СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3
2016
май–июнь

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ

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

3•2016
(826) май–июнь

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»
Струтов Л. В. — первый вице-президент АО «Объединенная судостроительная корпорация»
Тюрин Б. П. — научный сотрудник Института истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова (РАН)
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

Судостроительная промышленность в 2015 году 3

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 4

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Звиняцкий А. Я., Тимохин И. Г., Шаломов В. И. Первый атомный подводный крейсер на Дальнем Востоке 9

Гурьянов К. В., Гурьянов С. К., Сагайдаков Ф. Р. Авианосцы нового поколения ВМС Великобритании 14

Фрегат «Адмирал Эссен» 19

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Фрегаты для Вьетнама 20

Лосев А. Н. Экспортные работы АО «ЦТСС» по созданию объектов береговой инфраструктуры базирования и ремонта кораблей. Опыт и перспективы 21

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Любимов В. И., Хлутчин И. В. Особенности архитектуры отечественных пассажирских судов внутреннего плавания 24

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Токарев Л. Н. Расчет токов короткого замыкания в цепи секционных автоматов ГРЩ судовых электростанций 29

Власов А. Б., Власова С. В., Мухалев В. А. Анализ изменения твердости изоляции кабелей в процессе ускоренного старения при повышенной температуре 31

Жильцов А. С. Контроль технического состояния пропульсивных комплексов быстроходных судов с частично погруженными винтами в эксплуатации 34

Чхетиани П. Д., Щербаков Ю. И. Экспериментальное исследование несущей способности гидродинамической смазочной пленки в радиальном подшипнике скольжения, смазываемом водой 35

Танкер «Академик Пашин» 41

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Воронцов И. А. Современные требования к окраске стальных судовых конструкций 42

Бертов В. И., Трошин Е. П. Состав и содержание проектных решений в части обеспечения антитеррористической защищенности зданий и сооружений судостроительных объектов 44

«Колпино» завершает серию 46

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ

Щеголихин В. П. Алгоритм выявления начальной стадии развития дефекта в корабельных механизмах с использованием бортовых информационно-измерительных комплексов виброакустического контроля 47

Тепляшин М. В., Герасимов Н. И., Тюменцев Г. А. Технология аддитивного изготовления и ремонта деталей судовой трубопроводной арматуры в процессе эксплуатации объектов морской техники 49

Овсянников С. И. Крейсер «Аврора» — памятник отечественного кораблестроения 52

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Пленум Центрального правления НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова (57). **Н. Н. Афонин.** Балтийскому заводу — 160 лет! (57). **Б. А. Барбанель.** Итоги научно-технических конкурсов и конференций молодых специалистов (60). Новые книги (62). Зарубежная информация (63)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Иванов И. В. Павел Александрович Черноверхский 66

Черноверхский П. А. Четыре периода моей работы в подводном судостроении 67

Васильев Д. М. К вопросу распознавания подводных лодок Балтийского флота. 1906—1917 гг. 75

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

3•2016
(826) May–June

CONTENTS

Published since September 1898

Shipbuilding industry in 2015 3

AT SHIPBUILDING YARDS 4

NAVAL SHIPBUILDING

Zvinyatsky A. Ya., Timokhin I. G., Shalomov V. I. First nuclear-powered submarine cruiser at Far East 9

Guryanov K. V., Guryanov S. K., Sagaidakov F. R. Aircraft carriers of a new generation in the UK Navy 14

Frigate «Admiral Essen» 19

MILITARY AND TECHNICAL COOPERATION

Frigates for Vietnam 20

Losev A. N. SSTC export work on setting-up on-shore infrastructure for station and repair of naval ships. Experience and future perspectives 21

CIVIL SHIPBUILDING

Lyubimov V. I., Khlutchin I. V. Specific architectural features of domestic inland cruising ships 24

MARINE EQUIPMENT

Tokarev L. N. Estimation of short-circuit currents in section breakers circuits of onboard power station MDBs 29

Vlasov A. B., Vlasova S. V., Mukhalev V. A. Analysis of changes of cable insulation hardness under the conditions of forced aging at high ambient temperature 31

Zhiltsov A. S. Monitoring of technical condition of propulsion complexes of fast-going ships with partially submerged propellers 34

Chhetiani P. D., Sherbakov Yu. I. Experimental study of bearing capacity of hydrodynamic lubricating film in radial water-lubricated sliding bearing 35

Tanker «Akademic Pashin» 41

SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGY

Vorontsov I. A. Modern requirements to painting of ship steel structures 42

Bertov V. I., Troshin E. P. Composition and content of design solutions providing counter-terrorist protection of shipbuilding sites 44

«Kolpino» ends the series 46

SHIPREPAIR AND UTILIZATION

Shegolikhin V. P. Recognizing initial stage of defect growth in shipborn mechanisms with use of onboard vibro-acoustic systems 47

Teplyashin M. V., Gerasimov N. I., Tyumentsev G. A. Technology for additive manufacturing and repair of shipboard pipe fittings in course of marine equipment operation 49

Ovsyannikov S. I. «Aurora» cruiser — the memorial of domestic naval shipbuilding 52

INFORMATION SECTION

Plenum of headquarters of TS in the name on academic Krylov A. N. (57). **Afonin N. N.** Baltiisky zavod is 160 years old! (57). **Barbanel B. A.** Results of S&T competitions and conferences between younger specialists (60) New books (62) Foreign information (63)

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

Ivanov I. V. P. A. Chernoverkhsky 66

Chernoverkhsky P. A. Four periods of my activity in submarine construction 67

Vasilyev D. M. Identification of Baltic Fleet Submarines. Years 1906—1917 75

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 — головной атомный ледокол «Арктика» проекта 22220 на стапеле ООО «Балтийский завод–Судостроение» за неделю до спуска на воду (фото Никиты Грейдина); на 2-й стр. — фотоснимки в цехе предоставлены АО «Средне-Невский судостроительный завод»; на 3-й стр. — фото из собрания Н. Н. Афонина; на 4-й стр. — два фрегата проекта «Гепард-3.9», построенные ОАО «Зеленодольский завод им. А. М. Горького» для Вьетнама, спущенные на воду в этом году (фото предоставлено заводом)

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

Электронные версии журналов 1999—2016 гг. размещены на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elibrary.ru и включены в Российский индекс научного цитирования

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

Компьютерная верстка
Г. А. Князева, С. А. Ратасеп

Цветоделение
Д. Н. Демичев

Перевод
М. С. Паршин

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 9.06.2016 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

СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В 2015 ГОДУ

20 апреля Министерство промышленности и торговли Российской Федерации разместило на сайте Правительства России отчет об основных результатах своей работы в 2015 г. Специальный раздел, представленный ниже, посвящен судостроению.

Судостроительная промышленность, морская техника для освоения природных ресурсов континентального шельфа

Выпуск продукции в стоимостном выражении за 2015 г. составил свыше 400 млрд руб. Количество сданных кораблей и судов в рамках гособоронзаказа составляет 13 ед. с объёмом производства более 300 млрд руб., гражданских судов — 33 ед. с объёмом производства 49 млрд руб.

В настоящее время в состав российской судостроительной отрасли входят с учётом Крымского федерального округа 182 предприятия с общей численностью работающих 178,8 тыс. чел. Если к ним добавить более 2 тыс. предприятий-смежников, то отечественное судостроение обеспечивает рабочими местами более 700 тыс. чел. В структуре отрасли на сегодняшний день насчитывается 133 промышленных предприятия и 49 научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро. Около половины промышленных предприятий составляют судостроительные и судоремонтные заводы. Среди научных организаций, наибольшая доля организаций принадлежит судостроительной и приборостроительной подотраслям. Более 1/3 всех предприятий и организаций, или 36,5%, сосредоточены в Северо-Западном федеральном округе, включая наиболее крупные предприятия с объёмом выпуска продукции более 5 млрд руб. в год, 15% — в Приволжском федеральном округе, 14% — в Центральном и 13% — в Дальневосточном.

