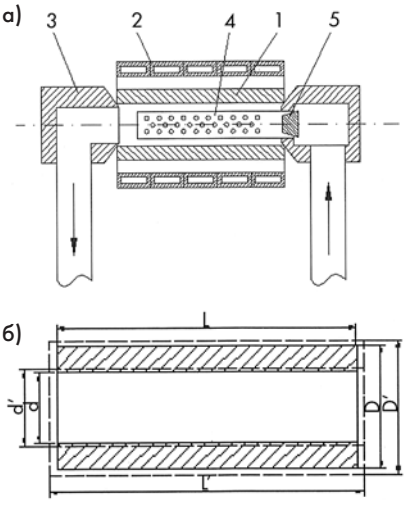


Рис. 7. **Схемы способа восстановления наружной цилиндрической поверхности поршневых пальцев ТПД (*а*) и изменения линейных размеров поршневого пальца (*б*):**
1 — поршневой палец; *2* — индуктор; *3* — втулка; *4* — спрейер; *5* — гидроклапан; *D, d, L* — соответственно наружный диаметр, внутренний диаметр, длина или высота поршневого пальца; *D'*, *d'*, *L'* — те же размеры после ТПД

ющимися восстановлением изношенных деталей, так и машиностроительными заводами для устранения брака механической обработки. Особенно целесообразно развитие этой технологии для тепловозных и судовых дизелей.

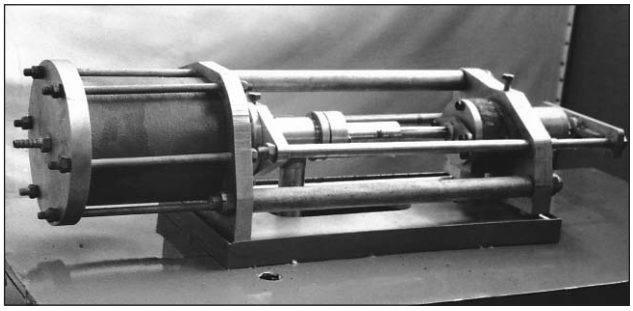


Рис. 8. **Общий вид устройства для охлаждения поршневых пальцев ТПД**

Восстановление деталей судовых дизелей термопластическим деформированием

Анализ геометрических параметров и материала втулок (гильз) цилиндров судовых дизелей позволяет предположить, что все втулки (гильзы) цилиндров, изготовленные из чугуна или стали, по пропорциям наружного и внутреннего диаметра и длины втулки соответствуют применяемой технологии ТПД для восстановления внутренней цилиндрической поверхности. Если предположить, что на каждые 100 мм внутреннего диаметра гильзы цилиндра остаточное перемещение внутренней цилиндрической поверхности составит 1,0 мм, то, например, для втулки (гильзы) цилиндра дизеля «Бурмейстер и Вайн» 550VTBF-110 (5ДКРН 50/110) с внутренним диаметром втулки 550 мм остаточное перемещение внутренней цилиндрической поверхности будет составлять 5,5 мм.

Все втулки (гильзы) цилиндров судовых дизелей, в принципе, можно восстанавливать по предложенной выше технологии ТПД, но каждая из деталей требует отдельных исследований, а новые режимы ТПД могут быть запатентованы. Для проведения дополнительных исследований с габаритными втулками прежде всего необходимо создать более мощную экспериментальную установку для восстановления втулок (гильз) цилиндров. Такие исследования, по мнению автора, целесообразнее всего провести в АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (ранее ФГУП «ЦНИИТС») — ведущем технологическом центре судостроения России, расположенном в Санкт-Петербурге, который проводит фундаментальные и поисковые исследования в области создания современных, наукоёмких и ресурсосберегающих технологий для судостроения и судоремонта на основе использования новых физических явлений.

После введения санкций Евросоюза в отношении России, падения цен на нефть и скачка курса доллара уровень цен на запчасти судовых дизелей и, в частности, цилиндропоршневую группу, значительно вырастет. Поэтому потребность в запасных частях на дизели судов можно компенсировать восстановлением изношенных деталей. Себестоимость восстановления внутренней цилиндрической поверхности втулки (гильзы) цилиндра дизелей судов не превысит 25—35% от стоимости новой запчасти.

Что касается анализа геометрических параметров поршневых пальцев судовых дизелей, то по геометрии и размерам они хорошо подходят для восстановления методом ТПД. Большинство поршневых пальцев судовых дизелей по материалу (малоуглеродистая сталь 20 или 12ХН2А с наружным цеменованным слоем 1,2—1,5 мм) также идеально подходят для восстановления термопластическим деформированием. Малоуглеродистая сталь поршневых пальцев позволяет применить существующую технологию восстановления наружных цилиндрических поверхностей ТПД, т. е. нагревом до температуры закалки и охлаждением изнутри водой. Малоуглеродистая сталь не будет принимать закалку внутренней цилиндрической поверхности пальца и сохранит твердость внутреннего слоя и сердцевины HRC = 21...40, а наружного цементованного слоя поршневого пальца HRC = 58...62 согласно техническим требованиям чертежей. Геометрические размеры, т. е. соотношения наружного и внутреннего диаметра и длины поршневого пальца, соответствуют применяемой технологии. Данный способ ТПД для поршневых пальцев судовых дизелей можно было бы запатентовать после проведения экспериментальных исследований.

Если предположить, что на каждые 50 мм наружного диаметра поршневого пальца остаточное перемещение наружной цилиндрической поверхности составит 0,15 мм, то, например, для пальца поршневого судового дизеля с наружным диаметром 100 мм величина остаточного перемещения наружной цилиндрической поверхности будет в два раза больше, т. е. — 0,3 мм.

Что касается стоимости запасных частей, то цены на поршневые пальцы разных судовых дизелей колеблются в широких пределах, от 350 до 7200 руб. (на момент написания статьи). Таким образом, экономическая целесообразность восстановления поршневых пальцев судовых дизелей очевидна, поскольку себестоимость восстановления наружной цилиндрической поверхности пальца методом ТПД обойдется производителю около 25% стоимости новой запчасти.

Заключение. Показана возможность восстановления внутренних цилиндрических поверхностей деталей типа «полый цилиндр», изготовленных из железоуглеродистых сплавов, путем создания подвижного градиента температуры вдоль оси детали на примере втулок (гильз) цилиндров судовых дизелей, а также восстановления наружных цилиндрических поверхностей деталей типа «полый цилиндр» путем создания градиента температуры по радиусу детали на примере поршневого пальца судовых дизелей.

Литература

1. *Спиридонов Ю. Н., Рукавишников Н. Ф.* Ремонт судовых дизелей. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1989.
2. Ремонт речных судов: Справочник/*Ю. К. Аристов, Ф. Ф. Бенуа, А. А. Вышеславцев и др.*; под ред. А. Ф. Видецкого. М.: Транспорт, 1988.
3. *Молодцов Н. С.* Восстановление изношенных деталей судовых механизмов. М.: Транспорт, 1988.
4. *Хромов В. Н.* Упрочнение и восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей типа «полый цилиндр» термопластическим деформированием//Изобретатели — машиностроению. 2012. № 12 (99).
5. *Хромов В. Н., Сенченков И. К.* Термоупругопластическое деформирование металла: Восстановление деталей машин. Орел.: ОрелГТУ, 2002.
6. *Хромов В. Н.* Упрочнение и восстановление деталей дизелей термоупругопластическим деформированием при производстве и ремонте машин // Тяжелое машиностроение. 2005. № 4.
7. *Хромов В. Н.* Влияние упрочнения деталей на дорожно-транспортные происшествия транспортных средств при их эксплуатации на примере восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания//Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 2.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТИРАЕМОСТИ ФИБРОБЕТОНА

М. С. Горохов, Е. П. Роннов, докт. техн. наук
(ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», тел. 831-4194673), **И. Ю. Павлов**
(АО «ЦКБ «Монолит», тел. 83161-92362)

УДК 666.982.001.5

Железобетонные корпуса стоечных судов, обладающие высокими эксплуатационными качествами [1], тем не менее в процессе эксплуатации подвергаются разрушительному воздействию внешних природно-климатических и техногенных факторов. Результатом такого воздействия становятся разрушение и потеря эксплуатационных качеств корпусными конструкциями, что влечет за собой затраты на проведение восстановительных ремонтов железобетонного корпуса.

Проанализировав характер разрушения железобетонных корпусов стоечных судов, можно сделать вывод о том, что к основным внешним воздействиям, вызывающим наиболее интенсивный износ защитного слоя бетона, относятся абразивное воздействие льда в период осенне-весеннего ледохода (рис. 1) и истирающее воздействие колес транспортных средств, используемых при погрузочно-разгрузочных работах на судне (рис. 2) в сочетании с циклами замораживания—оттаивания в агрессивной среде.

В качестве перспективного материала корпусных конструкций железобетонных стоечных судов, подвергающихся интенсивному истирающему воздействию, предлагается использовать фибробетон, армированный стальной анкерной фиброй с антикоррозийным анодированным покрытием.

Для установления целесообразности применения фибробетона в конструкциях, подверженных при эксплуатации интенсивному истиранию, было проведено экспериментальное исследование с целью определения истираемости образцов фибробетона со стальной анкерной фиброй в сопоставлении с истиранием в тех же условиях конструкции из обычного бетона.

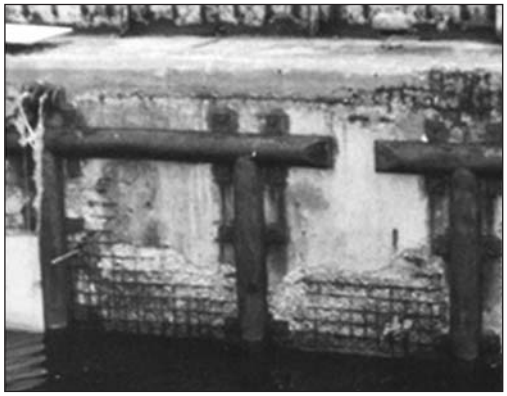


Рис. 1. **Износ защитного слоя бетона борта в районе переменной ватерлинии, вызванный абразивным воздействием льда**

Рис. 2. **Износ защитного слоя бетона палубы, вызванный истирающим воздействием колес транспортных средств**

Истираемость образцов фибробетона исследовалась на двух сериях образцов (табл. 1): образцы из бетона класса В30 с добавлением стальной анкерной фибры; контрольные образцы из бетона класса В30 без добавления фибры.

Объемное содержание фибры в опытных образцах бетона и ее характеристики определялись на основе ранее проведенных исследований физико-механических свойств фибробетона [2].

Для проведения испытаний по определению физико-механических характеристик для каждой серии были изготовлены опытные образцы — кубы размерами 10х10х10 см в количестве 27 ед. и цилиндры диаметром 150 мм и длиной 150 мм в количестве 6 ед. Для испытаний на истирание было изготовлено 30 опытных образцов — кубов размерами 70,7х70,7х70,7 мм (15 ед. из фибробетона и 15 ед. контрольного состава без

Таблица 1

Варианты исполнения опытных образцов

Маркировка образца	Класс бетона	Тип фибр	Длина фибры, мм	Дозировка (кг на 1 м^3 бетонной смеси)
И-1	В30	Стальная	50	50
И-К	В30	–	–	–

фибры). Из 15 образцов каждого типа 3 ед. испытывались в воздушно-сухом состоянии, 3 ед. — в водонасыщенном, 3 ед. — после 5 циклов замораживания—оттаивания, 3 ед. — после 10 циклов замораживания—оттаивания и 3 ед. — после 15 циклов замораживания—оттаивания (табл. 2). Опытные образцы изготовлялись в соответствии с требованиями [3].

Таблица 2

Варианты влажностного воздействия на образцы

Маркировка серии образцов	Количество образцов в серии	Характер температурно-влажностного воздействия
С	3	Воздушно-сухое хранение
В	3	Насыщенные 5%-м водным раствором NaCl при температуре (18±2) °С
Ц5	3	Насыщенные 5%-м водным раствором NaCl, после 5 циклов замораживания—оттаивания
Ц10	3	Насыщенные 5%-м водным раствором NaCl, после 10 циклов замораживания—оттаивания
Ц15	3	Насыщенные 5%-м водным раствором NaCl, после 15 циклов замораживания—оттаивания

Предварительные испытания по определению физико-механических характеристик опытных образцов бетона включали в себя определение прочности на сжатие, растяжение при раскалывании, водонепроницаемости и морозостойкости и проводились по соответствующим методикам [3, 4, 5]. Все опытные образцы соответствовали требованиям, предъявляемым к их физико-механическим характеристикам.

Для учета воздействия внешних природно-климатических факторов, таких как морская вода и колебания температуры, на истираемость опытных образцов испытания выполнялись в соответствии с методиками [5] и [6], позволяющими более точно смоделировать условия эксплуатации железобетонного корпуса.

Испытанию подвергли 5 серий опытных образцов. Каждая серия состояла из 6 образцов (3 куба из фибробетона и 3 куба из бетона без фибры), испытываемых в возрасте 28 сут. В процессе испытаний определялась интенсивность истирания нижней грани образцов в форме куба на круге истирания ЛКИ-3 [7].

Установка имеет съемный вращающийся в горизонтальной плоскости истирающий диск, изготовленный из серого чугуна твердостью по Шере 30—50. Скорость вращения диска под нагрузкой 30±1 об/мин. Установка оборудована приспособлением для свободного (в вертикальной плоскости) расположения образцов и их нагружения вертикальной нагрузкой, а также счетчиком оборотов с автоматическим выключением истирающего диска через каждые 30 м пути истирания.

Испытуемые образцы взвешивали через 4 ч после насыщения 5%-м раствором хлористого натрия. Воздушно-сухие образцы предварительно выдерживали не менее 2 сут в помещении при температуре (25±10) °С и относительной влажности воздуха (50±20)% и затем взвешивали.

Истиранию подвергали нижнюю грань образца. Перед проведением испытания контролировалась площадь истираемой грани взвешенного образца по методике [3]. Неплоскостность поверхности истираемой грани образцов определялась в соответствии с [3] и не должна была превышать 0,05 мм на 100 мм длины.

В качестве истирающего абразива использовалось шлифовальное зерно 16 в соответствии с [8] насыпной плотностью (1,72±0,05) г/см^3, соответствующее требованиям к маркам 23А или 24А [9].

К образцу по центру прикладывали сосредоточенную вертикальную нагрузку величиной (300±5) Н, что соответствует давлению (60±1) кПа. На истирающий диск равномерным слоем насыпали первую порцию (20±1) г шлифзерна (на первые 30 м пути истирания каждого образца). При испытании на круге истирания водонасыщенных образцов истирающий диск перед нанесением на него первой порции абразива протирали влажной тканью, а каждые 20 г абразива равномерно увлажняли 15 мл воды.

Через каждые 30 м пути истирания, пройденного образцом, истирающий диск останавливался. С него удаляли остатки абразивного материала и истертого в порошок бетона, насыпали новую порцию увлажненного абразива и снова включали привод истирающего круга. Указанная операция повторялась 5 раз, что составляло 1 цикл испытаний (150 м пути истирания). После каждого цикла испытаний образец вынимали из гнезда, поворачивали на 90° вокруг вертикальной оси, затем проводили следующий цикл испытаний. Всего выполняли 4 цикла испытаний для каждого образца бетона (общий путь истирания равен 600 м).

После 4 циклов испытания воздушно-сухие образцы обтирали сухой тканью и взвешивали. Водонасыщенные образцы для обеспечения постоянства влажности помещали на 30 мин в 5%-й водный раствор хлористого натрия, обтирали влажной тканью и также взвешивали.

В ходе испытаний фиксировалось состояние истираемой грани образца. Для обеих серий образцов характерен равномерный износ истираемой грани, поверхность относительно гладкая с характерными концентрическими бороздами, образованными частицами шлифзерна. Для водонасыщенных образцов характерна более гладкая поверхность износа, с менее выраженными бороздами.

На истираемой грани образцов с добавлением стальной фибры наблюдается истирание фибровых волокон, выступающих на поверхность. Какого-либо влияния стальных волокон на характер износа поверхности образца не наблюдалось.

Испытания показали (табл. 3, рис. 3), что истираемость опытных образцов со стальной анкерной фиброй в зависимости от условий эксплуатации на 11,7—20,8%, или в среднем примерно на 14%, меньше истираемости контрольных образцов без добавления фибры, что объясняется меньшими показателями истираемости непосредственно самой стальной фибры, находящейся в контактной зоне, по сравнению с окружающим ее бетоном матрицы. Помимо этого, присутствие в бетоне матрицы фибровых волокон влияет на формирование структуры цементного камня вблизи них, создавая центры направленной кристаллизации гидратных новообразований на контактной поверхности фибр [10]. Это образует более плотную структуру цементного камня, имеющего повышенную прочность и способного лучше противостоять абразивному износу.

По приведенному на рис. 3 графику можно сделать вывод о том, что истираемость опытных образцов обычного бетона возрастает по мере водонасыщения и увеличения

Таблица 3

Результаты испытаний опытных образцов на истираемость

Серия образцов	Тип фибры	Истираемость, г/см^2				
		Воздушно-сухие	Водонасыщенные	После 5 циклов замораживания	После 10 циклов замораживания	После 15 циклов замораживания
И-1	Стальная	0,19	0,38	0,55	0,53	0,57
И-К	–	0,24	0,47	0,54	0,6	0,68

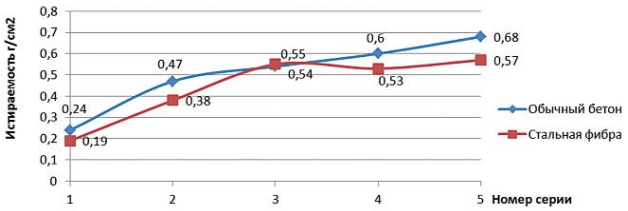


Рис. 3. **Значения истираемости для серий опытных образцов**

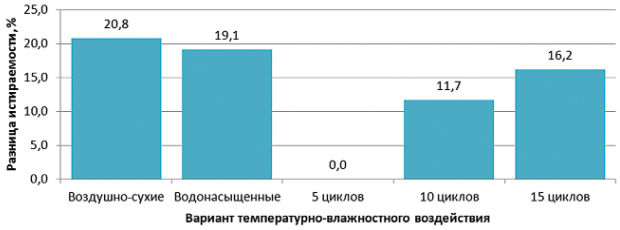


Рис. 4. **Характер снижения истираемости фибробетона по сравнению с обычным бетоном**

количества циклов попеременного замораживания—оттаивания, в то время как истираемость опытных образцов с фиброй при количестве циклов более 5 практически не изменяется (±0,02 г/см^2), что объясняется более плотной структурой бетона вокруг фибровых волокон, являющихся искусственно созданными центрами кристаллизации цементного камня, способной лучше противостоять миграции и замерзанию влаги в порах бетона [11].