Состав отрасли за последний год ощутимо изменился. В него были включены 13 предприятий Крымского федерального округа (ФГУП — одно, ГУП — шесть, АО — три, ООО — три). Некоторые из них пока проходят процедуру реорганизации.

Общий объём производства, достигнутый предприятиями судостроительной промышленности в 2015 г., увеличился на 16,3% по отношению к 2014 г.

Среди наиболее значимых гражданских проектов — заказы «Газпрома» по строительству на Выборгском заводе двух буровых платформ для Штокмановского нефтегазового месторождения, двух крупнотоннажных танкеров на Адмиралтейских верфях по заказу «Совкомфлота», ледоколов на Балтийском заводе, сдача ряда гражданских судов на заводе «Красное Сормово», Ярославском, Зеленодольском и других заводах судостроительной отрасли. Из интегрированных структур наибольший вклад (около 60%) в общий объём производимой продукции отрасли вносит ОСК. Стоит отметить, что не вошедшие в интегрированные структуры предприятия производят порядка 18% продукции отрасли.

Среднесписочная численность персонала промышленных предприятий отрасли в 2015 г. увеличилась на 13,4% по отношению к 2014 г. и составила около 149 тыс. чел., а в научной сфере рост составил порядка 4,8% и численность достигла почти 30 тыс. чел.

Основные гражданские суда, сданные в 2015 г.: буксир пр. 81 — 6 ед., головной ледокол пр. 21900М, экологическое судно пр. RT-29 — 2 ед., танкеры смешанного плавания пр. RST27 — 3 ед. Наиболее значимые проекты гражданского судостроения представлены ледокольным флотом и плавучей атомной теплоэлектростанцией. В этом сегменте отмечается строительство головного атомного ледокола пр. 22220, достройка головной ПАТЭС пр. 20870, спуск серийного ледокола пр. 21900М, строительство головного ледокола пр. 22600.

Некоторые данные опубликованы по оборонно-промышленному комплексу

Объём промышленной продукции, произведённой предприятиями ОПК за 2015 г., по данным оперативной информации, вырос на 12,9% (в сопоставимых ценах 2015 г.), в основном за счёт роста объёмов продукции военного назначения. Прирост объёмов производства продукции по сравнению с аналогичным периодом прошлого года отмечается во всех отраслях ОПК (за исключением промышленности обычных вооружений), в том числе в радиоэлектронной промышленности — на 32,6%; промышленности боеприпасов и спецхимии на 22,3%; судостроительной промышленности — 16,3%; ракетно-космической промышленности — 7,6%; авиационной промышленности — 5,9%;

На предприятиях ОПК ведётся техническое переоснащение, реконструкция части производственной и экспериментально-технологической базы, в том числе в рамках 368 объектов капитального строительства на предприятиях отраслей, подведомственных Минпромторгу России. В 2015 г. введено в эксплуатацию 37 объектов, в том числе в авиационной промышленности — 16; судостроительной — 9; обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии — 7 и радиоэлектронной — 5.

Разработано 218 промышленных технологий для выпуска конкурентоспособной высокотехнологичной продукции.

Минпромторг
www.government.ru

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

АО «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

В рамках реализации Государственной программы вооружения (ГПВ-2020) Министерство обороны Российской Федерации и АО «Адмиралтейские верфи» заключили контракт на строительство двух новейших патрульных кораблей ледового класса пр. 23550 в интересах Военно-Морского Флота. Об этом в начале мая сообщило Управление пресс-службы и информации Минобороны. В соответствии с условиями контракта корабли должны быть переданы ВМФ России до конца 2020 г. Патрульный корабль ледового класса этого проекта является принципиально новым судном, объединяющим в себе качества буксира, ледокола и патрульного корабля. Он сможет эксплуатироваться в тропиках и арктических водах, преодолевая лед толщиной до 1,5 м. По совокупности технических характеристик патрульный корабль пр. 23550 не имеет аналогов в мире.

Проектное изображение патрульного корабля ледового класса пр. 23550. Два таких корабля построят судостроители АО «Адмиралтейские верфи» для ВМФ России

ПАО «ЯРОСЛАВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

15 апреля на заводе спустили на воду головной катер-бонопостановщик «Александр Сизонцев» пр. А-40—2Б-ЯР. Государственный контракт на строительство серии из шести катеров был заключен с ФКУ «Дирекция госзаказчика» Минтранса России в октябре 2014 г. Срок исполнения контракта — 1 декабря 2018 г. Суда строятся на класс КМ ⍟ Ice2 R3 RSN Aut 3 oil recovery ship (>60°) Российского морского регистра судоходства и предназначены для аварийно-спасательных работ, транспортировки и установки боновых заграждений с целью локализации и сбора пролитых нефти и нефтепродуктов и др. Основные характеристики: габаритная длина 20,97 м, ширина 5,7 м, осадка 1,17 м, водоизмещение 51,6 т, мощность двигателей 2 х 588 кВт, скорость хода до 20 уз. Проектант — ООО «Агат Дизайн Бюро».

Ярославский судостроительный завод: в день спуска на воду головного катера-бонопостановщика «Александр Сизонцев»

АО «ГРУППА КРОНШТАДТ»

Компания «Кронштадт Технологии» (входит в состав Группы «Кронштадт») в апреле сообщила о разработке проектной документации на интегрированную систему управления для кабелеукладчиков пр. 15310, строящихся для ВМФ на Зеленодольском заводе им. А. М. Горького. Закладка

Компания «Кронштадт Технологии» разработала интегрированную систему управления для кабелеукладчиков пр. 15310

первых двух судов «Волга» и «Вятка» состоялась 6 января 2015 г. Они предназначены для прокладки, подъема, ремонта волоконно-оптических кабельных линий связи, в том числе, в условиях Крайнего Севера. Разработанная интегрированная система объединит всю судовую автоматику, включая специализированные механизмы по укладке кабеля. Она обеспечит также навигационную безопасность судна. После согласования судостроительным заводом рабочей документации начнутся комплектация компонентов системы и их отправка на верфь. Далее судостроители и специалисты компании «Кронштадт Технологии» приступят к монтажу, отладке и пусконаладочным работам. Сдача судов запланирована на 2018 и 2019 г.

АО «ЦС «ЗВЕЗДОЧКА»

Центр судоремонта «Звездочка» в апреле выполнил отгрузку первых четырех лопастей гребных винтов для головного атомного ледокола пр. 22220 (ЛК-60), строящегося на верфи ООО «Балтийский завод — Судостроение». Лопасти сборных гребных винтов изготовлены из нержавеющей стали и соответствуют ледовому классу Icebreaker 9. Каждая из лопастей весит 10,5 т, а диаметр гребного винта в сборе составит 6,2 м при общей массе свыше 60 т.

Гребные винты для ледокола ЛК-60 входят в десятку крупнейших винтов, изготовленных специалистами «Звездочки». Самыми же большими в истории предприятия пока остаются гребные винты, изготовленные для танкеров Приморского морского пароходства «Prisco Mizar» и «Prisco Alcor», имеющих длину 285 м и дедвейт около 166 000 т. Диаметр их гребных винтов 8,1 м.