Показатели истираемости опытных образцов после проведения циклов замораживания—оттаивания в пресной воде, моделирующих условия эксплуатации железобетонного корпуса в речных условиях, будут несколько ниже, так как в данном случае, из-за отсутствия в воде NaCl в форме 5%-го гипертонического раствора, не происходит мигрирование воды из центра конструкции к ее поверхности, наиболее сильно подверженной воздействию холода. Соответственно снижается интенсивность разрушения и шелушения поверхностной зоны образца в результате расширения замерзающей в порах бетона воды [11].

Истираемость водонасыщенных образцов в 2 раза выше, чем показатели истираемости воздушно-сухих образцов, независимо от наличия или отсутствия фибры. Увеличение истираемости водонасыщенных образцов объясняется тем, что в соответствии с методикой [7] при их испытании требуется увлажнение шлифзерна, поскольку в процессе проведения испытаний частицы шлифзерна, смешиваясь с частицами бетона, отдают им часть свободной влаги, что приводит к нарушению водного баланса в среде истирания. Увлажненное шлифзерно более равномерно распределяется по поверхности абразивного круга, и создаются условия, приближенные к реальной картине абразивного износа бетонной поверхности. Однако при этом происходит видимое скопление смеси абразива и частиц бетона на переднем (по ходу вращения круга) ребре испытываемого образца, что и повышает интенсивность истирания. При испытании же воздушно-сухого образца без увлажнения шлифзерна наблюдается сбрасывание большей части абразива с поверхности абразивного круга, что в конечном итоге снижает интенсивность абразивнного износа.

Изменение удельного показателя истираемости фибробетона по сравнению с обычным бетоном без фибры при различном характере температурно-влажностного воздействия показано на рис. 4.

Отсутствие разницы истираемости исследуемых образцов после 5 циклов замораживания—оттаивания объясняется продолжающимся набором прочности образцами из обычного бетона, находящимися в благоприятных для этого процесса условиях (высокая влажность) и, соответственно, усилением сцепления между частицами бетона и заполнителя. При дальнейшем увеличении циклов замораживания в опытных образцах из обычного бетона начинают преобладать деструктивные процессы, набирающие свою интенсивность с увеличением циклов заморозки. При этом в образцах фибробетона, по сравнению с контрольными образцами, эти процессы развиваются значительно медленнее, что связано опять же с более плотной и качественной структурой цементного камня [10].

Полученные средние значения истираемости обычного бетона и фибробетона, армированного стальной фиброй, позволяют сделать вывод о том, что при межремонтном периоде эксплуатации стоечных судов с корпусом из обычного железобетона, достигающем 8 лет (по данным, полученным на основе анализа актов периодических освидетельствований), среднее значение межремонтного периода эксплуатации корпуса из фибробетона составит около 9—10 лет.

Литература

1. *Горохов М. С.* Состояние и направления развития корпусных конструкций судов из железобетона//Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2013. № 35.
2. *Горохов М. С.* Влияние параметров дисперсного армирования на трещиностойкость судовых конструкций из фибробетона//Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2014. Вып. 1.
3. ГОСТ 10180—90. Бетоны. Метод определения прочности по контрольным образцам.
4. ГОСТ Р 53231—2008. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.
5. ГОСТ 10060—2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости.
6. ГОСТ 12730.3—78. Бетоны. Метод определения водопоглощения.
7. ГОСТ 13087—81. Бетоны. Методы определения истираемости.
8. ГОСТ Р 52381—2005. Материалы абразивные. Зернистость и зерновой состав шлифовальных порошков. Контроль зернового состава.
9. ОСТ 2 МТ 71-5—84. Материалы шлифовальные из электрокорунда. Технические условия.
10. *Рабинович Ф. Н.* Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории проектирования, технологии, конструкции. М.: Изд-во АСВ, 2004.
11. *Невиль А. М.* Свойства бетона/Пер. с англ. В. Д. Парфенова и Т. Ю. Якуб. М.: Стройиздат, 1972.

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИБРИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. Алферов, докт. техн. наук, **А. Е. Рыжкин, А. В. Задумов**
(ФГУП «Крыловский ГНЦ», e-mail: krylov@krylov.spb.ru)

УДК 678.01:53].001.26

Композитные конструкции, применяемые в судостроении, включают три и более слоев из полимерных композитных материалов — углепластика, стеклопластика и пенопласта типа полихлорвинила (рис. 1).

Указанные материалы отличаются своими теплофизическими и механическими характеристиками: плотностью, модулем нормальной упругости, удельной теплоемкостью и коэффициентом теплопроводности. Для каждого материала эти характеристики известны [1]. В случае композитной конструкции ее суммарные теплофизические свойства зависят от соотношения конструктивных параметров входящих материалов.

Оценка теплофизических характеристик гибридных полимерных композитных материалов (ГПКМ) необходима в случае расчета параметров тепловой защиты емкостей для перевозки, хранения или функционального использования сжиженного природного газа, а также при оценке уровня скрытности кораблей.

Для возможности выполнения такой оценки необходимо решить следующие задачи:

1) определить для несущих слоев трехслойных пластин из ГПКМ зависимости коэффициента теплопроводности в трех направлениях (по основе и утку в срединной плоскости и по толщине слоя) от процентного содержания высокомодульного армирующего материала на основе углеволокна в несущих слоях, когда углеволокно используется наряду со стандартным стеклоармирующим материалом, а также от структуры армирования материала несущих слоев;

2) определить для трехслойной композиции (ТСК) пластины, состоящей из жестких несущих слоев и легкого среднего слоя, зависимости коэффициентов теплопроводности в трех направлениях ТСК от состава несущего слоя.

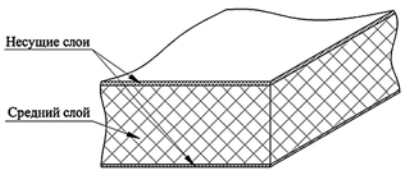


Рис. 1. **Панель трехслойной конструкции**

Следует отметить, что коэффициент теплопроводности также зависит от плотности материала, его удельной теплоемкости и дополнительных условий теплообмена конструкции с окружающей средой. Для оценки коэффициентов теплопроводности достаточно сложной композитной конструкции необходимо выполнить анализ теплового процесса с применением модели МКЭ и решения тепловой задачи [2]. Расчетная модель МКЭ композита должна учитывать реальные геометрические размеры, теплофизические характеристики составляющих материалов и условия теплообмена конструкции с окружающей средой.

Алгоритм решения тепловой задачи

Передача тепла в твердых телах определяется в основном теплопроводностью и частично конвекцией (на границе твердого тела и окружающей среды).

Применение МКЭ при решения тепловой задачи позволяет максимально приблизить свойства расчетной модели к свойствам реальной конструкции, в частности:

а) геометрия модели МКЭ воспроизводит конструкцию достаточно подробно (размеры элементов, толщины слоев и пр.); б) теплофизические свойства материалов определяются в зависимости от температуры в диапазоне, соответствующем условиям эксплуатации конструкции; в) учитывается теплообмен конструкции с окружающим пространством.

Процесс распространения тепла в конструкции определяется уравнением теплопроводности [2]. При решении тепловой задачи приняты следующие основные допущения:

- моделирование теплового воздействия на конечные элементы (КЭ), входящие в состав конструкции, осуществляется с использованием возможностей программы ANSYS; правильность задания теплового режима оценивается по результатам расчетов тепловых полей;
- в процессе моделирования тепло подается в зону действия тепловой нагрузки (например, в группу КЭ) в течение 1 с; далее решается задача теплопередачи, определяется температура во всех узловых точках модели, а информация последовательно записывается во внешнюю память ЭВМ через каждую секунду. Таким образом, фиксируется история тепловой нагрузки на конечно-элементную модель конструкции от начала теплового воздействия до завершения процесса. Температурное поле определяется режимом тепловой нагрузки, теплофизическими характеристиками материала, геометрией сложной конструкции и коэффициентом теплоотдачи в окружающую среду.

Анализ результатов расчета теплового процесса позволяет путем сопоставления расчетных моделей МКЭ с исходными теплофизическими характеристиками и моделей МКЭ с осредненными характеристиками оценить искомые коэффициенты теплопроводности ГПКМ.

Исходные данные для оценки коэффициентов теплопроводности гибридных полимерных композитных материалов

Исследовались трехслойные пластины, изготавливаемые методом инфузии, со следующими геометрическими размерами: в плане 3х6 м; толщина несущих слоев $s_1 = s_2 = 3$ мм; толщина среднего слоя $s_{ср} = 90$ мм.

Теплофизические и механические характеристики ГПКМ и пенопласта представлены в табл. 1—4.

Описание расчетной модели (ГПКМ)

На рис. 2 представлена модель МКЭ композита с двумя прочными слоями углепластика толщиной 3 мм

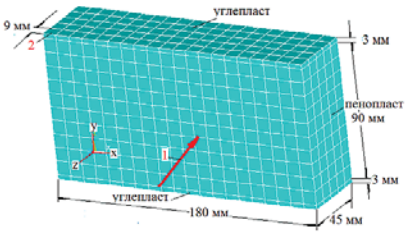


Рис. 2. **Модель МКЭ трехслойного композита для вычисления коэффициента теплопроводности по основе, по утку и в срединной плоскости:**
1 — направление теплового потока;
2 — вертикальный слой конечных элементов

Таблица 1

Типы монослоев для формирования несущих слоев

Материал монослоя	Тип армирования	Характеристики монослоя					
		Толщина монослоя, см	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)			Модуль нормальной упругости, МПа	
			по основе	по утку	по толщине	по основе	по утку
Углепластик	Однонаправленный (тип 1)	0,025	3,0	0,5	0,5	$1{,}0\cdot10^5$	$1{,}0\cdot10^4$
Стеклопластик	Продольно-поперечный (тип 2)	0,020	1,6	1,6	0,28	$2{,}6\cdot10^4$	$2{,}3\cdot10^4$

Таблица 2

Варианты расчетов для несущих слоев

Материал несущего слоя	Тип монослоя	Пакет монослоев для набора толщины несущего слоя	
		Вариант 1	Вариант 2
Стеклопластик	Тип 2	[+45°]	—
Углепластик	Тип 1	[+45°; –45°]	[0°; +90°]
Гибрид (стеклопластик+углепластик)	Тип 2 + тип 1	Тип 2 — [+0°] + тип 1 — [+0°]	Тип 2 — [+0°] + тип 1— [+45°; –45°]

Примечания: 1. Удельная теплоемкость несущих слоев: углепластика 1000 Дж/(кг·°С); стеклопластика 1500 Дж/(кг·°С). 2. Рассматриваемые варианты содержания в гибриде углепластика: 10; 25; 50; 75% по объему. 3. В квадратных скобках приведена ориентация пластин.

Таблица 3

Характеристики среднего слоя (пенопласт типа ПХВ)

Характеристика	Значение характеристики
Плотность ρ, кг/м^3	80
Модуль нормальной упругости Е, МПа	85
Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°С)	0,030
Удельная теплоемкость С, Дж/(кг·°С)	1400

и средним слоем пенопласта толщиной 90 мм. На конечные элементы вертикального слоя *2* воздействует тепловой поток *1* в направлении оси *z*. При этом целесообразно учитывать теплообмен верхнего и нижнего слоя углепластика с окружающей средой.

Оценка теплофизических характеристик композита (углепластик+пенопласт)

Расчет коэффициентов теплопроводности выполнялся для трех вариантов композитной конструкции (углепластик+пенопласт), в которой монослои пакета имели различную ориентацию (см. табл. 4).

Результаты расчета коэффициента теплопроводности λ_{zz} трехслойной модели МКЭ композита (углепластик+пенопласт) в направлении оси z (для варианта 1). Согласно табл. 4 углепластик имеет следующие коэффициенты теплопроводности (вдоль местных осей координат *x*, *y*, *z* конечного элемента):

$\lambda_1 = 3{,}0$ Вт/(м·°С);
$\lambda_2 = 0{,}5$ Вт/(м·°С);
$\lambda_3 = 0{,}5$ Вт/(м·°С).

Чередование слоев [+45°; –45°; cos45° = 0,707] означает, что в расчетной модели коэффициенты теплопроводности слоев в направлении осей *X*, *Y*, *Z* главной системы координат равны (рис. 3):

$$\lambda_{xx} = \lambda_1\cos45 + \lambda_3\cos45 = 2{,}47 \text{ Вт/(м·°С)}; \quad (1)$$

$$\lambda_{zz} = \lambda_3\cos45 + \lambda_1\cos45 = 2{,}47 \text{ Вт/(м·°С)}; \quad (2)$$

$$\lambda_{yy} = \lambda_2 = 0{,}5 \text{ Вт/(м·°С)}. \quad (3)$$

Таблица 4

Варианты расчетов для трехслойных пластин

Материал несущего слоя	Тип монослоя	Пакет монослоев для набора толщины несущего слоя		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Стеклопластик	Тип 2	[+45°]	—	[0°]
Углепластик	Тип 1	[+45°; –45°]	[0°; +90°]	[0°]
Гибрид (стеклопластик+углепластик)	Тип 2 + тип 1	Тип 2 — [+0°] + тип 1 — [+0°]	Тип2 — [+0°] + тип1— [+45°; –45°]	—

Примечания: 1. Рассматриваемые варианты содержания в гибриде углепластика: 10; 25; 50; 75% по объему. 2. В квадратных скобках приведена ориентация пластин.

Для варианта 1 трехслойной модели МКЭ был задан тепловой поток применительно к первому вертикальному слою КЭ (см. рис. 2) и решена задача теплопроводности с учетом теплообмена с окружающей средой. На рис. 4 представлено распределение температуры в расчетной модели трехслойного композита (вариант 1) с учетом конвекции на наружных поверхностях несущих слоев углепластика через 5000 с после начала процесса теплопередачи. Диапазон расчетных температур находится в пределах *T* = 25...100 °С.

Неоднородный характер распределения температур по оси *y* свидетельствует о влиянии конвекции на наружных поверхностях несущих слоев углепластика (при *y* = 0 и *y* = 0,096 м). Вследствие неограниченных размеров композита и допущения об отсутствии теплообмена с окружающей средой в плоскостях *x* =

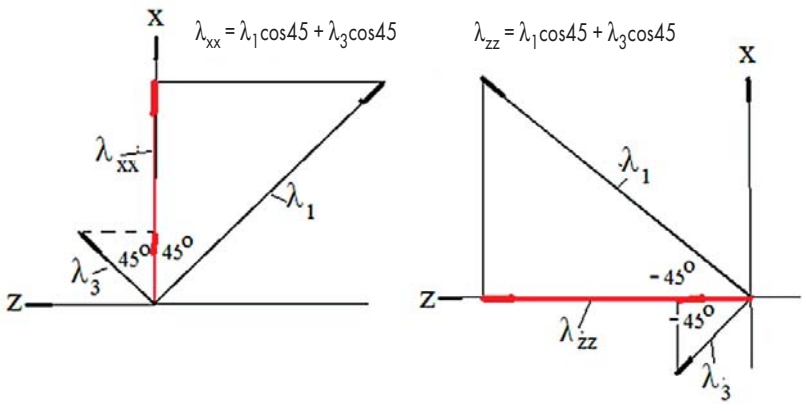


Рис. 3. **Оценка коэффициентов теплопроводности углепластика для варианта 1 [+45°; –45°] трехслойного композита**

0 и $x = 0,18$ м температурное поле вдоль оси x стабильно.

В направлении оси z осуществляется теплопередача, поэтому распределение температуры в модели композита в плоскостях $z = 0,045$ м (*а*) и $z = 0$ (*б*) различается (рис. 5).

Для оценки осредненного коэффициента теплопроводности λ_{zz} трехслойного композита (вариант 1) в направлении оси z необходимо принять осредненную плотность $\rho_{ср}$ и осредненный коэффициент теплоемкости $C_{ср}$ при заданных конструктивных размерах модели и провести повторно расчет теплопроводности при заданных параметрах теплового потока и коэффициента конвекции на наружных поверхностях при $y = 0$ и $y = 0,096$ м. Методом последовательных приближений, варьируя коэффициент теплопроводности λ^i_{zz} модели, можно получить и на выходе при $z = 0$ (*б*) из модели распределение температуры, средняя величина которой приблизительно равна среднему значению температуры на рис. 5, *б*. Полученная величина λ^i_{zz} будет соответствовать искомому значению λ_{zz}.

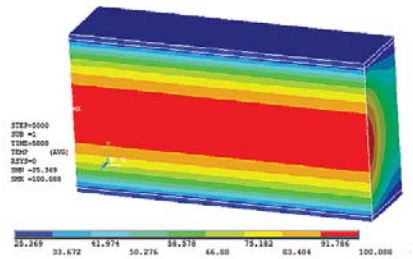


Рис. 4. **Распределение температуры в расчетной модели трехслойного композита (углепластик+пенопласт, вариант 1) с учетом конвекции на наружных поверхностях несущих слоев углепластика через 5000 с после начала процесса теплопередачи**

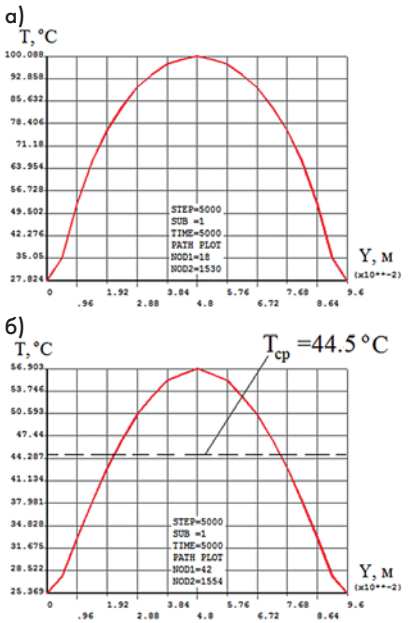


Рис. 5. **Распределение температуры в зоне теплового потока при $z = 0,045$ м (*а*) и на выходе при $z = 0$ (*б*) из модели трехслойного композита (углепластик+пенопласт, вариант 1)**

Параметры материала определены по следующим зависимостям:

а) приближенная оценка плотности

$$\rho_{ср} = \rho_3 (1 + \rho_3/\rho_1) = 83,2 \text{ кг/м}^3; \quad (4)$$

б) осредненная оценка удельной теплоемкости

$$C_{ср} = (C_1 n_1 + C_3 n_3)/(n_1 + n_2) =$$
$$= 1375 \text{ Дж/(кг·°C)}, \quad (5)$$

где $\rho_1 = 2000$ кг/м^3; $\rho_3 = 80$ кг/м^3 — плотности углепластика и пенопласта; $C_1 = 1000$ Дж/(кг·°C); $C_3 = 1400$ Дж/(кг·°C) — значения удельной теплоемкости углепластика и пенопласта; n_1, n_3 — количество слоев углепластика и пенопласта (толщиной по 0,003 м).

На рис. 6 представлено распределение температуры в расчетной модели, а на рис. 7 — распределение температуры на ее поверхностях при $z = 0,045$ м (*а*) и при $z = 0$ (*б*). Расчетная средняя величина λ_{zz} для трехслойной пластины с осредненными свойствами материала для варианта 1 (углепластик+пенопласт) составила $\lambda_{zz} = 0,043$ Вт/(м·°C). Коэффициент теплопроводности λ_{xx} также равен 0,043 Вт/(м·°C).

Результаты расчета коэффициента теплопроводности λ_{yy} трехслойной модели МКЭ композита (углепластик+пенопласт) в направлении оси y (для варианта 1). На рис. 8 представлено распределение температуры в расчетной модели трехслойного композита (вариант 1) через 10 000 с после начала процесса теплопередачи от поверхности $y = 0,096$ м до $y = 0$. Теплофизические свойства модели приняты согласно расчетным данным (1—3). Расчет выполнялся без учета коэффициента конвекции на наружных поверхностях (при $x = 0$ и $y = 0,180$ м; $z = 0$ и $z = 0,045$ м). Диапазон расчетных температур находился в пределах $T = 25...115$ °C. Согласно рис. 8 температура на поверхности модели при $Y = 0$ равна $T = 27,2$ °C. Осредненные параметры материала модели определены согласно зависимостям:

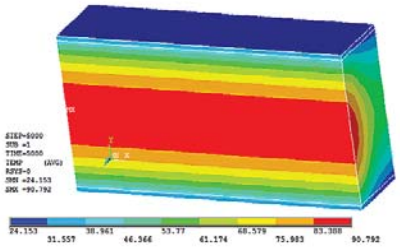


Рис. 6. **Распределение температуры в расчетной модели трехслойного композита (углепластик+пенопласт, вариант 1) с осредненными параметрами материала с учетом конвекции на наружных поверхностях несущих слоев углепластика через 5000 с после начала процесса теплопередачи**

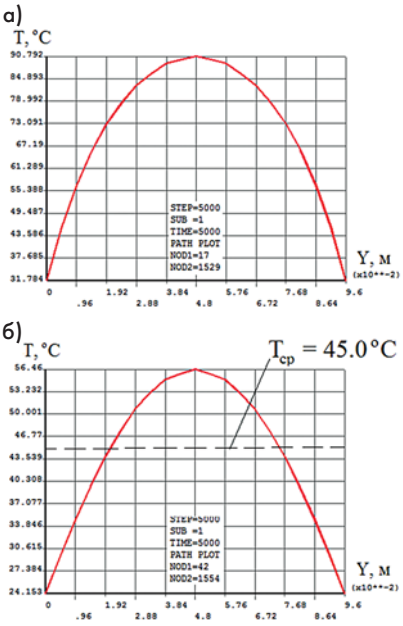


Рис. 7. **Распределение температуры в зоне теплового потока при $z = 0,045$ м (*а*) и на выходе при $z = 0$ (*б*) из модели трехслойного композита (углепластик+пенопласт, вариант 1) с осредненной плотностью и теплоемкостью материала**

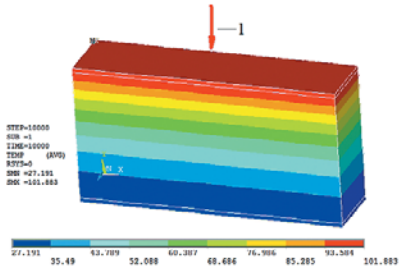


Рис. 8. **Распределение температуры в расчетной модели трехслойного композита (углепластик+пенопласт, вариант 1) через 10 000 с после начала процесса теплопередачи (*1* — направление теплового потока)**

а) плотность

$$\rho_{ср} = (\rho_1 n_1 + \rho_3 n_3)/(n_1 + n_3) = 200 \text{ кг/м}^3; \quad (6)$$

б) теплоемкость

$$C_{ср} = (C_1 n_1 + C_3 n_3)/(n_1 + n_3) = 1375 \text{ Дж/(кг·°C)}, \quad (7)$$

где ρ_1 = 2000 кг/м^3; ρ_3 = 80 кг/м^3 — плотности углепластика и пенопласта; C_1 = 1000 Дж/(кг·°C), C_3 = 1400 Дж/(кг·°C) — удельные теплоемкости углепластика и пенопласта; n_1, n_3 — количество слоев углепластика и пенопласта толщиной (по 0,003 м).

Согласно рис. 9 температура на поверхности осредненной модели при y = 0 равна T = 26,6 °C, что достаточно близко к температуре на той же поверхности исходной модели T = 27,2 °C (см. рис. 8). Расчетная средняя величина λ_{yy} для трехслойной пластины с осредненными свойствами материала для варианта 1 (углепластик+пенопласт) составила λ_{yy} = 0,037 Вт/(м·°C).

В табл. 5 приведены результаты расчетов коэффициентов теплопроводности трехслойного композита (углепластик+пенопласт), полученных при решении задачи теплопроводности с применением МКЭ для трех вариантов (согласно табл. 4).

Аналогично в табл. 6 представлены результаты расчетов коэффициентов теплопроводности для двух вариантов трехслойного композита (стеклопластик+пенопласт) согласно табл. 4.

С применением приведенной выше методики в табл. 7 и 8 представлены результаты расчетов теплофизических характеристик гибридного несущего слоя (углепластик+ стеклопластик) при содержании углепластика 10, 25, 50, и 75%.

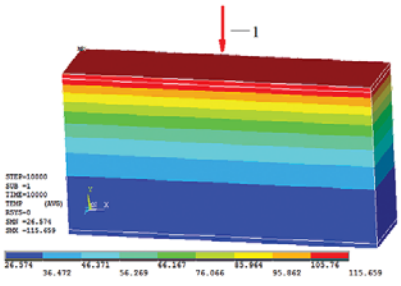


Рис. 9. **Распределение температуры в расчетной модели трехслойного композита (углепластик+пенопласт, вариант 1) с осредненными параметрами материала через 10 000 с после начала процесса теплопередачи (*1* — направление теплового потока)**

Таблица 5

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности трехслойного композита (углепластик+пенопласт)

Трехслойный композит (углепластик+пенопласт)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °C)		
	по основе λ_{xx}	по утку λ_{zz}	по толщине λ_{yy}
Вариант 1 [+45°; –45°]	0,043	0,043	0,037
Вариант 2 [0°; +90°]	0,043	0,043	0,037
Вариант 3 [0°]	0,047	0,047	0,037

Таблица 6

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности трехслойного композита (стеклопластик +пенопласт)

Трехслойный композит (стеклопластик+пенопласт)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °C)		
	по основе λ_{xx}	по утку λ_{zz}	по толщине λ_{yy}
Вариант 1 [+45°]	0,043	0,043	0,031
Вариант 3 [0°]	0,043	0,043	0,031

Таблица 7

Теплофизические характеристики гибридного несущего слоя (вариант 1)

Содержание углепластика в гибриде, %	Теплофизические характеристики гибридного несущего слоя				
	$\rho_{ср}$, кг/м^3	$C_{ср}$, Дж/(кг · °C)	по основе λ_{xx}, Вт/(м · °C)	по утку λ_{zz}, Вт/(м · °C)	по толщине λ_{yy}, Вт/(м · °C)
10	1550	1450	1,74	1,49	0,302
25	1625	1375	1,95	1,325	0,335
50	1750	1250	2,30	1,05	0,390
75	1875	1125	2,65	0,775	0,445

Таблица 8

Теплофизические характеристики гибридного несущего слоя (вариант 2)

Содержание углепластика в гибриде, %	Теплофизические характеристики гибридного несущего слоя				
	$\rho_{ср}$, кг/м^3	$C_{ср}$, Дж/(кг · °C)	по основе λ_{xx}, Вт/(м · °C)	по утку λ_{zz}, Вт/(м · °C)	по толщине λ_{yy}, Вт/(м · °C)
10	1550	1450	1,687	1,687	0,302
25	1625	1375	1,818	1,818	0,335
50	1750	1250	2,035	2,035	0,390
75	1875	1125	2,253	2,253	0,445

Заключение. 1. С использованием МКЭ выполнен анализ теплофизических характеристик трехслойных композитных конструкций, применяемый для расчета параметров тепловой защиты емкостей для перевозки, хранения или функционального использования сжиженного природного газа, а также при оценке уровня скрытности кораблей.

2. Путем сопоставления расчетных моделей МКЭ с исходными теплофизическими характеристиками и моделей МКЭ с осредненными характеристиками выполнена оценка коэффициентов теплопроводности ГПКМ.

3. Выполнена расчетная оценка теплофизических характеристик гибридного несущего слоя (углепластика и стеклопластика) при содержании углепластика 10, 25, 50 и 75% для различных вариантов укладки слоев.

4. Небольшие отличия в значениях коэффициентов теплопроводности композитов (углепластик+ пенопласт и стеклопластик+пенопласт) позволяют сделать вывод о том, что изменение содержания углепластика в составе несущих слоев не оказывает существенного влияния на коэффициент теплопроводности композитов.

Литература

1. Материалы для судостроения и морской техники. Справочник. Т. 2/под общей редакцией акад. РАН И. В. Горынина. СПб.: НПО «Профессионал», 2014.

2. *Алферов В. И.* Методы расчета сварочных деформаций и напряжений судовых корпусных конструкций. СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2014.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ А. И. БРАНДАУС

Александр Иванович Брандаус родился 26 мая 1909 г. в Санкт-Петербурге в семье рабочего. В 1935 г. успешно окончил Ленинградский кораблестроительный институт. С дипломом инженера-механика получил направление на работу в ЦКБ-17, где участвовал в проектировании главных энергетических установок кораблей. В марте 1940 г. А. И. Брандаус в составе комиссии был командирован в США для размещения заказов и приёмки механического судового оборудования. После возвращения из командировки его перевели в конструкторское бюро завода № 190 (сейчас ОАО СЗ «Северная верфь»). В годы Великой Отечественной войны А. И. Брандаус был эвакуирован в Казань и переведён в ЦКБ-17. В августе 1942 г. приказом Наркомата судпрома его вызвали в Москву и назначили руководителем группы в 5-е Главное управление, затем он становится заместителем начальника отдела, начальником механического отдела. В июле—августе 1945 г. Александра Ивановича в составе комиссии командировали в Германию для проведения работ по учёту трофейного флота.

1 июля 1947 г. приступило к работе ЦКБ «Л» (ледоколостроение), созданное для проектирования мощных ледоколов и ледокольно-транспортных судов, куда в том же году А. И. Брандаус направлен на должность начальника механического отдела. На новом месте в кратчайшие сроки Александру Ивановичу пришлось создавать производственный отдел, способный приступить к проектированию главной энергетической установки (ГЭУ) нового мощного ледокола для Арктики (пр. 90), главным конструктором которого стал В. И. Неганов.

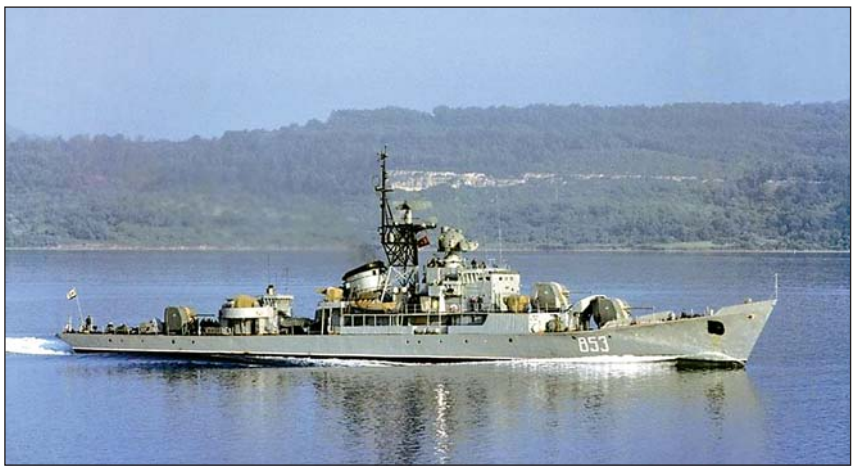
А. И. Брандаус (26.05.1909—5.07.1972)

Благодаря организаторским способностям А. И. Брандауса созданный механический отдел практически сразу выполнил проектные проработки ГЭУ для нового ледокола с тремя кормовыми гребными винтами. Турбоэлектрическая ГЭУ состояла из четырёх высоконапорных котлов и двух турбогенераторов по 15 000 л. с. За участие в разработке этой ГЭУ А. И. Брандаус был награждён медалью «За трудовую доблесть».

Наряду с эскизным проектом мощного ледокола в ЦКБ «Л» разрабатывался эскизный проект ледокольно-транспортного судна водоизмещением около 11 000 т, мощностью 7000 л. с. с турбозубчатым и турбоэлектрическим вариантами привода гребного винта. В результате коллективом участников проектирования во главе с А. И. Брандаусом было оформлено изобретение «Транспортное судно ледового плавания» и получено авторское свидетельство № 93379 от 22 марта 1952 г.

В феврале 1949 г. дирекцией судостроительного техникума автор этих строк был направлен в ЦКБ «Л» на преддипломную практику. Руководителем моего дипломного проекта был А. И. Брандаус, поручивший мне разработку проекта турбины главного турбогенератора для ледокола пр. 90. После защиты диплома я начал свою работу в механическом отделе. Замечу, что эскизные проекты ледокола и ледокольно-транспортного судна были направлены на рассмотрение заказчикам, но по ряду причин дальнейшее их проектирование было приостановлено.

12 декабря 1949 г. ЦКБ «Л» было реорганизовано в СКБ-194 и вошло в состав завода № 194 (сейчас АО «Адмиралтейские верфи»). Начальником СКБ-194 назначается В. И. Неганов. Под его руководством разрабатывался эскизный, а затем технический пр. 50 сторожевого корабля (СКР). При этом разработанная под руководством А. И. Брандауса двухвальная энергетическая установка мощностью 20000 л.с. позволяла кораблю развивать скорость хода до 29 уз. Однако согласно решению Минсуд-



Сторожевой корабль пр. 50. Главные размерения: длина 91,6 м, ширина 10,2 м, осадка 2,8 м, водоизмещение 1200 т

прома рабочие чертежи СКР пр. 50 были переданы в конструкторское бюро завода № 820 Калининграда, где началась их постройка. Всего было построено 68 СКР пр. 50 для защиты водных рубежей страны.

В начале 50-х годов СКБ-194 поручили разработку документации для модернизации крейсера «Киров», назначив главным конструктором проекта модернизации Б. Я. Гнесина. Что касается энергетической установки крейсера, то она поставлялась итальянской фирмой «Ансальдо», поэтому А. И. Брандаусу приходилось при ее модернизации решать весьма непростые задачи, тем не менее работы были выполнены в срок, и в 1954 г. обновлённый крейсер «Киров» вошёл в строй действующих кораблей Балтийского флота, прослужив до 1974 г. На Васильевском острове установлены две орудийные башни крейсера как памятник легендарному кораблю.

В 1957 г. заказчику был сдан пограничный сторожевой корабль (ПСКР) ледового плавания «Пурга» (пр. 52). Его технический проект достройки был разработан еще в ЦКБ «Л», а в СКБ была продолжена разработка уже рабочей документации на его достройку. Особенностью корабля стала трёхвальная пропульсивная установка, в которой впервые в отечественном судостроении были установлены гидротрансформаторы, обеспечивавшие мягкое сцепление гребных валов с винтами, что было важным фактором, предотвращающим поломку гребных винтов при работе во льдах. Инициатором выбора такого решения был А. И. Брандаус. В приемном акте отмечалось, что корабль способен преодолевать при непрерывном движении со скоростью 5 уз лёд толщиной до 80 см со снежным покровом до 40 см. Форсирование льда толщиной до 1,3 м осуществлялось кораблём с разбега.

С непосредственным участием А. И. Брандауса в СКБ была выполнена проектная проработка ледокола пр. 91 с энергетической установкой, состоящей из 12 дизелей суммарной мощностью 21 600 л. с., и электрической трёхвальной гребной установкой. В конце 1952 г. материалы по этому проекту были направлены на рассмотрение в Главное управление Севморпути, ВМФ и представлены Правительству. В дальнейшем этот проект стал основой при заказе в Финляндии серии дизельных ледоколов типа «Москва».

Согласно постановлению Правительства от 20 ноября 1953 г. № 2840-1203 «О необходимости проектирования и постройки первого в мире мощного атомного ледокола для Арктики» на базе СКБ-194 было организовано самостоятельное бюро первой категории (ЦКБ-15). Начальником ЦКБ-15 и главным конструктором атомного ледокола, которому было присвоено наименование «Ленин», назначили В. И. Неганова, а главным конструктором по механическим установкам стал А. И. Брандаус. Основной задачей ЦКБ-15 стала раз-

Крейсер «Киров». Главные размерения: длина 191,3 м, ширина 17,7 м, осадка 6,15 м, водоизмещение 9450 т. Мощность главной энергетической установки 113 500 л.с., скорость хода до 36 уз

Поздравляем!

26 марта исполнилось 85 лет Альвиану Германовичу Амосову — почетному судостроителю, одному из постоянных авторов журнала «Судостроение».

В годы Великой Отечественной войны он учился в школе и работал в госпитале, награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.». В 1949 г. после окончания судостроительного техникума Альвиан Германович был направлен на работу в ЦКБ «Л» (ныне ОАО «ЦКБ «Айсберг»), где продолжает трудиться по настоящее время. С его участием создавался атомный ледокольный флот, при этом А. Г. Амосов принимал самое непосредственное участие в работах по вводу в эксплуатацию первого в мире атомного ледокола «Ленин». Окончив в 1961 г. вечернее отделение Ленинградского кораблестроительного института, Альвиан Германович много лет участвовал в создании кораблей для защиты морских рубежей нашей Родины. За трудовые успехи он награжден многими медалями и орденом «Знак Почета», ему также присвоено звание почетный судостроитель.

С 1990 г. Альвиан Германович является автором нашего журнала. В своих статьях он рассказывает о замечательных кораблестроителях — создателях уникальных кораблей.

Поздравляя Альвиана Германовича со знаменательной датой, редакция журнала желает ему крепкого здоровья, долголетия и надеется на дальнейшее творческое сотрудничество!