АО «КРОНШТАДСКИЙ МОРСКОЙ ЗАВОД»

В середине апреля пресс-служба АО «ОСК» сообщила, что акции одного из ведущих судоремонтных предприятий Северо-Западного региона России — Кронштадтского морского завода (КМЗ) — были внесены в его уставный капитал.

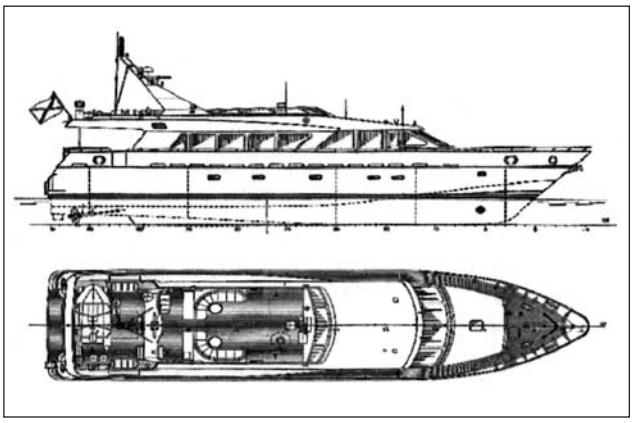
8 апреля 2016 г. во исполнение Указа Президента РФ № 394 от 21.03.2007 г. «Об открытом акционерном обществе «Объединенная судостроительная корпорация» 100% акций минус одна акция КМЗ, принадлежащих Российской Федерации в лице Министерства обороны, были переданы в уставный капитал АО «ОСК».

Кронштадтский морской завод основан в 1858 г. За свою более чем 150-летнюю историю завод отремонтировал более 10 000 кораблей и судов, многие годы являясь главной, а в ряде исторических периодов — единственной судоремонтной базой Балтийского флота. В настоящее время здесь выполняется комплексный ремонт кораблей, морских и речных судов всех типов, классов и назначений водоизмещением до 60 000 т, в том числе доковый ремонт подводной части корпусов с очисткой и окраской, ремонт донно-бортовой арматуры, гребных, дейдвудных, рулевых, выдвижных и подъемно-опускных устройств. Кроме того, осуществляется ремонт дизелей, газовых и паровых турбин, паровых и водогрейных котлов, электротехнических изделий, а также изготовление металлоконструкций и других изделий. Так, например, 10 апреля КМЗ в рамках госзаказа отгрузил Северному флоту отремонтированный газотурбинный двигатель ДТ-59. В процессе среднего ремонта двигатель полностью перебрали. Демонтированные с роторов компрессорные и турбинные лопатки подвергли дефектации неразрушающими методами контроля, затем осуществили их обработку и полировку, выполнили специальные операции для повышения прочности, провели балансировку роторов, проверку соосности узлов двигателя и др. А в марте сухой док «Памяти трех эсминцев» покинула после окончания ремонтных работ дизель-электрическая подводная лодка «Выборг». В ходе доковых работ с 20 января по 25 марта был осуществлен

Лопасти гребного винта для головного атомного ледокола пр. 22220 (АО «ЦС «Звездочка»)

Дизель-электрическая подводная лодка «Выборг» в сухом доке АО «Кронштадтский морской завод»

Погрузка главного двигателя на корвет «Гремящий» (ОАО СЗ «Северная верфь»)



Служебно-разъездной катер пр. 21270. Два таких катера строит ОАО «Окская судоверфь» по проекту АО «ЦМКБ «Алмаз»

ремонт корпуса, а также ряда агрегатов и устройств, восстановлено специальное покрытие корпуса.

ОАО СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

В конце апреля в эллинге «Северной верфи» началась, а в середине мая завершилась погрузка главных двигателей в носовое и кормовое машинные отделения корвета «Гремящий». Двигатели изготовлены на Коломенском заводе в рамках программы импортозамещения. Для выполнения работ проектант, ЦМКБ «Алмаз», и технологи завода в короткие сроки выполнили необходимые расчеты, разработали схемы, позволяющие эффективно осуществить погрузку и установку двигателей.

Главный строитель проекта 20385 на заводе так охарактеризовал эту работу: «Специалисты «Коломенского завода» и завода «Звезда» на полгода раньше контрактного срока начали поставлять изготовленное оборудование: дизели и редукторы. Эти предприятия нам хорошо известны, никогда нас не подводили. И сейчас они пошли на очень серьезные шаги по ускорению сроков изготовления оборудования». Для Коломенского завода данный тип двигателя является серийным, но в него внесен ряд улучшений в части эксплуатационных характеристик, в том числе увеличена надежность.

Спуск «Гремящего» на воду и начало испытаний запланированы на 2017 г. Всего на «Северной верфи» ведется строительство четырех корветов: «Гремящий» и «Проворный» пр. 20385, «Ретивый» и «Строгий» улучшенного пр. 20380.

ОАО «ОКСКАЯ СУДОВЕРФЬ»

15 апреля на судоверфи состоялась закладка служебно-разъездного катера пр. 21270, строящегося по заказу Министерства обороны РФ. В церемонии приняли участие представители руководства Министерства обороны, ЦМКБ «Алмаз», бизнес-партнеры Окской судоверфи по проекту. Контракт был подписан в феврале 2016 г. Это уже второй такой катер для Минобороны. Закладка первого состоялась в сентябре 2015 г., его спуск намечен на август 2016 г. Катера данного проекта предназначен для обеспечения служебных разъездов, а также принятия парадов кораблей. Район эксплуатации — прибрежная морская зона с удалением от порта-убежища до 50 миль. Наибольшая длина катера 27,4 м, ширина 6,5 м, наибольшая осадка 1,6 м, полное водоизмещение 110 т, скорость хода до 22 уз, экономическая — 15 уз, мореходность 5 баллов, пассажировместимость 12—20 чел.

АО «КАМПО»

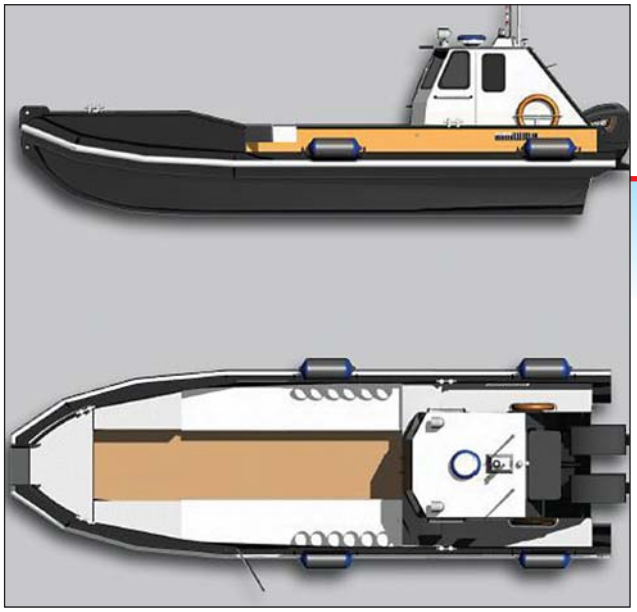
В апреле АО «КАМПО» завершило постройку опытного образца буксирно-моторного катера (БМК) пр. 02630 в рамках инициативной ОКР Минобороны России в соответствии с тактико-техническими требованиями инженерных войск Вооруженных Сил РФ. БМК предназначен для обеспечения наведения понтонных переправ, необходимых при форсировании войсками водных преград. Он может использоваться также для буксировки несамоходных плавсредств, установки якорей, перевозки личного состава, высадки десанта, патрулирования водных преград. Конструкция корпуса БМК соответствует требованиям правил Российского Речного Регистра. БМК имеет два дизель-редукторных агрегата производства нашего предприятия. В период с 25 по 27 апреля в г. Коломна на акватории реки Ока БМК успешно прошел первую часть предварительных испытаний, в ходе которых полностью подтвердил назначенные в ТТЗ характеристики. БМК получил положительную оценку со стороны представителей инженерных войск ВС РФ. Осенью этого года БМК пр. 02630 будет представлен в экспозиции Минобороны на Международном военно-

Буксирно-моторный катер пр. 02630 (АО «КАМПО»)

техническом форуме «Армия-2016», который пройдет в г. Кубинка в парке «Патриот».

АО «РИФ»

Эта компания, входящая в Группу «Ростовский порт» (Ростов-на-Дону), является одним из ведущих предприятий Дона по ремонту судов различного класса. Ежегодно она ремонтирует до 100 судов со спусковой массой до 800 т. С 2014 г. компания приступила к реализации судостроительных проектов, в частности, к проектированию и постройке катеров из полиэтилена высокой плотности (HDPE). Такие катера, по данным АО «РИФ», не имеют аналогов в России. Материал не подвержен коррозии, обладает повышенной ударопрочностью и обеспечивает непотопляемость судна. Срок эксплуатации составляет более 50 лет. АО «РИФ» предлагает катера длиной от 5 до 17 м, которые в зависимости от комплектации могут развивать скорость хода до 40 уз. Они могут использоваться для рыбалки, перевозки пассажиров и грузов (до 8 т), береговой охраны и др. Например, катер «РИФ 100 Дайвинг» имеет размеры 10 х 3,15 м, осадку 0,65 м, массу порожнем 3,4 т, грузоподъемность 4,1 т, скорость до 30 уз.



Катер «РИФ 100 Дайвинг» (АО «РИФ»)

Пограничный дебаркадер пр. 09662 (ОАО «ССК»)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА им. АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

13 апреля в университете состоялось открытие Лаборатории проектирования судов и предприятий. Она создана совместными усилиями российских, голландских и финских специалистов. В лаборатории предусмотрено использование последней версии специализированного программного обеспечения цифрового проектирования CADMATIC, которое будет применяться в учебном процессе как для обучения студентов, так и для переподготовки инженеров судостроительных предприятий. Об этом был подписан договор между CADMATIC (Нидерланды) и ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. Впереди предстоит большая работа по подготовке преподавателей-инструкторов и воплощению планов использования новой лаборатории в учебной и деловой жизни ГУМРФ.

ОАО «ССК»

Специалисты ОАО «Судоремонтно-судостроительная корпорация» (Городец) занимаются постройкой тяжелых (пр. 16181) и полутяжелых (пр. 824М) плавучих железобетонных причалов для ВМФ России, а также дебаркадеров (пр. 09662) для пограничников. Основные проектные характеристики дебаркадера: длина 24,8 м, ширина 13,52 м, высота борта 3,28 м, доковая масса около 171 т, водоизмещение порожнем около 177 т. Это сооружение предназначено для размещения и материально-технического обеспечения пограничников, визуального и радиолокационного контроля за обстановкой на акватории, базирования инспекционных плавсредств и др.

АО «СЗ «ВЫМПЕЛ»

Министерство обороны РФ и АО «ССЗ «Вымпел» подписали контракт на строительство двух морских транспортов вооружения пр. 20360М. Проектант — КБ «Вымпел» — скорректирует базовый пр. 20360 «Дубняк» под технические требования МО РФ. Тип

Два морских транспорта вооружения пр. 20360М построит ОАО «СЗ «Вымпел»

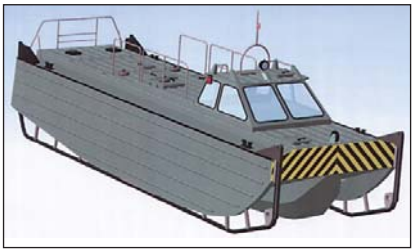
судна, которое предстоит построить, — морское транспортное судно вооружения с ледовыми усилениями корпуса, двойным дном и двойными бортами, носовым подруливающим устройством, двумя грузовыми трюмами, площадкой для перевозки грузов в контейнерах, с краном грузоподъёмностью 20 т и носовой вертолётно-посадочной площадкой. Назначение морского транспорта вооружения: прием с причалов и передача на суда специальных грузов в пунктах базирования и на открытом рейде.

На церемонии закладки малого ракетного корабля «Шторм» на судостроительном заводе «Море»

Транспорты длиной 77 м и шириной 15,8 м должны быть сданы заказчику в 2019 и 2020 гг. Головное судно (зав. № 01551) будет нести службу на Черноморском флоте, второе (зав. № 01552) — на Балтийском.

ГК «ВЕГА»

Конструкторы и инженеры Группы компаний «ВЕГА», в которую входят Волжский ССЗ, Ахтубинский ССЗ и Балаковский ССЗ, разработали и построили буксирно-моторный катер (БМК) «Бобер». Он предназначен для наведения понтонных переправ, буксировки барж и судов грузоподъемностью до 2000 т, тушения пожаров на водоемах, перевозке пассажиров, обеспечения аварийно-спасательных операций в труднодоступных местах, в том числе и на несудоходных водоемах. Катер выполнен по тримаранной схеме, имеет небольшую осадку, обладает высокой маневренностью, способен работать в водоемах с глубинами от 0,85 м, в том числе в колотом льду. Габариты БМК 9,5 х 3,1 х 2,6 м, масса 9,8 т, осадка 0,72 м. Катер оснащен дизелем мощностью 550 л. с. Два гребных винта, размещенные в поворотных насадках, обеспечивают упор на переднем ходу до 5300 кгс, на заднем — 4700 кгс, скорость хода до 23 км/ч. Система управления катером гидравлическая. Запас топлива обеспечивает автономность в течении 10—12 ч. Катер оснащен необходимым судовым оборудованием, позволяющим осуществлять навигацию на судоходных водоемах. Рубка — герметичная, имеется система вентиляции и обогрева. Экипаж 2 чел.



Буксирно-моторный катер «Бобер» (ГК «ВЕГА»)

14 апреля на верфи Ba Son Limited в г. Хошимин (Вьетнам) состоялась торжественная церемония спуска на воду очередной пары ракетных катеров пр. 12418, строящихся по лицензии АО «ЦМКБ «Алмаз» при техническом надзоре проектанта. Это пятый и шестой катера планируемой серии из 10 ед. для ВМС Вьетнама (vpk.name; almaz-kb.ru)

ФГУП «СЗ «МОРЕ»

10 мая в эллинге судостроительного завода «Море» в Феодосии заложили малый ракетный корабль (МРК) нового поколения «Шторм» (зав. № 254). Его проект 22800 разработали конструкторы АО «ЦМКБ «Алмаз». В церемонии приняли участие командующий Черноморским флотом адмирал Александр Витко, министр промышленности и торговли Денис Мантуров, глава Республики Крым Сергей Аксёнов, Полномочный представитель Президента в Крымском Федеральном округе Олег Белавенцев. По данным Управления пресс-службы и информации Минобороны, МРК будет иметь водоизмещение около 800 т, скорость хода более 30 уз. Его планируется оснастить комплексом высокоточного ракетного оружия и современной артиллерийской системой. При создании МРК будут реализованы требования ВМФ по высокой маневренности, мореходности и пониженной отражающей способности надстроек и корпуса. Корабль сможет выполнять задачи в морской зоне на удалении от баз около 3000 миль. В декабре 2015 г. два МРК «Ураган» и «Тайфун» пр. 22800 были заложены на заводе «Пелла» и сейчас находятся в процессе постройки. Планируется, что в перспективе на различных российских судостроительных предприятиях для ВМФ России будет построено более 10 МРК пр. 22800.