ПСКР «Пурга». Главные размерения: длина 95,5 м; ширина 15,1 м; осадка 5,8 м; водоизмещение 3960 т. Мощность энергетической установки 12000 л. с., скорость хода до 17 уз

работка эскизного, а затем технического проекта первого в мире атомного ледокола. Создание атомной паропроизводящей установки (АППУ) было поручено ОКБ Горьковского завода (ставшее впоследствии ОКБМ), главным конструктором АППУ утверждается И. И. Африкантов. Научное руководство по созданию атомного ледокола возглавил академик А. П. Александров.

А. И. Брандаус работал в тесном контакте с ОКБМ и другими контрагентами, которым были выданы задания на разработку судового оборудования, что способствовало утверждению эскизного и технического проектов атомного ледокола в назначенные сроки. Автору посчастливилось участвовать с А. И. Брандаусом во встречах с разработчиками АППУ в ОКБМ — главным конструктором И. И. Африкантовым и академиком А. П. Александровым.

За основу при проектировании атомного ледокола «Ленин» были взяты размерения ледокола пр. 90. Опытным путём отрабатывались формы корпуса, носовой и кормовой оконечностей ледокола, подверженных наибольшим нагрузкам. Применялись новые конструктивные решения для установки на ледоколе АППУ, решались вопросы обеспечения АППУ электропитанием и всеми видами защиты. Уменьшение бортовой качки достигалось поднятием центрального отсека и главных турбогенераторов над вторым дном. Мощность четырёх главных тубогенераторов составляла 44 000 л. с. и распределялась на три кормовых винта, что обеспечивало возможность работы ледокола во льдах толщиной до 2 м.

Закладка ледокола «Ленин» состоялась 17 июля 1956 г. Весь период постройки и сдачи атомохода А. И. Брандаус умело и квалифицированно обеспечивал решение возникавших технических вопросов. Атомоход «Ленин» успешно прошёл все стадии испытаний, и 3 декабря 1959 г. Адмиралтейский завод подписал акт передачи ледокола в опытную эксплуатацию заказчику — Мурманскому морскому пароходству. Для участия в опытной эксплуатации от ЦКБ-15 на атомоход «Ленин» командируются А. И. Брандаус, а также ведущие специалисты А. Г. Амосов, Г. Ф. Пятышев, Р. Ф. Фрейман. После отлаживания циркуляционно-охлаждающей системы забортной воды и проведения ледовых испытаний 19 августа 1960 г. атомный ледокол «Ленин» начал проводку караванов по Северному морскому пути (СМП).

Указом Президиума Верховного Совета от 14 мая 1960 г. за успешное выполнение задания Правительства по созданию атомохода «Ленин» ЦКБ-15 и Адмиралтейский завод были награждены орденами Ленина, главному конструктору проекта В. И. Неганову присвоено звание Героя Социалистического Труда, А. И. Брандаусу присуждена Ленинская премия, а автор этих строк награждён орденом «Знак Почёта». В дальнейшем во всех подготовительных работах по обеспечению ежегодного выхода атомохода «Ленин» на трассу СМП А. И. Брандаус принимал непосредственное участие.

Во время подготовки атомохода «Ленин» к навигации 1966 г. в одном из реакторов была обнаружена трещина с протечкой первого контура. Реакторная установка ОК-150 была выведена из действия, а на следующий год принято решение о замене на атомоходе «Ленин» реакторной установки ОК-150 на новую ОК-900. Исполнение работ по модернизации ледокола «Ленин» возлагалось на северодвинский завод «Звёздочка». А. И. Брандаус принимал непосредственное участие в работе по удалению из корпуса ледокола центрального отсека с реакторной установкой ОК-150, а затем в монтаже на ледоколе новой ОК-900. Сверхсложные работы были выполнены в установленные сроки, и к началу навигации 1970 г. модернизированный атомоход «Ленин» занял место флагмана на трассе СМП.

Атомный ледокол «Ленин» находился в эксплуатации до 1989 г. В настоящее время он пришвартован у причала Мурманского морского вокзала и имеет статус Арктического выставочного центра «Атомный ледокол «Ленин».

Арктический выставочный центр «Атомный ледокол «Ленин»

Реакторная установка ОК-900 показала надёжность в работе и была установлена на атомных ледоколах пр. 1052 и пр. 10521 второго поколения, техническое задание на которые было утверждено в 1964 г., а проектирование ледоколов было возложено на ЦКБ-15. Главным конструктором проекта был В. И. Неганов, заместителем главного конструктора проекта по механической специализации — А. И. Брандаус. По заданию ЦКБ именно для атомного ледокола второго поколения ОКБМ разработало реакторную установку ОК-900. Ледоколам были присвоены наименования «Арктика» и «Сибирь», а ЦКБ-15 с 1 июля 1966 г. стало именоваться ЦКБ «Айсберг». При проектировании атомного ледокола «Арктика» был учтён опыт эксплуатации атомохода «Ленин», выполнен большой объём опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ. Эскизный проект нового ледокола был утверждён в 1967 г., разработка технического проекта была закончена в конце 1969 г., и в марте 1970 г. состоялось его утверждение.

Наряду с участием в проектировании атомных ледоколов А. И. Брандаус внёс значительный вклад в создание энергетических установок ледокольно-транспортных судов пр. 550, которых в период с 1962 по 1976 г. на различных заводах было построено 15 ед. С его участием были созданы энергетические установки портовых ледоколов пр. 97. Не останавливаясь на достигнутом, он и здесь искал новые решения. Когда в 1961 г. автор этих строк заканчивал вечернее отделение Ленинградского кораблестроительного института, Александр Иванович был назначен руководителем моего дипломного проекта. Он предложил выполнить проект энергетической установки портового ледокола с гидротрансформаторами на валах вместо электродвигателей. Несмотря на полученный положительный результат, из-за отсутствия гидротрансформаторов вносить изменения в конструкцию энергетической установки не стали, и все портовые ледоколы пр. 97 были построены Адмиралтейским заводом с электродвигателями.

35 лет Александр Иванович посвятил отечественному судостроению. В 1970 г. по состоянию здоровья А. И. Брандаус ушел на пенсию. Воспитанное им поколение специалистов и сейчас продолжает проектирование отечественного атомного ледокольного флота.

Литература

Брандаус А. И. Энергетическая установка атомного ледокола «Ленин»//Судостроение. 1961. № 8.

Амосов А. Г. Опытная эксплуатация атомного ледокола «Ленин»//Судостроение. 1990. № 4.

Амосов А. Г. Модернизация атомного ледокола «Ленин» (1967—1970 гг.)//Судостроение. 2004. № 4.

А. Г. Амосов,
почетный судостроитель,
ОАО «ЦКБ «Айсберг»

НЕ СТАРЕЮТ ДУШОЙ ВЕТЕРАНЫ

Санкт-Петербургская региональная некоммерческая общественная организация «Союз ветеранов судостроения» (СВС) в ноябре 2015 г. отметила 15-летие своей деятельности. В её составе — ветераны войны и труда 56 заводов, верфей, центральных конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Численность организации последние годы колеблется в пределах 2500—2600 чел., средний возраст составляет 75—80 лет.

Уникальная ветеранская организация, созданная по производственному принципу, объединяет специалистов старших поколений судостроителей, приборостроителей, машиностроителей, проектировщиков, конструкторов, технологов, экономистов, представителей различных рабочих профессий. Благодаря их труду в 1950—1980 гг. был создан крупнейший потенциал, на основе которого наша Родина смогла построить мощный гражданский и военно-морской флот. Нам посчастливилось учиться и работать под руководством выдающихся ученых, специалистов, подлинных мастеров и организаторов одной из ведущих отраслей отечественной промышленности. Мы помним всех и ценим их вклад в общее дело. Созданные тогда суда и боевые корабли, накопленный опыт их эксплуатации обеспечили в начале XXI в. дальнейшее развитие технических средств освоения Мирового океана в интересах обороны и экономики России.

Учреждение «Союза ветеранов судостроения» Санкт-Петербурга относится к периоду лихолетья 90-х годов XX века. В те годы пострадала и судостроительная отрасль. Часть предприятий перешла в частную собственность, часть практически перестала существовать, а многие специалисты, прежде работавшие там, оказались вне производственной и общественной деятельности. Особенно это коснулось неработающих пенсионеров, ветеранов тру-

Ветераны у памятного знака судостроителям в бухте Гольцмана на Ладожском озере

На «Уроке мужества» в Государственном музее истории Санкт-Петербурга

Вручение на борту крейсера «Аврора» наград победителям по итогам конкурса «Урок мужества»

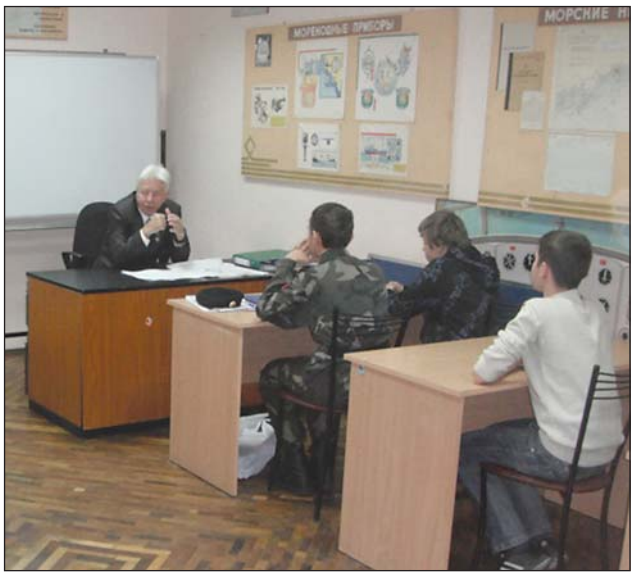
да, многие из которых утратили связь со своими бывшими предприятиями, лишились элементарной социальной поддержки.

Решение как помочь ветеранам труда в этой сложной жизненной ситуации нашли инженеры-судостроители, имеющие многолетний опыт производственной и общественной деятельности: Ф. Ж. Энин — председатель Совета ветеранов Балтийского завода, И. В. Бессонов — председатель Совета ветеранов «Северной верфи», С. П. Максименко — председатель Территориальной организации профсоюзов работников судостроения Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Они предложили создать объединение, в рамках которого ветераны судостроительной промышленности могли бы ощутить, что они не одиноки; объединившись им будет легче решать свои проблемы, а их опыт и знания пригодятся обществу и прежде всего молодёжи при выборе профессии.

27 сентября 2000 г. состоялось учредительное собрание, на котором была создана Санкт-Петербургская региональная общественная организация «Союз ветеранов судостроения», а 24 ноября утвержден и ее устав. На начальном этапе становления работы ветеранской организации большую помощь оказала Территориальная организация профсоюза работников судостроения (ТОПРС): для оперативной работы Совета СВС было выделено помещение с соответствующей оргтехникой, в профсоюзных средствах массовой информации были распространены сведения о начале деятельности и направлениях работы СВС.

Основными из них стали: вовлечение ветеранов в общественную и культурную жизнь города и страны; защита интересов ветеранов на всех уровнях власти; историко-патриотическое воспитание молодёжи и вовлечение её в судостроение и морскую сферу деятельности; оказание конкретной помощи ветеранам в сложных жизненных ситуациях.

Для решения задач по этим направлениям в Совете СВС созданы постоянно-действующие комиссии: по организационно-массовой работе (в том числе сектор учета и приема членских взносов); по социально-бытовым вопросам; по культурно-массовой работе; по связям с общественными организациями и властными структурами; по историко-патриотической работе и работе с молодёжью.



Ветераны-судостроители регулярно проводят беседы по истории судостроения

СВС является юридическим лицом, для осуществления уставной деятельности имеет свой счёт в банке. Финансирование осуществляется за счет членских взносов, спонсорской поддержки отдельных предприятий отрасли, а также субсидий, получаемых на конкурсной основе от Комитета по социальной политике Санкт-Петербурга.

СВС имеет собственную страницу на профсоюзном сайте Северо-Запада с информацией по истории и текущей деятельности «Союза ветеранов судостроения».

К своему 15-летию СВС занял одно из ведущих мест в общественной жизни Санкт-Петербурга как Морской столицы, осуществляя регулярные контакты с Законодательным собранием города, Морским советом при Правительстве города, Федерацией профсоюзов Санкт-Петербурга и Ленобласти, Ассоциаций судостроителей Санкт-Петербурга и Ленобласти, Центральным военно-морским музеем и еще с более чем двадцатью ветеранскими объединениями и профильными учреждениями образования и здравоохранения города и области.

Представители «Союза ветеранов судостроения» — непременные участники всех массовых праздничных, торжественных и мемориальных мероприятий, проводимых в городе. Ежегодно для ветеранов организуются посещения спектаклей, концертов, экскурсий бесплатно или по льготным ценам.

На конференции, посвященной памяти выдающегося кораблестроителя С. А. Базилевского

Особо необходимо отметить шефскую работу, проводимую группой ветеранов, входящих в состав комиссии СВС по историко-патриотической работе и работе с молодежью. Ежегодно, начиная с 2006 г. — года столетия подводных сил России, группа ветеранов судостроения проводит многочисленные встречи с учащимися подшефных школ при проведении «Уроков мужества» и на ставших традиционными конкурсах «Морской венок Славы» и «Балтийские юнги». На таких встречах ветераны выступают в качестве экспертов, анализируя результаты состязаний десятков команд школ на знание истории флота и общих сведений по устройству различных судов и кораблей. В 2010 г. предложенная СВС тема конкурса «Судостроители Ленинграда в период блокады» получила общероссийскую поддержку. На конкурс было прислано более 700 работ из 37 регионов страны.

За большую многолетнюю историко-патриотическую и информационную работу по привлечению молодёжи к освоению профессий в морской сфере деятельности группа ветеранов СВС награждена почетными грамотами и памятными сувенирами Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга.

К. А. Никитин,
ветеран Великой Отечественной войны и ветеран труда,
e-mail: sudprofspb@mail.ru

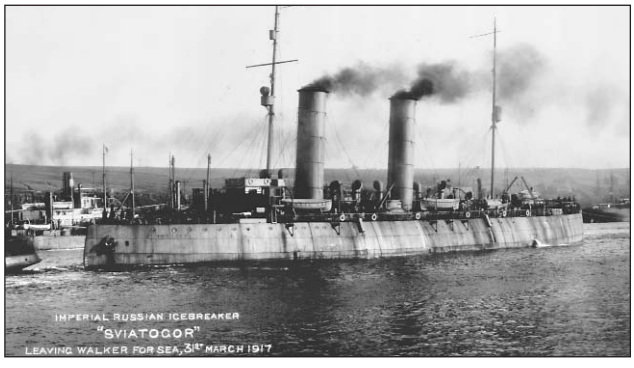
ЛЕДОКОЛ «КРАСИН». ВЫСТАВКА К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ЗАКЛАДКИ

3 февраля 2016 г., в день столетия с момента закладки ледокола «Красин, на его борту открылась выставка, посвященная истории судна. Напомним, что ледокол строился на верфи W. G. Armstrong, Whitworth & Co. Ltd. в Ньюкасле (Великобритания). Шла первая мировая война и Российскому правительству было крайне необходимо иметь ледокол, способный обеспечивать свободный проход судов в Архангельск и другие северные порты, превратившиеся в важнейшие стратегические и внешнеторговые объекты.

Новый ледокол, получивший наименование «Святогор» и зачисленный 1 октября 1916 г. (здесь и далее до февраля 1918 г. все даты приведены по старому стилю) в списки русского флота, при длине 98,5 и ширине 21,64 м имел водоизмещение 10 620 т. Мощность главных паровых машин составляла 10 тыс. и. л. с., что позволяло ему развивать скорость до 15 уз.

3 августа того же года «Святогор» был спущен на воду и в начале января следующего 1917 г. в первый раз вышел в море. После устранения незначительных конструктивных неполадок ледокол в середине июня благополучно прибыл в Архангельск.

1 августа 1918 г. в ходе гражданской войны, чтобы преградить путь



Ледокол «Святогор» в Англии

Затопленные на Северной Двине ледоколы «Святогор» (справа) и «Микула Селянинович». 3 августа 1918 г.

кораблям английских интервентов к Архангельску, было решено затопить на фарватере Северной Двины ряд судов, в том числе и ледокол «Святогор». Но ледокол оказался на мелководье (вода доходила только до настила кают), и в феврале 1920 г. англичанам удалось поднять «Святогор», после чего он до сентября 1921 г. числился в английском флоте.

Благодаря усилиям сотрудников советской дипломатической миссии, которую возглавлял нарком Л. Б. Красин, ледокол вернули в РСФСР. Имя дипломата было присвоено кораблю в 1927 г.

Неудивительно, что среди приглашенных на открытии выставки «Ледокол «Красин» — символ истории освоения Арктики» был и консул Великобритании в Санкт-Петербурге Алан Кит. «Я очень рад быть на открытии выставки, — сказал он в приветственном слове к собравшимся, — всегда с большим удовольствием прихожу сюда, приятно находиться на борту этого судна. «Красин» — большая страница в нашей совместной истории...»

Консул Великобритании в Санкт-Петербурге Алан Кит (слева) и президент общественной организации «Полярный конвой», ветеран Великой Отечественной войны, капитан 1-го ранга Ю. Е. Александров на открытии выставки на ледоколе «Красин». 3 февраля 2016 г.

Действительно, «Красин» имеет интересную и насыщенную биографию. Экспозиция, расположившаяся по левому борту на жилой палубе, раскрывает основные этапы истории ледокола «Святогор» — «Красин».

У переборки стоит фортепиано со знаменитого предшественника «Красина» — ледокола «Ермак». Далее располагаются фотовитрины с документами, рассказывающими о постройке ледокола и его первых плаваниях.

В 1928 г. ледокол «Красин» стал главным участником героической эпопеи по спасению возглавляемого генералом Умберто Нобиле экипажа дирижабля «Италия», потерпевшего крушение в Арктике, за что «Красин» удостоился ордена Трудового Красного Знамени, получив всемирную известность. В экспозиции представлены предметы, относящиеся к этому памятному событию: фрагмент оболочки дирижабля «Италия», фотоальбом П. Ораса с фотографиями участников, личные вещи, газеты того времени, освещавшие ход спасательной экспедиции, и диорама спасения «Красиным» участников экспедиции У. Нобиле со знаменитой красной палаткой.

Фортепиано с ледокола «Ермак» в экспозиции выставки

Ледокол «Красин» во время спасения экспедиции У. Нобиле. 1928 г.