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

ПЕРВЫЙ АТОМНЫЙ ПОДВОДНЫЙ КРЕЙСЕР НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

(*К 80-летию Амурского судостроительного завода*)

А. Я. Звиняцкий, главный конструктор завода в 1964—1986 гг.,
И. Г. Тимохин, начальник инженерного центра (ПАО «Амурский судостроительный завод», e-mail: ko@amurshipyard.ru),
В. И. Шаломов, канд. техн. наук (ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», e-mail: seu@knastu.ru)

УДК 623.82:621.039

В 2016 г. исполняется 80 лет со дня основания в Комсомольске-на-Амуре Амурского судостроительного завода (ранее — завода им. Ленинского Комсомола), который 1 июля 1936 г. был включён в число действующих предприятий судостроительной промышленности СССР [1] .

В 1965 г. завод им. Ленинского Комсомола получил задание на строительство серии из десяти атомных подводных лодок (АПЛ) второго поколения пр. 667А со сдачей первой в 1969 г. Выполнение задания разворачивалось в годы восьмой пятилетки. В этот период на заводе было внедрено 1370 мероприятий технического характера. Введены в строй поточные линии обработки металла корпуса, изменился облик и оснащенность корпусообрабатывающего, трубомедницкого, сборочно-сварочного, стапельного цехов, были получены и смонтированы новые станки в цехах машиностроения [2]; в производстве стал использоваться вертикальный гибочный пресс-автомат, способный гнуть стальные листы толщиной до 100 мм; в трубомедницком цехе № 2 — высокопроизводительная трубогибочная линия на токах высокой частоты. В результате показатели роста производительности труда по отношению к седьмой пятилетке выросли на 51%.

Заказанные заводу АПЛ пр. 667А предназначались для разрушения баллистическими ракетами объектов на территории вероятного противника. Проект АПЛ разрабатывался в ЦКБ-18 (сейчас — ЦКБ МТ «Рубин») под руководством главного конструктора академика РАН и дважды Героя Социалистического Труда С. Н. Ковалева.

Главные размерения АПЛ пр.667 были следующими: длина наибольшая 129 , ширина корпуса 11,7 , осадка 7,9 м. Водоизмещение нормальное составляло 7760, полное —11500 м^3. Рабочая глубина погружения доходила до 320 м. Полная скорость подводного хода равнялась 28 уз [3].

АПЛ пр. 667А имела двухкорпусную конструкцию. Прочный корпус (ПК) изготавливался из высокопрочной стали и разде-

Проходная Амурского судостроительного завода

Вертикальный гибочный пресс-автомат

лялся водонепроницаемыми переборками на десять отсеков. Наружный корпус выполнялся из маломагнитной стали марки Ю3, бак железоводной защиты (ЖВЗ) — из двухслойной стали марки КД-5. Для снижения гидроакустической заметности АПЛ имела специальное покрытие.

Главная энергетическая установка (ГЭУ) номинальной мощностью 52 000 л. с. состояла из двух автономных энергетических установок левого и правого борта, каждая из которых включала: паропроизводящую установку (ППУ) с водоводяным атомным реактором ВМ-2-4 тепловой мощностью 90 МВт; паротурбинную установку (ПТУ) ОК-700 с главным турбозубчатым агрегатом ТЗА-635 и автономным турбогенератором мощностью 3000 кВт; систему автоматического и дистанционного управления, сигнализации и защиты.

Вспомогательная энергетическая установка служила для пуска и расхолаживания ГЭУ, а также для обеспечения резервного электродвижения в надводном и подводном положениях и состояла из аккумуляторной батареи, двух дизельгенераторов ДГ-460 мощностью по 460 кВт и двух гребных электродвигателей ПГ-153 по 225 кВт.

На этих АПЛ впервые применили электроэнергетическую систему (ЭЭС) переменного тока (380 В, 50 Гц), питавшуюся от автономных турбогенераторов, что повышало надежность и маневренность всей ЭЭС.

Ракетное вооружение АПЛ пр. 667А включало 16 баллистических ракет Р-27 комплекса Д-5. Пусковые установки ракет размещались в вертикальных стационарных шахтах, расположенных симметрично от ДП в два ряда по восемь шахт в IV и V отсеках. Ракеты принимались на АПЛ в полностью снаряжённом виде. Торпедное вооружение состояло из четырех торпедных аппаратов калибром 533 мм. Боезапас насчитывал 28 торпед. Управление ракетной и торпедной стрельбой осуществлялось с помощью боевой информационной управляющей системы (БИУС) МВУ-100.

Строительству первой АПЛ пр. 667А в Комсомольске-на-Амуре (головная строилась в ПО «Севмаш» в Северодвинске) предшествовала большая и глубокая проработка возможностей завода.

Так, ГСПИ «Союзпроектверфь» (в настоящее время в составе АО «ЦТСС») разработал мероприятия по реконструкции гидротехнических сооружений, так как из-за большой ширины и спусковой осадки АПЛ пр. 667А, при весьма ограниченной ширине выводных ворот и глубине доков эллинга «Б» использование понтонов для вывода новых АПЛ по воде исключалось. В результате на основании разработанных мероприятий вывод АПЛ из построечных доков было решено проводить «сухим» способом с последующим спуском их на воду с помощью плавучего транспортно-спускового дока (ТСД) пр. 1757 «Амур», устанавливаемого при выкатке АПЛ на опоры против любого из доков № 5, 6, 7 эллинга «Б».

Таким образом, для обеспечения постройки подводных лодок пр. 667А техническим проектом реконструкции завода планировалось осуществить целый ряд мероприятий как то: строительство подтележечных эстакад в доках эллингов «А» и «Б»; строительство судовозных путей между трансбордерной ямой и доками эллингов «А» и «Б»; изготовление трансбордера грузоподъемностью 1600 т для перемещения блоков из одного дока в другой; изготовление построечно-транспортировочного оборудования; строительство временного стапельного места для постройки ТСД; оборудование наливного бассейна с опорами и палами для установки ТСД; устройство на акватории завода котлованов для погружения ТСД и для проведения швартовных испытаний.

Постройку АПЛ пр. 667А планировалось вести четырёхблочным методом. При этом блоки собирались, испытывались и насыщались оборудованием в доках эллинга «А»

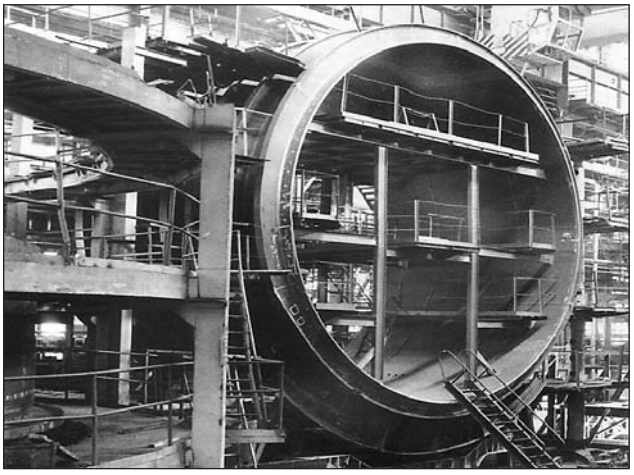
Высокопроизводительная трубогибочная линия в цехе

поточно-позиционным способом после чего выкатывались из дока на трансбордер, который перемещался по трансбордерной яме и устанавливался против любого из доков № 5, 6 или 7 эллинга «Б», затем блок по судовозным эстакадам подавался в этот док. После подачи в док полного комплекта блоков, необходимых для формирования корпуса, осуществлялись центровка, стыковка блоков и достройка АПЛ.

Однако при строительстве первой АПЛ (зав. № 151) из-за неготовности трансбордера и трансбордерных путей было решено использовать двухостровной метод постройки АПЛ. В этом случае предусматривалось, формирование корпуса корабля из двух крупных блоков — островов. Носовой остров (№12) включал 1-й и 2-й блоки, кормовой остров (№ 34) — 3-й и 4-й блоки. Блоки строились в построечном доке и попарно собирались в два острова, которые испытывались и насыщались всеми видами оборудования, механизмами, трубопроводами и т. п.

Формирование корпусов всех четырёх блоков осуществлялось из отдельных корпусных секций, поступавших из сварочного цеха № 26 (начальник цеха Ю. Г. Якушев) на железнодорожных платформах к преддоковым площадкам. Затем они подавались кранами в тот или иной док, где стыковались в блоки, которые собирались в острова № 12 и № 34.

По окончании достройки АПЛ под неё заводился судопоезд из 200-тонных тележек, и после монтажа системы его гидравлики лодка с помощью транспортно-тяговой системы по эстакадам перемещалась в ТСД, установленный на подводных опорах в наливном бассейне, где вместе с балками судопоезда пересаживалась на кильблоки, после чего судопоезд выкатывался из ТСД.

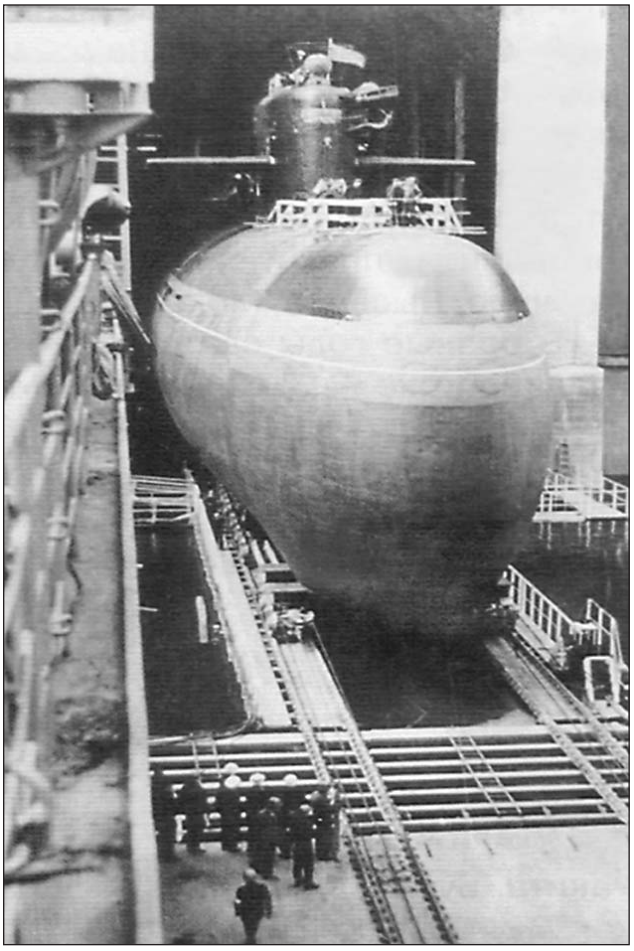


Корпусная секция

После наполнения наливного бассейна ТСД всплывал с опор и выводился через полушлюз в акваторию завода, где погружался для вывода АПЛ. Окончательная достройка лодки и проведение швартовных испытаний осуществлялись у заводского достроечного пирса.

Кроме реконструкции гидротехнических сооружений завода было предусмотрено строительство новых объектов: блока достроечных цехов, механического цеха оснастки (№ 18), блока в составе физического стенда, участка дефектоскопии и мастерских наладки и ремонта КИП и автоматики; участков испытания арматуры, баллонов ВВД и компрессорной станции; участков агрегатирования ППУ; формирования активной зоны реактора; участка подготовки ракетных шахт; участка подготовки материалов специального покрытия; станции безобмоточного размагничивания (СБР) на сдаточной базе; плавучей котельной установки. Все эти работы выполнялись стройтрестом № 6 и его контрагентами под наблюдением заводского отдела капитального строительства.

Таким образом, за 1966—1970 гг. на заводе был создан комплекс инженерно-технических сооружений и новых производств, позволявший осуществлять постройку, спуск на воду, испытания, транспортировку АПЛ пр. 667А и перспективных подводных лодок.



Вывод из строительного дока первой АПЛ проекта 667А

Подготовку производства к постройке новых технически сложных АПЛ стратегического назначения проекта 667А завод осуществлял в условиях выполнения напряжённого производственного плана. Достаточно сказать, что в 1966 г. на заводе в постройке находились семь АПЛ пр. 675, четыре ПЛ пр. 690, шесть ледокольно-транспортных судов пр. 550, плавучая база перезарядки атомных реакторов пр. 326, судоподъёмный понтон пр. 29, и на переоборудовании и модернизации (по проекту 659Т) стояла еще одна АПЛ пр. 659.

Чертежи по машиностроительной части АПЛ пр. 667А стали поступать на завод в I квартале 1966 г. тогда же начались и работы на плазе. В июне началась обработка металла ПК в корпусообрабатывающем

Транспортировка АПЛ в ТСД «Амур»

цехе № 1 и, в основном, завершилась в июле 1967 г., то есть за 1 год и 2 мес (нач. цеха В. А. Векшин, мастера В. А. Воробьёв, Г. Н. Денисенко, А. Л. Заруцкий, М. Тихонов). В августе 1966 г. приступили к изготовлению подсекций и секций ПК. Работы проводились в сварочном цехе № 26. В сентябре развернулись работы по изготовлению секций лёгкого корпуса (ЛК) в цехе предварительной сборки № 16. В III квартале 1966 г. в цехе № 1 были изготовлены детали корпусов шахт ракетного комплекса и комплектно переданы в цех № 16, где на специализированном участке до конца II квартала 1967 г. велись работы по сборке и сварке узлов и блоков ракетных шахт.

В 1967 г. в цехах № 16 (нач. цеха А. М. Крючков) и № 26 (нач. цеха Ю. Г. Якушев) велись работы по изготовлению подсекций и секций прочного и лёгкого корпусов АПЛ, а также по изготовлению узлов и блоков ракетных шахт (нач. участка В. И. Ключников, бригады И. И. Хамзина, В. В. Смирнова, Ф. П. Сергиенко, проверочные работы — мастер А. Е. Просин). В III квартале кормовая оконечность ЛК была сформирована, состыкована и приварена к ПК кормового острова, гидравлические испытания которого состоялись 17 октября. После этого были вскрыты съёмные листы над 7—10-ми отсеками для погрузки механизмов.

В ноябре — декабре 1967 г. работники цехов № 17, 5 и треста «Союзнефтеизоляция» нанесли тепловую изоляцию на ПК и облицевали фундаменты в энергетических отсеках. Турбинные отсеки были готовы к погрузке механизмов. Развернулся фронт монтажных работ.