Диорама «Спасение участников экспедиции У. Нобиле»

«Красин» принимал самое активное участие в освоении трассы Северного морского пути

Диорама, демонстрирующая бой кораблей конвоя PQ-15 с вражескими самолетами. В центре — ледокол «Красин»

Фрагмент экспозиции «Наша Арктика»

Ледокол «Красин» после капитального ремонта и модернизации (модель в экспозиции выставки)

Модель нового ледокола «Арктика» (пр. 22220)

С 1934 г. «Красин» работал в восточном секторе Арктики, базируясь во Владивостоке. Там его и застало начало Великой Отечественной войны. В 1941—1943 гг. «Красин» совершил кругосветное плавание по маршруту Владивосток — Сиэтл — Галифакс — Глазго — Рейкьявик — Мурманск — Владивосток, участвовал в обеспечении перевозок в северных морях. Представленная в экспозиции диорама воспроизводит одну из героических страниц в военной биографии ледокола — его участие в полярном конвое PQ-15, когда ему довелось вступить в бой с врагом и выйти из него с честью. Таким образом, в настоящее время «Красин» — единственное сохраняющееся на плаву судно в России — участник полярных конвоев и морских сражений в годы Великой Отечественной войны.

В конце 50-х годов «Красин» модернизировали. В результате его внешний вид изменился до неузнаваемости. На судне установили современную по архитектуре и планировке надстройку, две трубы заменили одной, в корме оборудовали вертолетную площадку, полностью перепланировали служебные и жилые помещения, заменили старую энергетическую установку новой. В настоящее время на ледоколе можно осмотреть судовые помещения — каюты капитана и начальника научной экспедиции, кают-компанию, капитанский мостик, штурманскую рубку. В машинном отделении можно ознакомиться с устройством паровых машин и котлов, а также различных вспомогательных механизмов. Отдельно представлена замечательная коллекция манометров, применявшихся на судне на протяжении его долгой службы.

Присутствовавший на открытии выставки президент общественной организации «Полярный конвой», ветеран Великой Отечественной войны, капитан 1-го ранга Ю. Е. Александров так отозвался о представленной экспозиции: «Мы сегодня увидели замечательную выставку — ее существенно обновили, это выглядит потрясающе. Выставка получилась очень информативной и впечатляющей. Видно, что сделана она с большим вкусом», — заявил он, добавив, что «было интересно посмотреть иллюстрации того, как менялся внешний вид «Красина» с течением времени. А вообще, хотелось бы отметить, что судно находится в блестящем состоянии. Это уникальный объект!»

В 1972 г. «Красин» передали министерству геологии РСФСР. Сегодня это филиал Музея Мирового океана. В музейной экспозиции собрана большая коллекция работ декоративно-прикладного искусства, графики и фарфора. По правому борту ледокола на той же жилой палубе открывает свои двери экспозиция «Наша Арктика», рассказывающая о сегодняшнем дне арктического региона. Здесь можно увидеть уникальные минералы и традиционный сделанный из оленьей шкуры костюм шаманки, и современный костюм полярника, а также чучело «хозяина» Арктики — белого медведя, будто встречающего гостей. Представленные в витринах фотографии и модели рассказывают о становлении современного ледокольного флота и перспективах его развития. Особое внимание присутствовавших на открытии выставки привлекла модель нового ледокола «Арктика» пр. 22220.

В заключение остается сказать, что ледокол «Красин» — это также центр изучения истории полярных исследований, на его борту располагается центр ассоциации «Морское наследие России».

Н. Н. Афонин
Фото А. Н. Хаустова

ВЫСТАВКА ЛОДОК, ЯХТ И КАТЕРОВ В ХЕЛЬСИНКИ

С 12 по 21 февраля в Хельсинки в 47-й раз состоялась ежегодная выставка Helsinki International Boat Show Vene Båt 16, посвященная малотоннажному судостроению. Её посетили около 77 000 любителей лодок и водных видов спорта. Число посетителей с прошлого года увеличилась на 5%, на выставочных площадях свою продукцию представили 411 компаний. Это была одна из наиболее представительных выставок в истории данного мероприятия.

На выставке был представлен широкий ассортимент судов, судового оборудования и аксессуаров. Посетители увидели около 600 судов — роскошных парусных и моторных круизных яхт, алюминиевых, стеклопластиковых и деревянных лодок, скоростных катеров, спортивных парусников и водных скутеров, всё, что имеет отношение к работе, спорту и отдыху на воде. Отдельный большой зал занимали поставщики комплектующего оборудования, судового снабжения, судовой мебели, одежды и аксессуаров для спорта и отдыха. Выставляли свою продукцию также производители лодочных причалов, бонов, слипов, приспособлений для транспортировки лодок. У многих экспонатов указывалась цена — их можно было приобрести прямо на выставке.

Большинство экспонентов, естественно, представляли Финляндию — в качестве производителей либо дилеров европейских фирм. Также заметно было присутствие компаний Эстонии, Швеции, Латвии.

Российское малое судостроение демонстрировало алюминиевые лодки и катера типа «Мастер»/«Master» (АО «Адмиралтейские верфи»), представленные на выставке финским дистибьютером. А петербургские компании «Спортсудопром» и «Кристи Ховеркрафт» показали катера традиционного, классического дизайна и малые суда на воздушной подушке.

Моторные катера и яхты на выставке Boat Show Vene Båt 16

В нынешнем году было отмечено большое количество новых моделей судов, многие из которых на этой выставке нашли своих покупателей. По данным TNS Gallup OY опрос посетителей показал, что более половины из них пришли, чтобы после подробного знакомства с моделями лодок принять решение о покупке. В частности, на одном из наиболее интересных стендов, представлявшем фирму XO Boats, были проданы все шесть лодок. Фирма использует популярный в последние годы дизайн корпусов с вертикальным форштевнем — так называемым «axe bow». Такая форма распространена не только в малом судостроении, она часто встречается в последних разработках, например, судов снабжения буровых установок. В сочетании с черным цветом корпуса и козырька рубки этот вариант дизайна создает оригинальную композицию некоторой винтажности облика и скоростной мощи.

Характерен для выставки Vene Båt также ежегодный показ искусно отреставрированных судов прошлых лет или их реплик старинного дизайна, 50—100-летней давности. В прошлом году была представлена большая лодка из красного дерева «Vilhelmiina» 1905 года постройки. А на этой выставке, в частности, привлекал внимание катер Suntti с паровой машиной. Любители и знатоки судостроения могли наглядно представить навигацию много лет на-

Моторная яхта «Sunseeker Predator 57»

Катер на воздушной подушке («Кристи Ховеркрафт»)

зад — дрова как топливо для котла, керосиновые лампы в качестве ходовых огней и т. д. Также заслуживали внимания лодки Mahogany Yachting Society из красного дерева.

Но, конечно, современность была ведущей темой выставки. Каждый год на Vene Båt авторитетным жюри выбираются лучшие лодки в своих классах. Особое внимание уделяется дизайну, конструкции, эргономичности, функциональности, соотношению цена—качество. В этом году лучшие суда выбирались в восемнадцатый раз. Целью этого конкурса являлось привлечение внимания к малому судостроению и, конечно, кредитов для проведения дальнейших исследований и разработок.

В классе парусных яхт лучшей была объявлена десятиметровая «Sun Odyssey 349». Современный дизайн, а также удачные компоновка помещений и размещение оборудования сочетаются с разумной ценой. Эта изящная яхта была продана непосредственно перед выставкой, и сразу же был сделан заказ на следующее судно. Этот французский бренд представляла на выставке финская фирма Aquastore.

Дневной круизер «Axopar 24»

Катер адмиралтейцев «Master 471»

В классе открытых скоростных катеров (так называемых дневных круизеров) лучшим стал «Axopar 24». Оригинальный дизайн («axe bow», обводы корпуса со сложной системой продольных и двухступенчатых поперечных реданов) сочетается в нем с удобством и функциональностью, соотношение цена—качество также отличное. Судно имеет наибольшую длину 7,9 м при ширине 2,55 м, может использоваться с моторами мощностью от 90 до 200 л. с., при этом развивая скорость 35—40 уз. Проектировщики фирмы разрабатывают различные варианты компоновки внутреннего пространства судов в одном и том же корпусе. Модель «Axopar 28» имеет пять модификаций, учитывающих потребности конкретных заказчиков.

Впрочем, эта тенденция является общей для многих проектных фирм. Производители недорогих алюминиевых лодок, такие, как Faster, Buster даже при длине менее 6 м стараются предложить потенциальному потребителю разные варианты внутренней компоновки, размещения консолей управления и вспомогательных рундуков.

Интересной особенностью многих представленных на выставке моделей лодок для рыбалки и отдыха является использование съемного подруливающего устройства, которое устанавливается на носу лодки. В условиях многочисленных островов или озер с узкостями и скалами данное решение значительно улучшает управляемость лодок. Некоторые моторные круизеры (например, фирмы Jeanneau) имеют опцию в виде небольшого носового подруливающего устройства типа «винт в трубе».

Внимание посетителей, безусловно, привлекала роскошная 60-футовая моторная яхта с броским дизайном «Sunseeker Predator 57» известных английских производителей. Она уже не первый год является украшением многих международных мероприятий и, несмотря на свои масштабы и цену, очень популярна у покупателей. По данным yachts world.ru в прошлом году было продано 55 корпусов данной модели.

Производители двигателей и движителей были представлены известными мировыми брендами Honda,

Съемное подруливающее устройство на лодке шведской компании Linder

Паровая машина на катере «Suntti»

Катер с «axe bow» (XO Boats)

Стилизованный под старину катер

Малый КВП с ценником

На яхте «Sun Odyssey»

Mercury, Suzuki, Hyundai, Evinrude, Volvo Penta и др. Свое оборудование и снабжение показали известные фирмы-поставщики. Большой популярностью пользовались стенды картографических фирм, предлагающие карты многочисленных озер Финляндии. В разделе спортивного яхтинга работала парусная мастерская, изготавливающая паруса для заказчиков.

Во время выставки проходили разнообразные деловые встречи, презентации фирм и изделий, встречи со знаменитостями и полезные тематические семинары. Например, путешественники под парусом делились своим опытом на встречах с яхтсменами. Однако и тем, кто пришел просто развлечься, было чем себя занять — около большого аквариума с живой рыбой демонстрировались рыболовные снасти различных производителей, а в большом бассейне можно было попробовать себя под руководством инструкторов в каком-либо виде водного спорта или понаблюдать за другими спортсменами. Четвертый раз на выставке в этом году работала зона «Новая волна», где прошли соревнования и показательные выступления по современным видам водного спорта.

Следующая выставка Vene Båt 17 состоится в Хельсинки 10—17 февраля 2017 г.

С. В. Дерюгин, А. С. Павлова,
инженеры-кораблестроители
Фото авторов

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

Со второго полугодия 2016 г. подписку на журнал «СУДОСТРОЕНИЕ» № 4, 5, 6 — 2016 г. можно оформить по электронному каталогу ФГУП «Почта России» (https://podpiska.pochta.ru) — как физическим, так и юридическим лицам. Подписной индекс П2469.

Кроме того, все номера 2016 г., а также имеющиеся в редакции предыдущие выпуски можно заказать непосредственно в редакции.

ПАРОХОДЫ УАЙНЕНСОВ И РОССИЙСКИЙ ФЛОТ

С. Д. Климовский (ЦВММ)
E-mail: info@navalmuseum.ru

УДК 629.5(091)

В середине XIX в. механики и предприниматели Уайненсы из г. Балтимор (США) разработали и осуществили проект одного из самых необычных судов в мировой истории. Пароход в форме сигары (или веретена) имел оригинальный роторный движитель, расположенный в плоскости мидель-шпангоута. Изобретатели надеялись достичь на таких судах высоких скоростей и организовать экспрессное сообщение через Атлантику, однако этим планам не суждено было сбыться. Уайненсы предлагали свои пароходы России, в том числе для использования в военных целях. Одно экспериментальное судно было построено в Санкт-Петербурге. Об этой малоизвестной странице истории судостроения рассказывается в статье, подготовленной с использованием ранее не опубликованных архивных документов.

В середине XIX в. корпуса паровых судов строились преимущественно из дерева, преобладающим типом движителя были гребные колеса, позволявшие развивать на тихой воде скорость до 20 уз и выше. Металлический корпус и гребной винт только начинали входить в практику судостроения.

В 1844 г. Российское правительство пригласило опытных американских специалистов-механиков — Дж. Уистлера (George W. Whistler), Уильяма Уайненса (William Lewis Winans) и Джозефа Гаррисона (Joseph Harrison) для участия в сооружении железнодорожной магистрали Петербург—Москва. С ними заключили шестилетний контракт на изготовление подвижного состава — 200 локомотивов и 7 тыс. вагонов. Работы велись на Александровском главном механическом заводе Петербург-Московской железной дороги. Американские концессионеры организовали, впервые в России, серийный выпуск паровых

Росс Уайненс — глава семейства механиков-изобретателей и промышленников

локомотивов и вагонов. Причем У. Уайненс (1823—1897) некоторое время возглавлял Александровский завод.

Во время Восточной (Крымской) войны 1853—1856 гг. У. Уайненс, неприязненно относившийся к англичанам, предложил построить сигарообразное судно для нанесения ударов по кораблям англо-французского флота, осуществлявшего блокаду Кронштадта. Пароход с миной в носовой оконечности должен был, по замыслу изобретателя, атаковать на якорной стоянке флагманский корабль британской эскадры «Duke of Wellington». Однако этот смелый проект остался без внимания Морского министерства.

В то время как Уильям не получил поддержки в России, его отец Росс (Ross) Уайненс (1796—1877)и брат Томас (Thomas) принялись за опыты в Балтиморе. Для своего будущего парохода они выбрали веретенообразную форму обводов, которая, по их мнению, обеспечивала наименьшее сопротивление воды движению судна. Продольные и поперечные сечения корпуса были образованы дугами окружностей, отношение длины к ширине выбрали равное 1:11. Судно внешне походило на сигару и получило прозвище «пароход-сигара».

Корпус был изготовлен в нижней части из железных листов толщиной 12,7 мм, в верхней части — 9,5 мм. Листы обшивки соединялись впотай двумя рядами заклепок, швы чеканились, наружная поверхность была совершенно гладкая. Корпус по длине состоял из двух симметричных половин с вогнутыми поперечными переборками в середине судна. Между обеими частями кор-

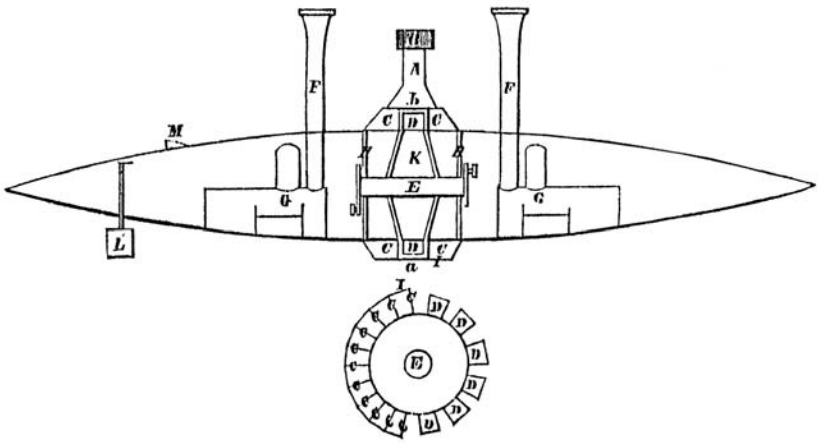
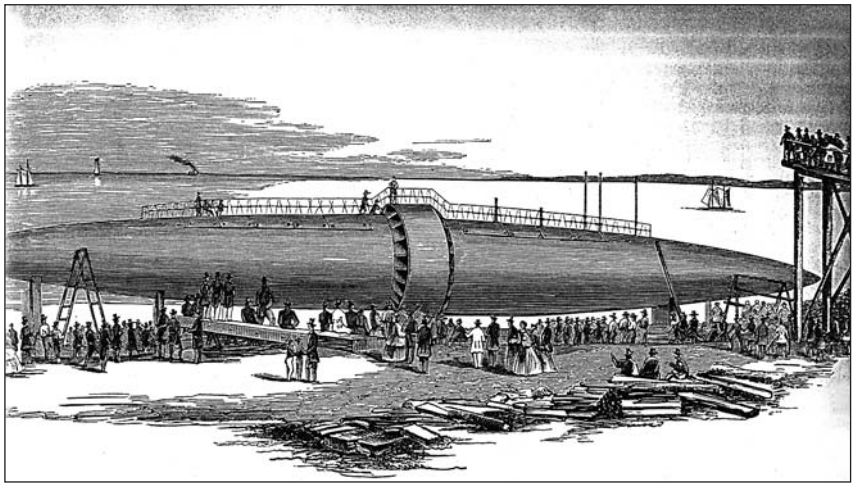


Схема устройства первого парохода Уайненсов:
A — вентиляционная шахта; *B* — площадка для впередсмотрящего; *C* — кронштейны крепления кожуха движителя; *D* — лопатки движителя; *E* — гребной вал; *F* — дымовая труба; *G* — паровой котел; *H* — машинная рама; *I* — кожух движителя; *K* — барабан движителя; *L* — перо руля; *M* — рулевая рубка



Судно-сигара на стапеле в Балтиморе (с гравюры Е. Бернардского)

пуса помещался роторный движитель с наружным чугунным ободом шириной 0,3 м и внутренним диаметром заподлицо с обшивкой. Ось движителя совпадала с продольной осью корпуса судна. На ободе были укреплены 12 гребных лопаток, имеющих форму винтовой поверхности, высотой около 0,5 м и шагом 7,3 м. Обод соединялся с гребными валами через набивочные втулки (сальники). Движитель снаружи закрывался защитным кожухом, крепившимся к обеим частям корпуса трапециевидными кронштейнами. Большой проблемой стало обеспечение водонепроницаемости и прочности корпуса в месте расположения движителя. На каждый из гребных валов работали соединенные попарно паровые машины высокого давления (всего четыре) типа паровозных. Диаметр цилиндра машины составлял 0,66 м, ход поршня — 0,61 м. Два котла локомотивного типа вырабатывали пар с рабочим давлением 6,3 атм. Запас угля составлял 200 т.

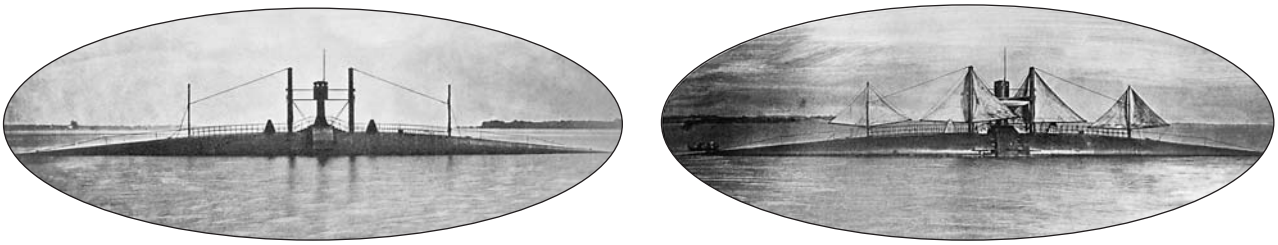
Под обеими оконечностями были подвешены балансирные рули, над палубой посередине судна возвышалась застекленная рубка. Оба пера руля и якорь выходили за габариты корпуса, что было небезопасно при эксплуатации. Носовую и кормовую части судна занимали жилые помещения, угольные ямы и т. п. В скромно обставленных каютах имелось по два ряда коек, дневное освещение давали бортовые иллюминаторы. Для сообщения с берегом предназначались две шлюпки. На флагштоках, установленных по концам верхней площадки, можно было поднимать паруса — маленькие треугольные топсели.