Со смещением на 5—6 мес начались работы по изготовлению ПК носового острова, что позволило в IV квартале 1967 г. сформировать на стапеле секции и часть блок-секций ПК обоих блоков № 1и 2. Работы по формированию блоков и островов ПК в стапельном цехе № 17 (нач. цеха И. Д. Дмитриенко) выполнялись рабочими коллективами старших мастеров Ю. Н. Зайцева, В. А. Медведева, В. И. Гулевича, А. П. Анчутина, А. Г. Колесникова, Ю. И. Сажина и др.

К ноябрю были изготовлены и испытаны баки ЖВЗ ППУ (ст. мастер спец. участка Е. С. Левин, мастера по сборке Ю. И. Карпенко, А. В. Прудников, В. Н. Шульгин, мастера по сварке А. И. Бирюков, В. М. Евченко и др.). 2 декабря началось формирование кормового агрегата ППУ. В кормовой бак ЖВЗ были погружены корпус атомного реактора, парогенераторы, циркуляционные насосы I контура, компенсаторы объёма и др. Работу выполняли монтажники бригад В. И. Геранина, Красненкова, В. М. Кузнецова, В. И. Дударова (мастера В. Б. Шалагин, Г. П. Пшик, В. П. Спиридонов, нач. участка цеха № 19 Р. А. Алиев). Установку сборок системы управления и защиты реактора выполнили монтажники бригады В. С. Кошкина (мастера В. С. Виноградов, А. Н. Штепа). Были изготовлены и установлены трубопроводы кормового агрегата ППУ трубоделами цеха № 2 (нач. участка В. С. Михайлов, мастер Г. Г. Намохонов, бригады А. И. Панова, Д. Т. Шкутова, сварщики В. Г. Решетник, В. П. Кривохижа и др.)

В январе 1968 г. было закончено формирование блок-секций ПК и секций прочных цистерн носового острова на стапеле. В конце января погрузили на корабль по частям главный турбозубчатый агрегат (ГТЗА) и валы главных валопроводов, и начался их монтаж. При монтаже ГТЗА и автономного турбогенератора впервые применили амортизаторы для снижения шумности АПЛ.

В феврале окончены работы по изготовлению секций ЛК. 17 февраля проведены гидравлические испытания ПК носового острова (ст. мастера В. А. Медведев, В. И. Гулевич, мастер В. А. Бобрович и др.).

23 февраля состоялась торжественная закладка первой АПЛ пр. 667А (зав. № 151). Главным строителем лодки был М. С. Шахмейстер, старшим строителем — В.Б.Антонов. Строителями по заведованию В. П. Базякин, А. Г. Боликов, Г. Д. Зацерман, П. В. Костюк, Г. С. Нетованный, И. М. Попов, В. М. Якушкин, Т. Н. Ягайлов. Техническая готовность корабля к этому времени составляла около 48,5%.

19 марта готовый кормовой агрегат ППУ погрузили в реакторный отсек. 12 апреля погрузили и носовой агрегат ППУ. Параллельно развернулись основные монтажные работы по энергетической части и вооружению. 25 апреля 1968 г. состоялась сдвижка носового и кормового островов ПК, и через месяц завершилась сварка монтажного стыка (нач. участка В. А. Крюков). После погрузки агрегатов ППУ в 7-м отсеке продолжались монтажные работы. Были установлены насосы III и IV контуров, теплообменник III контура, компрессор системы вакуумирования и др. Кроме ранее названных в 7-м отсеке работали ст. мастера В. Я. Шевченко, Г. П. Кокотов, мастера А. И. Розенберг, В. В. Выцех, монтажники А. М. Злобин, Ю. Н. Донцов, В. Н. Сахарных, А. Ф. Король и др., трубомедники цеха № 2 Н. В. Проскурнев, А. Д. Поляков, И. Ф. Черепанов, Г. Т. Родькин и др., мастера И. А. Нестеров, И. А. Мещеров, А. Ф. Иванова, ст. мастера А. М. Хохлов, Ю. Н. Евдокимов и др. Им помогали отсечные конструкторы — А. Л. Кузнецов, Е. В. Вергунов, конструкторы — В. М. Горбонос, А. А. Босов, технолог — нач. бюро И. О. Ворончихин.

Несмотря на задержки с поставками отдельных механизмов, монтаж оборудования в 8-м и 9-м отсеках закончился 23 сентября 1968 г.

Монтаж ГТЗА и АТГ выполняли монтажники бригад В. И. Кудимова, И. Г. Шарапова, П Ф. Ивахненко участка мастера Л. Е. Фурмана. Монтаж валопроводов вели монтажники бригад А. С. Шишова, Г. Д. Малкова, П. М. Сысоева, П. Корнева участков мастеров А. И. Вахнова и В. И. Усова.

С началом монтажа ГТЗА еще в январе 1968 г. цехом № 2 совместно с конструкторским отделом (КО) завода началось шаблонирование труб в 7-м и 8-м отсеках (ст. мастер В. Г. Шестаков, мастера А. А. Сафонов, В. М. Игнатенко, И. И. Смирнов, бригадиры: Н. П. Кузнецов, Ю. А. Пуртов, В. М. Макаров, И. Я. Нечаев, Г. А. Барышников и др.).

Руководили работами по монтажу главных механизмов (ГТЗА, АТГ и валопроводов) нач. участка цеха № 19 М. Г. Онипко, а по монтажу систем и вспомогательных механизмов — ст. мастер Ф. Х. Шапиро.

Отсечными конструкторами были И. А. Крестинин, А. А. Чащин, В. М. Долин, А. И. Поляков, руководили группой В. М. Ермаков, Л. И. Гофман, нач. бюро Н. Н. Мухарямов, нач. бюро Г. Я. Плохих.

Монтаж ракетного оружия осуществлял участок старшего мастера Г. С. Рыкова, мастеров Ю. А. Алёшина, Ж. С. Белякова, В. В. Тюменцева, А. А. Тюко и др. Изготовлением и монтажом систем занимались мастера цеха № 2: В. А. Илюшкин, А. И. Смакотин, А. А. Марусов, А. П. Мишин, И. В. Марышев, нач. цеха № 2 Ю. Г. Чернов.

Монтаж малогабаритных торпедных аппаратов МГТА-40 шёл с опережением и был закончен в мае 1968 г. (ст. мастер А. М. Цверкун, бригада А. М. Мирсанова, начальники бюро конструкторского и технологического отделов — А. М. Неумоин, В. К. Ханов).

26 апреля 1969 г. был завершен монтаж приборов гидроакустического комплекса МГК-100. Все электромонтажные работы вели бригады Амурского предприятия (АП) «Эра».

Наступил 1969 г. — год сдачи первой АПЛ пр. 667А (зав. № 151).К моменту ее вывода из построечного дока был сдан в эксплуатацию головной ТСД пр. 1757 «Амур» (главный строитель В. А. Белькевич, ответственный сдатчик Н. Н. Малютин).

В море на ходовых испытаниях

17 марта закончили длившийся с января 1968 г. монтаж главных валопроводов ГЭУ правого и левого бортов. 13 июня сдачей системы вентиляции и кондиционирования воздуха лодки (нач. участка В. Н. Костычев, ст. мастер Н. К. Маркин, мастера Н. К. Негодяев, Л. З. Хавинсон и др.) завершились работы по монтажу общесудовых систем. В апреле, мае и июне проводился монтаж оборудования в реакторном отсеке с погрузкой на лодку активных зон атомных реакторов. Заканчивался монтаж трубопроводов систем турбинных отсеков.