В октябре 1858 г. в Ферри-бэй, близ Балтимора, на верфи Уайненсов, было спущено на воду первое судно новой конструкции. Росс и Томас Уайненсы лично контролировали ход работ, подолгу находясь в мастерских. Пароход имел длину 55 м, ширину 4,9 м, водоизмещение 350 т. Он обошелся в 200 тыс. долларов.

Росс Уайненс заявил, что его судно произведет переворот в пассажирских перевозках, совершив переход через Атлантику всего за четверо суток (вдвое быстрее самых скоростных в то время колесных трансатлантических лайнеров). Кроме того, предполагалось перевозить почту, ценные малогабаритные грузы и валюту. Бытовые условия для 24 пассажиров 1-го класса оставляли желать лучшего: тесные каюты, отсутствие полноценной прогулочной палубы и проч. Однако желающие быстро пересечь Атлантику были готовы за «сверхскорость» выложить огромную по тем временам сумму в 500 долларов. Предполагалось, что за этим экспериментальным судном последует целая флотилия пароходов гораздо большего водоизмещения.

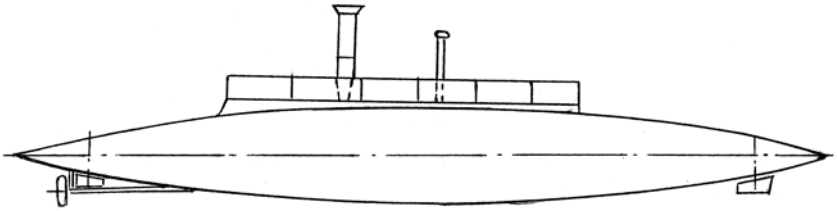
Любопытно, что оценивая предполагаемые качества этого судна, один из членов петербургского Морского ученого комитета высказал мысль, что «именно в подобном роде будет первый воздушный транспорт, который перелетит через Атлантический океан»*.

На испытаниях в декабре 1859 г. судно-сигара шло против волны, бортовая и килевая качка оказалась незначительной, заливания палубы не наблюдалось. Каждая из машин развила мощность 300 индикаторных л. с., скорость временами достигала 15 английских миль в час (13 уз). Газеты запестрели сообщениями: «Самое быстроходное судно на плаву», «Научный



Первый пароход Уайненсов во время испытаний в 1859 г., в том числе с парусным вооружением (из собрания ЦВММ)

*В наши дни это утверждение не кажется уж столь фантастическим, если учесть, что в 1944—1945 гг. в Германии фирмой «Хейнкель» на основе идей инженера Рейнигера были разработаны проекты перехватчиков — самолетов вертикального взлета и посадки (СВПП) «Wespe» и «Lerche». Они имели кольцевое крыло вокруг средней части фюзеляжа и воздушные винты (соответственно один шестилопастный и два трехлопастных соосных), располагавшиеся внутри кольца. В 1958 г. во Франции фирмой «SNECMA» был создан СВПП «Колеоптер» (кольцекрылый) с турбореактивным двигателем, испытывавшийся в полете. Можно считать, что в первых двух летательных аппаратах воплотились в несколько измененном виде идеи Уайненсов (роторный движитель на миделе в кольцевой насадке с приводом от двигателей, расположенных в отдельных частях корпуса), а «Колеоптер» стал их логическим продолжением.



Схематический боковой вид парохода-сигары, построенного в Петербурге (1861 г., по материалам РГА ВМФ)

триумф» и т. п. Однако конструкторы не успокоились на достигнутом и переделали судно: длину увеличили до 74,4 м, оконечности сделали заостренными — конусовидными. Такие обводы позволяли двигаться, прорезая волну без образования брызг. После переделок осадка составила 3 м, так что движитель оказался погруженным в воду более чем на половину диаметра. Для получения большей скорости шаг гребных лопаток увеличили до 12,2 м (перед третьим испытанием — до 19,8 м): Уайненсы надеялись достичь средней скорости 12—13 уз. Запас угля довели до 300 т. На одном из испытаний число оборотов движителя достигло 24 в минуту, скольжение составило 30%.

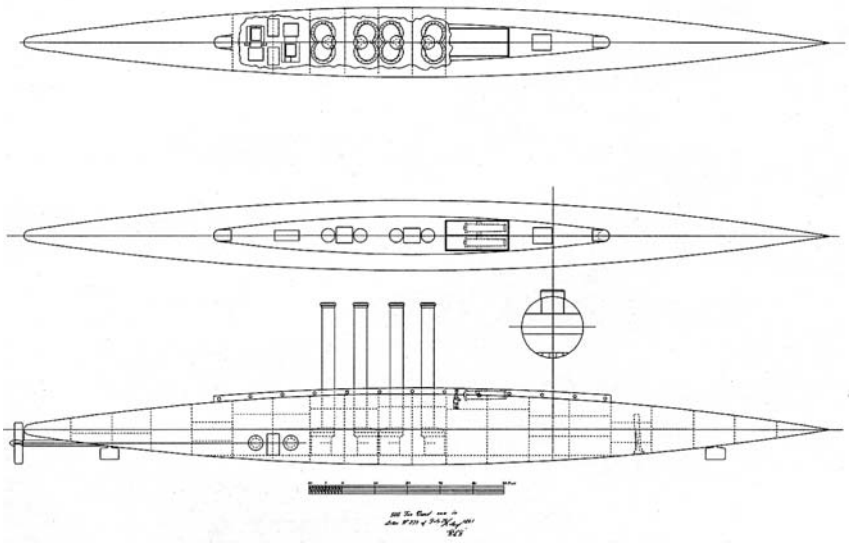
В Балтиморе пароход Уайненсов осмотрел лейтенант Российского флота В. Ф. Давыдов, находившийся в служебной командировке в США. Он опубликовал в «Морском сборнике» подробное описание конструкции и принципа действия судна, скрывшись за инициалами «В. Д.». В целях дальнейшего совершенствования своего парохода Уайненсы собирались еще более удлинить корпус, посредством цилиндрической вставки, до 147,8 м. Это позволяло разместить более мощные механизмы и значительный запас топлива, а также «пропускать» через корпус «как можно большее число волн» (наивное представление о гидродинамике механиков-самоучек середины XIX в.).

Летом 1860 г. Уайненсы продолжили опыты со своим «пароходом-сигарой». Во время испытаний на реке Потомак и в Чесапикском заливе пароход преодолел дистанцию в 34 мили за 2 ч 30 мин, т. е. со средней скоростью 13,6 уз; максимальная достигла 16 уз. Поверив в успех своей теории, Уайненсы стали усиленно развивать идею применения судна-сигары к трансатлантическому сообщению и даже собирались довести скорость до 30—35 уз. Предполагалось, что судно будет двигаться поперек волны и без бортовой качки, что было важно для обеспечения комфортной поездки через океан. Однако в итоге первый пароход Уайненсов оказался не у дел и простоял в гавани Балтимора свыше десяти лет.

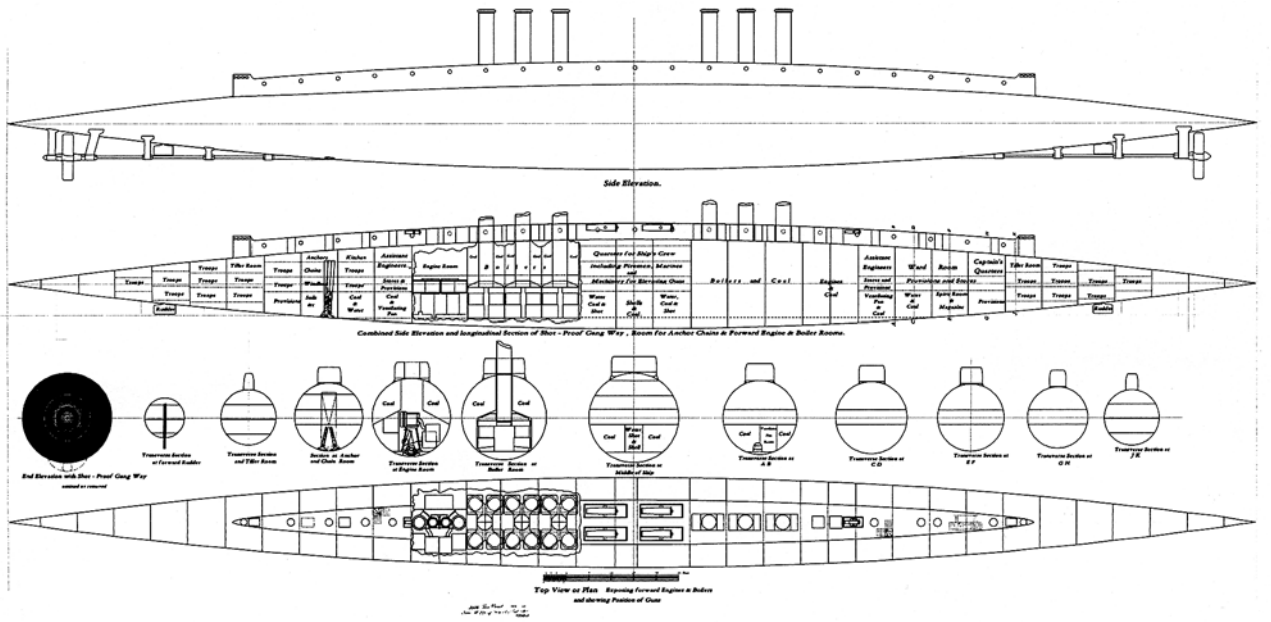
Изобретатели разработали новый проект судна, но в связи с началом Гражданской войны в США он не был осуществлен. Есть данные, что у Уайненсов конфисковали построенный ими так называемый водяной танк (water tank), чтобы он не достался конфедератам. За симпатии к ним северяне даже арестовали Росса Уайненса на некоторое время, и дальнейшие опыты пришлось перенести в Европу, поначалу в Россию. Благо там уже длительное время находился Уильям, в распоряжении которого имелась машиностроительная база. В то время он, перестав быть директором Александровского завода, занимался на нем ремонтом подвижного состава.

Поскольку не исключалось военное использование судов-сигар, У. Уайненс занялся проектированием и изготовлением опытных образцов броневой защиты для них. 21 сентября 1861 г. на артиллерийский полигон, на Волково поле в Санкт-Петербурге, был доставлен с Александровского завода для испытаний броневой щит конструкции У. Уайненса, представлявший собой часть выпуклого борта боевого судна-сигары. Длина щита составляла 4,6 м, ширина — 2,9 м. Руководитель морского ведомства генерал-адмирал великий князь Константин Николаевич приказал испытать щит стрельбой сплошными ядрами из 68-фунтового орудия. Испытания состоялись 9 и 17 октября. На дистанции 100 саженей (213,4 м) все ядра после удара о щит рикошетировали, оставляя вмятины глубиной до 80 мм. К концу апреля 1862 г. У. Уайненс изготовил более прочный броневой щит (4,5x2,1 м, толщина брони 70 мм), который испытали на Волковом поле 21, 30 июня и 4 июля 106 выстрелами ядрами из 3-пудовой чугунной пушки. При 28 попаданиях в щит все ядра также рикошетировали, оставляя на нем небольшие вмятины. Однако успешно прошедшие испытания образцы броневой защиты пароходов-сигар не нашли дальнейшего применения.

Во всех трех последующих проектах судов-сигар роторный движитель отсутствовал — вероятно, в связи с трудностью обеспечения прочности и водонепроницаемости корпуса в месте его расположения.



Проектное предложение канонерской лодки водоизмещением 500 т, разработанное У. Уайненсом в 1861 г. (реконструкция М. Крисафулли)



Проект канонерской лодки водоизмещением 3000 т (1861 г., реконструкция М. Крисафулли)

В 1861 г. в Санкт-Петербурге на Александровском главном механическом заводе Николаевской железной дороги под наблюдением У. Уайненса был построен пароход-сигара длиной 25,8 и шириной 2,4 м. Судно имело обычный гребной винт, вал которого поддерживал кормовой кронштейн. Водоизмещение составляло 40 т, мощность машины 12 нарицательных л. с. Корпусные конструкции были изготовлены из «сибирского железа», обточенные на станке оконечности — из медного сплава. Корпус не имел шпангоутов, их роль выполняли десять водонепроницаемых переборок, к которым приклепывалась наружная обшивка. Одно перо руля подвешивалось в носу, второе — в корме, впереди гребного винта. Наверху находилась железная решетчатая площадка с леерным ограждением, на которой могли поместиться до 15 чел. На площадку из корпуса выходили четыре кожуха: два для дымовой и паровой труб и столько же для люков. У. Уайненс предполагал вооружить это судно одним—тремя орудиями и снабдить съемной броней, чтобы в мирное время его можно было использовать для целей торговли. Преимуществом военного варианта судна, как считал конструктор, было то, что оно представляет малую цель, будучи обращено к противнику одной из оконечностей. В случае постройки судов большего размера изобретатель планировал срезать верхнюю часть веретенообразного корпуса, чтобы устроить горизонтальную палубу для размещения орудий и команды.

Петербургское судно-сигара было спущено на воду 1 октября 1861 г. Комиссии Морского министерства, в составе члена Кораблестроительного технического комитета, главного механика Балтийского флота капитана Д. Я. Эшаппара, капитана 1-го ранга Н. М. Чихачева и капитана Корпуса корабельных инженеров А. А. Иващенко, было поручено провести испытания судна. 19 октября оно пришло к Новому Адмиралтейству. Ничего подобного ранее не видевшие жители Санкт-Петербурга с изумлением наблюдали пароход, «словно кит, пускающий пар вместо фонтана». Утром 20 октября приступили к испытаниям. Судно с комиссией на борту перешло в Кронштадт, где совершало пробеги от плавучего маяка до острова Котлин и обратно (дистанция 22 мили). Ветер был слабый восточный, волнение отсутствовало. Несмотря на маломощную машину, при 164 об./мин удалось достичь максимальной скорости 10,2 уз, средняя составила 9,3 уз. Пароход легко рассекал воду, перед носом не было буруна, вода скользила по корпусу, поднимаясь иногда на 3 м. На полном ходу судно хорошо слушалось заднего руля, на малом же приходилось пользоваться также передним рулем. Предварительный вывод комиссии гласил, что до окончания вычисления силы машины и подсчета водоизмещения никакого заключения о качествах судна вынести нельзя. Сравнивать его с другими судами, из-за уникальной конструкции, также не представлялось возможным. Тем не менее, комиссия признала, что конструкция этого судна — «наивыгоднейшая» в смысле наименьшего сопротивления воды и воздуха.

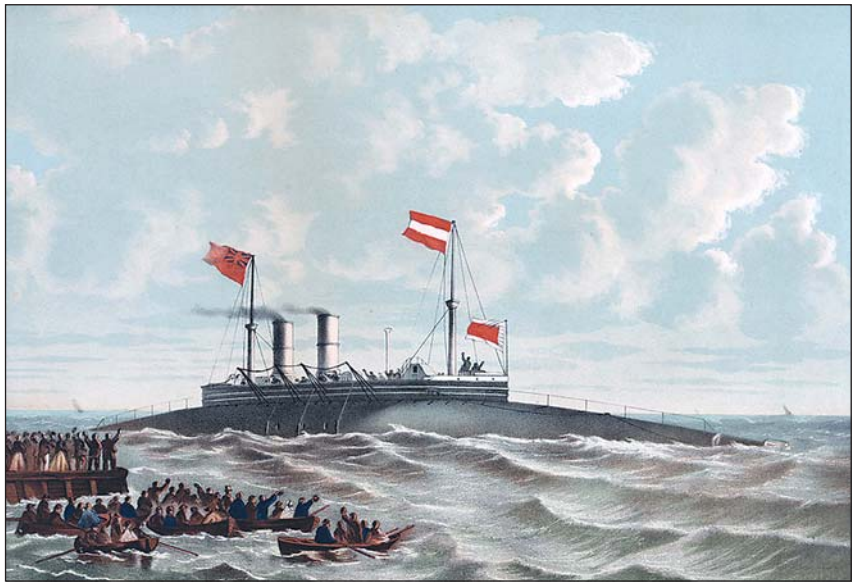
Мореходные испытания продолжили 24, 26 и 27 октября в районе Толбухина маяка. При боковом волнении судно плавно прорезало волны, легко всходило на волну; идя курсом поперек волны, мало кренилось (3—12°). Накатывающиеся волны разбивались о надстройку и обдавали корпус брызгами. При попутном свежем ветре, на курсе бакштаг, пароход рыскал в сторону до 45°, плохо слушался руля, размахи качки достигали 15°. Испытания также выявили ненадежность машин, недостаточную остойчивость, тесноту и отсутствие удобств во внутренних помещениях судна (впоследствии в конструкцию внесли ряд изменений). В противоположность мнению комиссии, удовлетворительные, как считал изобретатель, результаты испытаний привели его к решению увеличить зимой пароход в размерах.

Летом 1862 г. Кораблестроительный технический комитет Морского министерства рассмотрел результаты испытаний судна Уай-

ненса. Вопреки первоначальным оптимистическим выводам было признано, что они оказались не в пользу изобретателя, что «ожидать следовало при первом только взгляде» на судно. Члены комиссии считали, что, только устранив выявленные в процессе испытаний недостатки и защитив орудия и людей от выстрелов противника, можно ожидать пользы от военного варианта судна-сигары. Но всё же конструкцию признали негодной для применения на военных судах из-за недостаточной остойчивости, для обеспечения которой требовалось принимать несоразмерно большое количество балласта, в ущерб мореходным качествам. Впрочем, в официальных российских изданиях особо не распространялись по поводу военного предназначения пароходов-сигар.

По указанию управляющего Морским министерством вице-адмирала Н. К. Краббе выводы комитета были сообщены У. Уайненсу. Несмотря на это, он заявил, что уверен в правильности своих расчетов и убежден в огромных преимуществах, которые имеют веретенообразные суда перед обычными торговыми и военными. Изобретатель сообщил, что намеревается построить океанское судно своей конструкции больших размеров, чтобы устранить все сомнения и «доказать фактами верность или ошибочность взгляда на эту систему».

Не добившись успеха в России, У. Уайненс погрузил свое судно на английский пароход «Nautilus», который 8 мая 1863 г. ушел из Кронштадта. В связи с назревавшим военным столкновением с Англией из-за польского восстания, руководство Морского министерства вновь стало проявлять интерес к перспективным разработкам, в том числе к «сигаровидной лодке Вайнанса». Однако в Кораблестроительном техническом комитете не успели составить подробные чертежи этого судна. Сам же У. Уайненс их в свое время не предоставил, ограничившись передачей в комитет ряда материалов по первоначальному проекту парохода-сигары. Тогда же он направил властям в

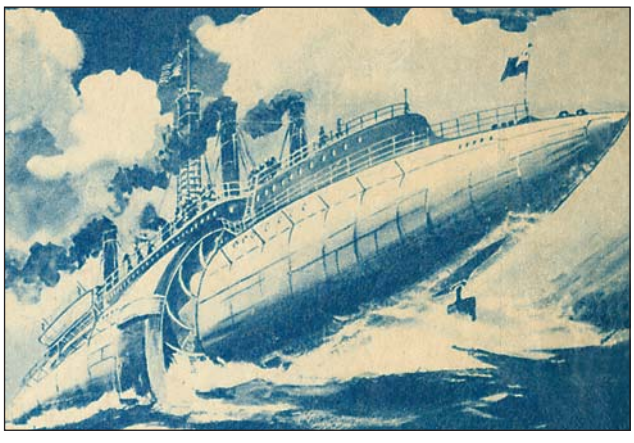


Паровая яхта «Ross Winans»

Санкт-Петербурге более экстравагантные проекты.

Еще в июле 1861 г. У. Уайненс представил Российскому правительству детальное предложение о постройке трех канонерских лодок: водоизмещением 500 т, с двумя орудиями; 1000 т, с тремя орудиями и гиганта в 3000 т с шестью орудиями. Предложение, озаглавленное «Военные суда на принципе веретена», содержало технические описания и чертежи двух канлодок, в приложении приводились детальные расчеты размерений, весовой нагрузки и т. д.

Канонерская лодка водоизмещением 3000 т имела длину 153,6 м, диаметр 11,0 м, осадку 6,4 м, скорость 22 уз. Осадка, водоизмещение и другие характеристики зависели от толщины выбранных броневых плит (от 102 до 533 мм). На судне устанавливались шесть сдвоенных котлов и две машины в носу и корме, приводящие во вращение большие погружные гребные винты под каждой оконечностью. На 500-тонной канлодке (длина 76,2 м, ширина 6,1 м, скорость 19 узлов) устанавливались четыре сдвоенных котла и две машины, работающие на один гребной винт в корме. Оба судна имели надстройки с иллюминаторами, на которых размещалось соответственно шесть и четыре дымовые трубы. Конструкция корпуса не имела шпангоутов, прочность обеспечивали гнутые цилиндрические обечайки листов обшивки и многочисленные поперечные переборки (28—35 на большом судне). Главным преимуществом веретенообразной формы корпуса в боевых условиях изобретатель считал то, что если судно окажется повернутым к неприятелю одной из оконечностей, его снаряды будут рикошетировать, не причинив корпусу серьезных повреждений.



Предполагаемый вид трансатлантического парохода по проекту У. Уайненса (1870-е гг.)

В конце 1861 г. аналогичное предложение, содержавшее проекты канонерских лодок водоизмещением 100, 600, 2000 и 3500 т, было направлено У. Уайненсом властям США, но, как и в России, не получило поддержки.

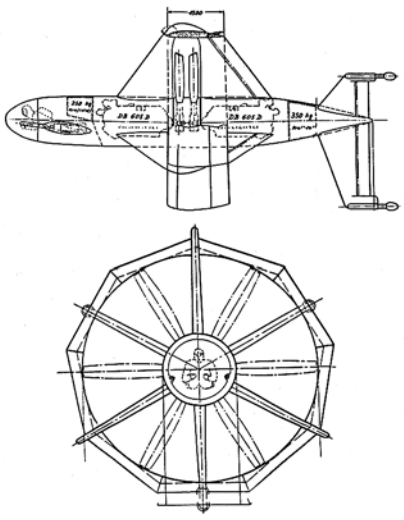
Любопытно, что принцип судов Уайненсов пытались применить к броненосцам и другие изобретатели. В ноябре 1862 г. в Морское министерство поступила обстоятельная докладная записка пока не установленного авто-

Модель парохода системы Уайненсов (из собрания ЦВММ)

ра-американца, написанная им в Санкт-Петербурге, по проблемам создания броненосцев, в которой содержалось предложение поставить башню Эриксона на «судне конструкции Вайнанса». Впрочем, ходу этой идее также не дали.

Уильям Уайненс не сдавался в своем упорстве и продолжил свои опыты, на этот раз в Великобритании. В 1864 г. в Миллуолле (Millwall) на Темзе, на верфи Хепуорта (Hepworth), по чертежам У. Уайненса был заложен пароход-сигара, предназначавшийся служить его яхтой. Наибольшая длина судна составляла 78 м, диаметр 4,9 м (отношение длины к ширине 1:16), водоизмещение — 500 т, регистровая вместимость — 300 т. В корпусе имелось 16 водонепроницаемых отсеков. Трехцилиндровая паровая машина высокого давления вращала стальной гребной вал, изготовленный на заводе Круппа в Германии. Этот вал проходил через все судно, на его концах в оконечностях навешивались оригинальные движители — восьмилопастные гребные винты диаметром 6,7 м. На ходу (при осадке 2,7 м) четыре лопасти работали в воде, столько же находилось в воздухе. Из-за чрезмерной остроты обводов по концам корпуса и невозможности в них размещения выходов гребных валов и опорных подшипников, каждую коническую оконечность, на длине 4,9 м, выполнили заодно с гребным валом, т. е. вращающейся. Рядом с обоими винтами подвешивалось по перу руля, так что при одновременном действии движителей судно могло развернуться почти на месте. Четыре локомотивных котла «новой системы» с вертикальными трубками вырабатывали пар с рабочим давлением 9,8 атм. Тяга в котлах обеспечивалась вентиляторным наддувом. Предполагалось, что при большем давлении машина сможет развить мощность до 2500 л. с., что на тонну массы корпуса более чем в три раза превосходило аналогичные показатели лучших ходоков из числа трансатлантических лайнеров. Это обеспечило бы, по замыслу изобретателя, высокие скоростные качества парохода-сигары.

Корпус судна был изготовлен из лучшего листового металла: в некоторых местах из стали, в других — из кованого, так называемого лоумурского железа. Ниже ватерлинии толщина листов составляла 15,9 мм, выше — 4,8 мм. Клепка наружной обшивки выполнялась впотай. По длине корпус разделялся на 16 водонепроницаемых отсеков. В машинном и котельных отделениях поперечный набор составляли кольцеобразные шпангоуты из уголкового железа размером 178x178 мм, шпация — 0,915 м. Продольных стрингеров в составе корпуса не имелось. Для защиты при посадке на мель под днищем прикреплялась полоса из лоумурского железа толщиной



Истребитель-перехватчик вертикального взлета и посадки «Lerche» (проектный чертеж, февраль 1945 г.), в котором воплотился ряд идей Уайненсов

25,4 мм и шириной 0,915 м. Внутри корпуса, от носа до кормы, в 1,8 м от дна устанавливался железный настил с деревянной палубной настилкой. На этой нижней (пассажирской) палубе оборудовалась довольно просторная каюта с закругленным подволоком. Сверху корпуса смонтировали прогулочную палубу — площадку длиной 39,6 м, шириной 3,2 м и высотой 1,5 м. С боков эту площадку зашили железными листами на высоту 0,6 м, а выше крепились легкие деревянные щиты в виде фальшборта. Над площадкой возвышались две короткие дымовые трубы и две легкие телескопические железные мачты. Предполагалось, что такое судно с малой площадью парусности и низко расположенными грузами почти не будет подвергаться бортовой качке. Поскольку оно могло прорезать волну, килевая качка, как считалось, также не ощущалась бы.

Новое судно спустили на воду 19 февраля (н. ст.) 1866 г. Перед этим супруга У. Уайненса окрестила его именем «Ross Winans» в честь главы семейства. Пароход сошел на воду, украшенный национальными флагами США, Великобритании и России, а также вымпелом Императорского Санкт-Петербургского яхт-клуба, в числе судов которого должен был числиться. По словам современника, Уильям Уайненс создал «новый образец современного искусства судостроения, готовящийся поколебать много старых теорий и сделать в нем большой переворот». Однако в итоге и это судно оказалось неудачным, так и не выйдя за пределы прибрежных британских вод. 1 августа 1871 г. в Вуличе его осмотрел генерал-адмирал великий князь Константин Николаевич, а спустя два дня — бывший император Франции Наполеон III.

Еще в 1865 г. в Гавре (Франция) Уайненсами было построено экспериментальное судно-сигара, паровая яхта «Walter S. Winans» длиной 21,9 м, диаметром 2,7 м и водоизмещением 33 т. Оно имело весьма сложный движительный комплекс: два гребных винта в оконечностях, как на «Ross Winans» (диаметр 1,47 м), два других винта под носовым и кормовым подзорами, а также механизм приведения их в действие в различных комбинациях. После испытаний судно оказалось в Саут-

гемптоне вместе с «Ross Winans», в 1877 г. подверглось модернизации. В этом британском порту обе причудливые яхты находились на приколе до конца XIX в., когда были проданы на слом. В общей сложности Уайненсы построили четыре парохода своей конструкции, не считая «водяного танка».

Для реализации океанских амбиций У. Уайненса, в 1876 г. лондонская машиностроительная фирма «Перкинс энд Санз» (Messrs. Perkins and Sons) спроектировала судно-сигару с роторным движителем для почтово-пассажирского экспрессного сообщения между Англией и Северной Америкой (длина 244 м, ширина 12,2 м, осадка 3,4 м). Особенностями судна являлись небывалое отношение длины к ширине — 1:20 (!), небольшая осадка, обеспеченная остойчивость и феноменальная по тому времени скорость — 30 уз, что позволяло тысяче пассажиров пересечь Атлантику за 100 часов. За время перехода котлы потребляли бы 500 т угля, расход которого на единицу мощности составлял, по предварительным оценкам, 0,68 кг/ч. Для этого судна была построена, в качестве образца, специальная паровая машина высокого давления (21,1 атм.). К ней проявило интерес британское Адмиралтейство, заказавшее такую машину для военного судна «Pelican». Однако результаты испытаний двигателя не оправдали возлагавшихся на него надежд. В итоге гигантское судно-сигара осталось на стадии проектирования и не было построено. Впрочем, позже, в 1893 г., У. Уайненс получил патент на океанский пароход с веретенообразным корпусом длиной более 183 м и шириной 12,2 м. Известно, что Уайненсы закрепили за собой в США и Англии более 40 патентов на конструкцию и усовершенствования корпусов судов-сигар и их механизмов. Еще в 1858 г. Росс и Томас Уайненсы пытались получить в России привилегию (патент) на суда своей системы, и Кораблестроительный технический комитет, несмотря на отсутствие каких-либо опытных данных в отношении таких судов, ходатайствовал о выдаче изобретателям привилегии на 10 лет. Получили ли они ее, пока неизвестно.

В Центральном военно-морском музее хранится уникальная проектная модель одного из пароходов Уайненсов, изготовленная, как считается, в 50-е годы XIX в. (инв. № 291). Длина модели около 190 см, диаметр корпуса 16 см (масштаб предположительно 1:30). На модели показаны роторный движитель и четыре дымовые трубы, что свидетельствует о наличии четырех котлов. Возможно, эта модель отражает один из вариантов первого парохода-сигары с увеличенным вдвое числом паровых котлов. Вероятно, модель была изготовлена с демонстрационной целью либо самим Уильямом Уайненсом, либо под его руководством, когда он занялся судами-сигарами в Санкт-Петербурге. Любопытно, что на модели, на кожухе движителя, прикреплен металлический шильдик с наименованием судна: WAYNANCE, что перекликается с фамилией изобретателей (Winans). В вольном переводе это может означать «необыкновенный, из ряда вон выходящий», что вполне соответствует необычной концепции пароходов-сигар.

Курьезные суда Уайненсов, несмотря на неудачный в целом результат их развития, огромные затраченные средства и несбывшиеся амбициозные планы разработчиков, все же оставили яркий след в истории мирового судостроения. Они стоят в ряду неординарных конструкций, не удавшихся в полной мере из-за слабости научной базы того времени, использовавшейся при проектировании и постройке судов, а также вследствие недостаточной удельной мощности энергетических установок и ограниченных технологических возможностей промышленности периода второй половины XIX в.

Литература

Александровский завод — ОАО «Пролетарский завод». СПб., 2001.
Белавенец И. Пароход Вайнанса, наподобие сигары//Морской сборник. 1859. № 1.
В. Д. Пароход г. Вайнанса наподобие сигары//Морской сборник. 1860. № 4.
Зарубин И. Разные механические известия//Морской сборник. 1860. № 11.
История железнодорожного транспорта России. Т. 1. 1836—1917. СПб., 1996.
Каталог моделей кораблей Центрального военно-морского музея. Л., 1960.
Козырев М. В., Козырев В. М. Секретные проекты Люфтваффе времен второй мировой войны. М., 2004.
Матиль Г. А. Известие из Соединенных Американских Штатов//Морской сборник. 1861. № 1.
Отчет о действиях Кораблестроительного департамента Морского министерства за 1861 год. СПб., 1862.
Отчет о действиях Кораблестроительного технического комитета в 1862 году, представленный генерал-майором Чернявским//Морской сборник 1863. № 8.
РГА ВМФ, ф.158, оп. 2, д. 2731; ф.164, оп.1, д. 535, 544, 1217; ф. 283, оп. 3, д. 5497; ф. 410, оп. 2, д. 2628.
Ружицкий Е. И. Европейские самолеты вертикального взлета. М., 2000.
Современное обозрение//Морской сборник. 1861. № 10, 11, 12.
Судно-сигара//Морской сборник. 1865. № 9; 1866. № 3.
ЦВММ, фотонегативный фонд, инв. № 039253/1—2.
Nowarra H. J. Die deutsche Luftrüstung 1939—1945. Band 2. Koblenz, 1993.
Rogers S. Freak Ships. London, 1936.
The Engineer. 1866. Feb. 23.

ПЛАВАТЕЛЬНЫЙ КОСТЮМ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

В конце XV в. великий итальянский художник, ученый и инженер Леонардо да Винчи изобретает одежду (костюм) для плавания у поверхности воды. Рисунок пловца в таком костюме и текст под ним сопровождаемый заголовком: «Способ спастись во время бури или морского кораблекрушения» впервые были опубликованы в Париже приблизительно в 1881—1890 гг. (рис. 1).

Пловец снабжен плавательным поясом, надетым на талию поверх рубашки, на его голове повязка, на глазах очки, на лице приспособление с дыхательной трубкой, которое крепится затылочным ремнем. Если в тексте плавательный пояс не упоминается, то описание костюма (рубашки) довольно подробное: «Нужно иметь одежду из кожи, у которой на груди были бы двойные крылья на расстоянии пальца. И пусть она будет двойной и от пояса до колен; и раз она из кожи, она защищает от утечки воздуха; и когда тебе понадобится прыгнуть в море то надувай через края на груди борты твоей одежды и прыгай в море, и дай волнам нести себя, если не видишь в близи берега и не знаком с морем. И все время держи во рту воздушную трубку, которая проходит в одежду;

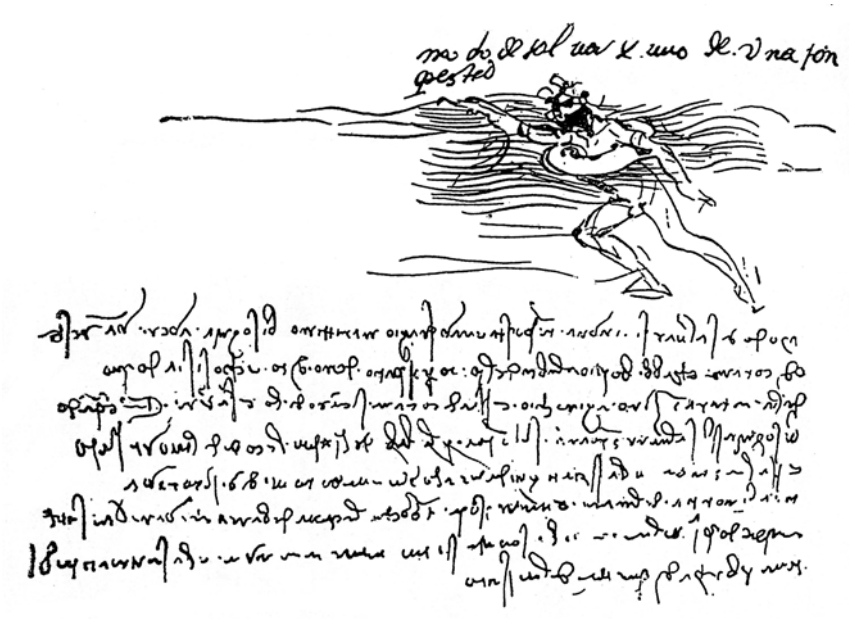


Рис. 1. **Плавательный костюм, предложенный Леонарда да Винчи**

и если тебе понадобится раз-другой дохнуть обыкновенным воздухом, а пена будет мешать тебе, то потяни его ртом из одежды».

Фраза в манускрипте «двойные крылья на расстоянии пальца» говорит нам, что одежда на груди (примерно 50х50 см) состоит из двух оболочек кожи: внутренней, облегающей грудь пловца от шеи до пояса, и наружной, пришитой к внутренней с зазором 10 см. Этот объем между оболочками из кожи, приблизительно равный 25 л, Леонардо да Винчи сравнивает с крыльями, приподнимавшими грудь пловца над поверхностью воды на 10 см.

От «крыльев» на груди до колен штаны также выполняются двойными, образуя воздушный объем между внутренним и наружным слоями кожи. При горизонтальном плавании, когда ноги пловца находятся ниже приподнятой груди, объем штанов должен быть не более объема «крыльев», т. е. 25 л. Тогда зазор между кожами на поясе и на ногах до колен пловца будет около 3 см.

Таким образом, плавательный костюм Леонардо да Винчи являлся воздушной емкостью на 50 л. И одновременно выполнял роль как дыхательного мешка, так и мешка плавучести для пловца. (рис. 2)

Но при израсходовании воздуха в дыхательном мешке для поддержания на плаву пловца массой 80 кг костюм должен был иметь положительную плавучесть (не менее 10 л воздуха). Тогда объем воздуха для дыхания в костюме пловца уменьшается до 40 л. При постепенном уменьшении объема воздушного мешка ноги пловца будут также постепенно опускаться вниз до момента, когда тело пловца займет вертикальное положение.

Можно предположить, что перед спуском пловец одевал штаны, закрепляя внутреннюю кожу в районе колен и пояса ремнями, потом закидывал на грудь «крылья» как фартук, стягивая его с боку шейным и спинным ремнями, вшитыми во внутреннюю кожу. При описании одежды Леонардо да Винчи не упомянул о наличии кожи на спине, её там не было, в противном случае пловец не смог бы одеть костюм. Костюм, конечно, не изолировал тело пловца от воды, но проникающая под внутреннюю кожу вода не могла циркулировать под ней благодаря фиксации костюма ремнями и не мешала движению пловца.

В отношении наддува костюма воздухом имеются четкие указания Леонардо да Винчи: «Надувай через края на груди». Очевидно, надуть костюм пловца через отверстие в костюме, закрываемое после заполнения воздухом полостей, можно было только при помощи насоса. Время наддува могло быть около 1 мин. Надув костюм, пловец прыгал в воду и, если его накрывала волна, пена мешала дышать, то он использовал для дыхания воздух из костюма через трубку.

Таким образом, первый «плавательный костюм» из кожи, изобретенный Леонардо да Винчи, был дыхательным аппаратом легочного действия, состоящим из дыхательного мешка-костюма, заполняемого воздухом перед плаванием, и дыхательной трубки и мог использоваться пловцом для плавания у водной поверхности.

Идеи, заложенные Леонардо да Винчи в конструкцию первого плавательного аппарата, нашли воплощение в современном водолазном оснащении.

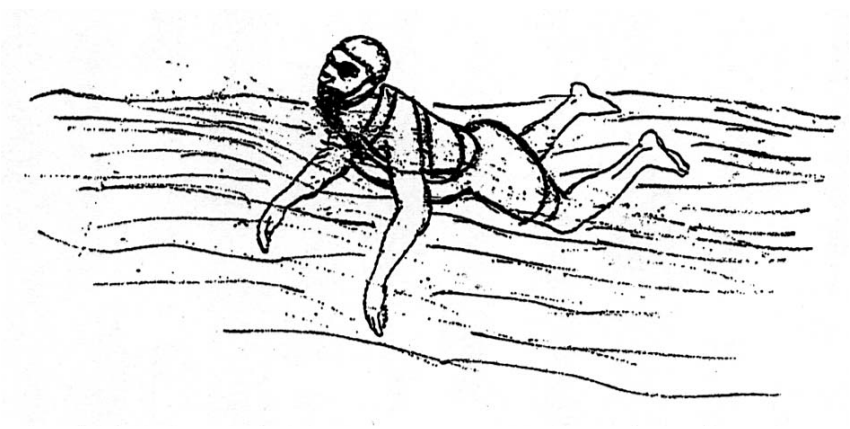


Рис. 2. **Пловец в костюме, изобретенном Леонардо да Винчи. (Реконструкция автора)**

Литература

Орбели Р. А. Леонардо да Винчи и его работы по изысканию способов подводного плавания и спусков//Р. А. Орбели Исследования и изыскания. М.—Л.: Речиздат, 1947.
Физиология человека. В 2 т. Т. 1/Под ред. Покровского В. М., Коротько Г. Ф. М.: Медицина, 1998.
Мазуров И., Сташевский В. Устройство аквалангa. М.: Изд. ДОСААФ, 1968.

Е. Е. Колосов,
инженер-кораблестроитель

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5(091)

Спиридопуло В. И. Северное ПКБ — опережая время//Судостроение. 2016. № 2. С. 12—17.
Статья посвящена истории становления и развития Северного проектно-конструкторского бюро. Кратко представлены особенности разработанных проектов кораблей и судов. Ил. 7.
Ключевые слова: Северное ПКБ, эсминец, крейсер, фрегат, сторожевой корабль, проект.

УДК 623.82

Гурьянов К. В, Гурьянов С. К., Сагайдаков Ф. Р. Авианосцы нового поколения ВМС Великобритании//Судостроение. 2016. № 2. С. 18—22.
Рассказывается о постройке авианосца нового поколения — крупнейшего из когда-либо построенных боевых кораблей Великобритании, о его конструктивных особенностях, примененной единой электроэнергетической системе и ее преимуществах, авиационном вооружении и технологии постройки. Ил. 5.
Ключевые слова: авианосцы, тактико-технические элементы, вооружение, архитектура, единая электроэнергетическая система.

УДК 621.891

Гужвенко И. Н., Чанчиков В. А., Свекольников С. А., Бурмистрова О. В. Пути повышения надежности судовых дизельных двигателей//Судостроение. 2016. № 2. С. 27—30.
Рассматриваются методы повышения надежности и снижения износостойкости цилиндропоршневой группы судовых дизельных двигателей введением в состав смазочных масел противоизносных присадок. Проведены трибологические исследования присадки на основе диселенида молибдена, которая по снижению изнашивания материалов ЦПГ превосходит базовое смазочное масло, а также некоторые другие противоизносные присадки. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.
Ключевые слова: цилиндропоршневая группа, смазочное масло, противоизносные присадки.

УДК 681.322:629.5.015.2

Пшеницын А.А., Некрасов В. А., Самохин В. С., Спиридонов А. Ю. Применение методов комплексного моделирования при решении гидродинамических задач//Судостроение. 2016. № 2. С. 31—33.
Рассматриваются вопросы решения задач гидравлики сложных дроссельных устройств методами компьютерного моделирования. С целью увеличения точности и эффективности работы алгоритма учтена симметрия потока и выполнена адаптация расчетной сетки. Получена теоретическая регулировочная характеристика реального малошумного дроссельного устройства. Анализ этой характеристики и сравнение ее с экспериментальными данными позволяет говорить о том, что использование методов компьютерного моделирования эффективно для решения поставленной проблемы. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.
Ключевые слова: компьютерное моделирование, расчёты, акустический шум, дросселирующие устройства, вибрация, вихревая зона, гидродинамические характеристики.

УДК 629.5.035-233.1—233.2

Хабаров А. А. Создание автономных подшипников скольжения для основных механизмов кораблей//Судостроение. 2016. № 2. С. 33—35.
Рассмотрены вопросы создания высокоэффективных судовых автономных подшипников для основных механизмов кораблей вместо подшипников скольжения с циркуляционной смазкой. Представлены способы создания смазочных слоев с особыми свойствами и организации внутренней циркуляции смазки в смазочном слое высокоскоростных автономных подшипников, а также конструкции высокоскоростных автономных подшипников. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.
Ключевые слова: высокоскоростные подшипники, автономный подшипник, жидкостное трение, внутренняя циркуляция смазки, автономная смазка.

УДК 621.396.029

Катанович А. А. Испытательное оборудование для имитации электромагнитной обстановки и оценки электромагнитной совместимости корабельных средств радиосвязи//Судостроение. 2016. № 2. С. 35—39.
Предложено оборудование для испытаний, связанных с обеспечением электромагнитной совместимости средств радиосвязи. Оборудование предназначено для имитации электромагнитной обстановки на корабле, определения допустимых уровней помех на входе испытуемых радиоприемных устройств, определения минимальных частотных разносов между радиопередающими и радиоприемными устройствами и занесения их в базу данных с целью использования в процессе функционирования средств радиосвязи на корабле для обеспечения их электромагнитной совместимости. Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.
Ключевые слова: имитационный стенд, аппаратура, средство, помехозащищенность, электромагнитная совместимость.

УДК 621.643.412:614.843

Фомин А. П. О необходимости унификации быстросмыкающихся соединений систем пожаротушения//Судостроение. 2016. № 2. С. 39—41.
Рассматриваются условия обеспечения аварийного надводного корабля (судна) при пожаре водой с берега или другого судна и обосновывается целесообразность унификации корабельных быстроразъемных соединений с береговыми и принятыми на судах гражданского назначения. Ил. 1.
Ключевые слова: унификация, международное береговое соединение, переходное соединение, пожарное оборудование.

УДК 614.841.3:629.5

Грабельников В. Ю., Евгенов В. Н., Добровенко С. В. Экспертиза специального раздела «Требования пожарной безопасности» при строительстве и ремонте кораблей и судов//Судостроение. 2016. № 2. С. 42—44.
В настоящее время экспертизу специального раздела «Требования пожарной безопасности...» при строительстве и ремонте кораблей и судов выполняет АО «НИПТБ «Онега»». В целях подготовки производства к проведению экспертизы выполнена научно-исследовательская работа, выпущена организационная документация, накоплен опыт проведения экспертизы специального раздела «Требования пожарной безопасности...» при строительстве и ремонте кораблей и судов. Ил. 1. Библиогр.: 8 назв.
Ключевые слова: экспертиза, пожарная безопасность, организационная документация, экспертное заключение.

УДК681.783:629.5

Кипреев Е. В, Гаврилюк Л. П. Аттестация выработки истинного курса гироприбором на плаву//Судостроение. 2016. № 2. С. 45—47.
Рассматривается методика аттестации гироприборов навигационного комплекса по окончании монтажных работ на плаву. Ил. 2. Табл. 1.
Ключевые слова: гироприборы, навигационный комплекс, курсовой угол, аттестация.

УДК 656.61.071.8

Лелюхин В. Е., Колесникова О. В. Влияние качества информации о дефектации на эффективность управления и организация работ в судоремонте//Судостроение. 2016. № 2. С. 48—49.
Рассматривается современное состояние организации подготовки судоремонтных работ на отечественных предприятиях. Показано, что эффективность их организации и выполнения зависит от качества подготовки информации при проведении дефектации. Предлагается схема организации подготовки производства на основе формирования структуры изделия, агрегата или узла с последующей дефектацией в строгом соответствии с имеемой структурой. Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.
Ключевые слова: подготовка производства, дефектация, качество информации, структура изделия, конструкторско-технологическая подготовка.

УДК 621.797:[621.436:629.5]

Хромов В. Н. О восстановлении деталей судовых дизелей термопластическим деформированием//Судостроение. 2016. № 1. С. 50—54.
Предлагается использовать метод термопластического деформирования для восстановления поверхностей деталей судовых дизелей: наружной поверхности поршневых пальцев и внутренней поверхности втулок (гильз) цилиндров. Ил. 8. Табл. 2. Библиогр.: 7 назв.
Ключевые слова: восстановление деталей, термопластическое деформирование металла, судовой дизель.

УДК 666.982.001.5

Горохов М. С., Роннов Е. П., Павлов И. Ю. Исследование истираемости фибробетона//Судостроение. 2016. № 2. С. 55—57.
Проведено обоснование целесообразности применения фибробетона в качестве материала корпуса железобетонных стоечных судов, находящихся в сложных природно-климатических условиях и подвергающихся значительному абразивному воздействию в процессе своей эксплуатации. Обоснование целесообразности применения выполнено на основе сравнительного анализа результатов испытаний опытных образцов фибробетона и

обычного бетона в лабораторных условиях, позволяющих смоделировать реальную картину температурно-влажностного воздействия на материал в процессе его эксплуатации. На основе полученных в ходе испытаний результатов установлены особенности работы фибробетонного композита, подвергающегося тепловлажностному и абразивному воздействию. Ил. 4. Табл. 3. Библиогр.: 11 назв.
Ключевые слова: железобетонный корпус, стоечное судно, фибробетон, водонасыщение, абразивное воздействие.

УДК 678.01:53].001.26

Алферов В. И., Рыжкин А. Е., Задумов А. В. Расчетная оценка теплофизических характеристик гибридных полимерных композитных материалов//Судостроение. 2016. № 2. С. 58—61.
С применением метода конечных элементов выполнен анализ теплофизических характеристик трехслойных композитных конструкций, необходимый для расчета параметров тепловой защиты емкостей для перевозки, хранения или функционального использования сжиженного природного газа, а также при оценке уровня скрытности кораблей. Ил. 9. Табл. 8. Библиогр.: 2 назв.
Ключевые слова: гибридные полимерные материалы, теплофизические характеристики, метод конечных элементов.

УДК 629.5(091)

Климовский С. Д. Пароходы Уайненсов и Российский флот//Судостроение. 2016. № 2. С. 73—79.
В середине XIX века механики и предприниматели Уайненсы из Балтимора (США) разработали и осуществили проект парохода в форме сигары, или веретена, с роторным движителем, расположенным в плоскости мидель-шпангоута. Одно такое экспериментальное судно было построено в России. Об этой малоизвестной странице истории судостроения рассказывается в статье, подготовленной с использованием ранее не опубликованных архивных документов. Ил. 12. Библиогр.: 17 назв.
Ключевые слова: история судостроения, роторный двигатель, пароход, экспериментальное судно.

ABSTRACTS

Spiridopulo V.I. Northern Design Bureau — Ahead of Time
The article is devoted to the history of Northern Design Bureau and briefs about specific features of designed ships throughout the years.
Keywords: Northern DB, destroyer, cruiser, frigate, patrol boat, design.

Guryanov K.V., Guryanov S.K., Sagaidakov F.R. New generation of aircraft carriers in British Navy
The article tells about construction of a new generation aircraft carrier, the biggest battleship ever built in Great Britain, her design feature, united electric power system and its advantages, shipborne aircrafts and construction technology.
Keywords: aircraft carriers, performance characteristics, armament, united electric power system.

Guzhvenko I.N., Chanchikov V.A., Svekolnikov S.A., Burmistrova O.V. Methods for increasing reliability of marine diesel engines
The authors study possibility of increasing reliability and reduction of wear of marine diesels sleeve assemblies by adding wear-preventive agents to lubrication oil. Tribological tests were carried out for molybdenum di-selenide based additive, which exceeds the basic oil in reducing sleeve assemblies wear, as well as for some other additives.
Keywords: sleeve assemblies, lubricating oil, wear-preventive additives.

Pshenitsyn A.A., Nekrasov V.A., Samokhin V.S., Spiridonov A.Yu. Using complex modeling methods for resolving hydrodynamic tasks
The authors study application of computer modeling methods for estimation of hydraulic parameters of complex throttle devices. Flow symmetry was considered and estimation net is adapted for better accuracy. Theoretical adjustment characteristic of actual low-nose throttle device was estimated. Analysis of this characteristic and comparison with experimental results shows out that computer modeling is effective for solving of this task.
Keywords: computer modeling, estimation, throttling device, acoustic noise, vibration, eddy zone, hydrodynamic characteristics.

Khabarov A.A. Designing of independent friction bearings for main shipborne machinery
Issues were studied related to design of highly efficient marine independent bearings for main ship machinery instead of slider bearings with circular lubrication. Methods are described for making lubricating layers with specific properties and organization of inner circulation of lubricant in lubricating layer of high-speed independent bearings, as well as design of high-speed independent bearings.
Keywords: high-speed bearings, independent bearing, liquid friction, inner circulation of lubricant, independent lubrication.

Katanovich A.A. Testing equipment for simulation of electromagnetic situation and estimation of electromagnetic compatibility of onboard communication facilities
The article describes test equipment offered for checking electromagnetic compatibility of onboard radio communication aids. The equipment is intended for simulation of onboard electromagnetic simulation, estimation of allowed noise level at the input of radio devices under test, finding minimal frequency differences between transmitting and receiving devices and recording the same in the database for further use to ensure electromagnetic compatibility of onboard radio devices.
Keywords: simulation stand, equipment, aids, noise protection, electromagnetic compatibility.

Fomin A.P. Necessity of unification for quick-release couplings in fire-fighting system
Conditions are examined for provision of water from the shore or other vessel for fire-fighting onboard surface naval ships. Given is justification of necessity in unification of onboard quick-release couplings with on-shore ones and those mounted on merchant ships.
Keywords: unification, internationally practiced on-shore coupling, adapting coupling, fire equipment.

Grabelnikov V.Yu., Yevgenov V.N., Dobrovenko S.V. Examination of special section "Fire safety requirements" for construction and repair of ships
At present, special section "Fire safety requirements..." for construction and repair of ships is being examined by JSC Onega. A certain studies were conducted for pre-production preparation, guiding documents were issued and experience gained in examining of special section "Fire safety requirements..." for construction and repair of ships.
Keywords: examination, fire safety, guiding documents, expert report.

Kipreev E.V., Gavrilyuk L.P. Certification of made course alignment afloat with use of gyro instrument
The article describes approval of gyro instruments of navigation complex upon completion of installation afloat.
Keywords: gyro instruments, navigation complex, relative azimuth, approval.

Lelyukhin V.E., Kolesnikova O.V. Influence of defect survey report quality to effectiveness of work management in shiprepair
Current status of shiprepair pre-production preparation at domestic shipyards is reviewed. It is demonstrated that effectiveness of work depends on quality preparation of defect survey data. It is proposed to work out a structure of article, machine or unit at the preparatory stage, and carry out defect survey in strict compliance with the accepted structure.
Keywords: Pre=production preparation, defect survey, quality of data/information, design and production engineering.

Khromov V.N. Recovery of marine diesels parts by thermoplastic deformation
The author proposes to use thermoplastic deformation for recovery of surfaces of marine diesel parts: outer surface of piston pins and inner surface of sleeves.
Keywords: recovery of parts, thermoplastic deformation of metal, marine diesel engine.

Gorokhov M.S., Ronnov E.P., Pavlov I.Yu. Studies of fiber concrete wear capacity
Justification of using fibro-concrete as a hull material for bunkering vessels, those are subject for considerable abrasive effect during their service life. The justification is made on the basis of comparative analysis of tests applied to conventional and fibro-concrete under laboratory conditions, allowing modeling actual temperature and moisture influence to material during its service life. With obtained after tests results, specific features of fibro-concrete composite, subject for heat\moisture and abrasive exposure.
Keywords: reinforced concrete hull, bunkering vessel, fibro-concrete, water saturation, abrasive effect.

Alpherov V.I., Ryzhkin A.E., Zadumov A.V. Estimation of heat transfer operties of hybrid polymer composite materials
With use of finite elements method, analysis is made for heat-transfer parameters of three-layer composite structures. Such analysis was necessary to calculate heat protection parameters for LNG vessels, whether intended for its storage, transportation and functional use, as well as for estimation of ships stealth ratio.
Keywords: hybrid polymer materials, heat transfer parameters, finite elements method.

Klimovskiy S.D. The Winens' steamboats and the Russian Navy
In the middle of 19th century, brothers Winens from Baltimore, USA, designed and manufactured a steamboat in the form of cigar, with rotor engine, located in the midship. One of such pilot ships was built in Russia. This story is described in the article with use archive documents, of previously not published.
Keywords: history of shipbuilding, rotor engine, steamboat, experimental vessel.