За день до вывода лодки из построечного дока окончили нанесение специального покрытия на ее корпус (ст. мастер Н.Ф. Олейник), окрасили подводную часть корпуса, ограждение рубки, надстройку, проницаемые части и цистерны главного балласта (нач. цеха № 5 В. С. Болотин). Были закрыты в итоге 183 построечных удостоверения (из 222) и 67 построечных актов (из 73). После этого первая АПЛ пр. 667А была готова к спуску на воду.

14 июня 1969 г. в торжественной обстановке в присутствии представителей ВМФ, МСП, ЦКБ «Рубин», руководителей края и города АПЛ вывели из построечного дока № 5 эллинга «Б» и поставили в плавучий ТСД «Амур», который отбуксировали из наливного бассейна через полушлюз в Силинское озеро, где лодку спустили на воду и 23 июня пришвартовали к достроечному пирсу завода.

Швартовные испытания начались 7 июля. Они прошли организованно, согласно графику, хотя совмещались с достроечными работами, в том числе и с первичной окраской внутренних помещений лодки.

15 августа была назначена комиссия во главе с главным инженером завода Г. Г. Пуляевским для определения готовности АПЛ к комплексным швартовным испытаниям (КШИ) ГЭУ. 20 августа назначены ответственные лица за обеспечение проведения КШИ и представлено расписание сдаточной команды по вахтам.

26 августа начались КШИ ГЭУ с использованием пара от работающей паропроизводящей установки лодки. Они закончились 4 сентября и после расхолаживания ППУ лодку завели в ТСД «Амур».

С 1 по 12 сентября комиссии проверили готовность АПЛ и ТСД «Амур» к переходу на сдаточную базу. Тогда же 12 сентября приказом директора завода был определён состав сдаточной команды для проведения ходовых испытаний АПЛ.

По реке Амур лодка следовала в ТСД , но по Японскому морю до сдаточной базы в пос. Большой Камень Приморского края пошла уже своим ходом в сопровождении кораблей КТОФ.

На следующий день по прибытию в Большой Камень лодку поставили на 15 дней на стенд СБР, после чего 19 октября она вышла в море на заводские ходовые испытания, завершившиеся 29 октября.

1 ноября АПЛ, получившая литерно-цифровое обозначений «К-399» была предъявлена на государственные испытания, которые начались 3 ноября. В период с 15 по 19 ноября провели погрузку ракет и торпед, параллельно устранив ряд выявленных замечаний. После этого

в море были проведены ракетные и торпедные стрельбы, а также проверена материальная часть, с устранением имевшихся замечаний.

26 ноября «К-399» вернулась на рейд сдаточной базы для контрольного обмера магнитного поля на стенде СБР. После чего были проведены проверки комплекса ракетного оружия.

С 30 ноября лодка продолжила государственные испытания в море, завершив их 2 декабря. После возвращения на сдаточную базу на лодке приступили к ревизии механизмов и устройств.

С 13 по 15 декабря состоялся контрольный выход в море, после чего 24 декабря 1969 г. был подписан приёмный акт ракетного подводного крейсера стратегического назначения (РПКСН) «К-399», зав. № 151, пр. 667А . Таким образом, продолжительность постройки АПЛ со дня закладки и до подписания приёмного акта составила 1 год 10 мес и 1 день, а с момента начала изготовления изделий машиностроения — 3 года 9 мес и 3 дня. Сдаточным капитаном был командир РПКСН «К-399» капитан 1-го ранга А. П. Катышев, ответственным сдатчиком — В. Б. Антонов, сдаточным механиком — старший мастер Ф. Х. Шапиро, начальником испытательной группы ОТК — ведущий контрольный мастер Я.А. Капцан. В состав сдаточной команды входили: операторы пульта ГЭУ М. Ф. Фочкин, А. А. Ситников; ст. механик по управлению системой «Вольфрам» В. Н. Арсентьев; механик ракетного комплекса Ю. А. Алёшин, механик торпедного оружия А. М. Цверкун, механик ППУ А. И. Розенберг, механик ПТУ Е. А. Марченко, по автоматике В. Н. Прусов, трюмный механик М. О. Энинберг и их дублёры. Главные старшины трюмных Ф. М. Гребеюк и Н. С. Калинин, старшины: по РО В. И. Чистяков, М. Я. Андреев, по ТА А .М. Мирсанов, по ППУ А. М. Злобин, В. Г. Чуриков, Ю. Н. Донцов, В. Н. Сахарных, по ПТУ И. Г. Шарапов, М. С. Разумий, И. К. Гранкин, П. Ф. Ивахненко, В. П. Кундин, Г. Н. Романов, старшины трюмных — Е. М. Трутнев, П. Г. Гутченко, М. Е. Легошин, по системе погружения и всплытия — В. П. Кривошеев, по бытовым системам — М. М. Автейкин, И. П. Анцыгин, по системам: ВВД — А. П. Филатов, гидравлики — В. Д. Мищенко, вентиляции — В. И. Евсеев, по рулевым устройствам — Ю. Ф. Сюсин, по подъёмно-мачтовым устройствам — А. И. Солодовников, по ДГ — Н. И. Плешивцев, по ЭРВ — В. А. Киркин.

От АП «ЭРА» испытания АПЛ обеспечивали ответственный сдатчик Ю. К. Гейнаров, его заместитель Ю. Г. Махов, Г. Е. Моисеенко, В. С. Матарыкин, старшины — Г. Е. Овсянников, Ю. П. Царёв. Техническое сопровождение вели зам. начальника КО Л. Г. Барановский, начальник бюро КО Н. А. Гриднев. 548 ВП МО представлял ведущий военпред — инженер-капитан 2-го ранга М. Б. Дубов.

Сдача флоту первой АПЛ пр. 667А стала крупной победой коллектива завода, который, несмотря на трудности в освоении нового проекта АПЛ второго поколения, сумел наверстать упущенное время и в рекордно короткий срок организованно провести все испытания лодки и сдать её ВМФ в срок, назначенный Государственным планом.

Литература

1. Флот с Амурских стапелей: Энциклопедия кораблестроения на Амуре: 1936—2006 годы /Ю. Н. Зайцев, А. Я. Звиняцкий, В. В. Косарева, А. М. Плюснина, Ю. В. Шатурин. Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости», 2006.
2. *Деев А. Т.* Трижды орденоносный//Технология судостроения. 1977. № 6.
3. *Ильин В. Е.* Подводные лодки России: Иллюстрированный справочник /В.Е. Ильин, А.И. Колесников. М.: ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2001.

АВИАНОСЦЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ВМС ВЕЛИКОБРИТАНИИ[1]

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

УДК 623.822.7

Главная энергетическая установка. АВ типа «Queen Elizabeth» оснащены двухвальными ГЭУ суммарной мощностью на валах 108 769 л. с. (80 МВт), которые обеспечивают кораблю скорость полного хода 26 уз. Бронзовые пятилопастные гребные винты (ГВ) фиксированного шага имеют диаметр 6,7 м, массу 33 т. По последним данным, запасы корабельного топлива рассчитаны на дальность плавания 7000 мор. миль при скорости хода 12 уз (прежде указывались 10 000 мор. миль при скорости 15 уз). По некоторым данным, суммарные запасы корабельного и авиационного топлива составляют 8600 т.

Главная особенность АВ типа «Queen Elizabeth» — применение общей электроэнергетической системы (ЭЭС) IFEP — Integrated Full Electric Propulsion с параметрами 11 кВ, 60 Гц, обеспечивающей корабль полным электродвижением. Система разработана филиалом компании Converteam (Великобритания).

В качестве основных источников электроэнергии использованы два электрогенератора с газотурбинными приводами (ГТГ) и выходной мощностью (на клеммах генератора) по 35 МВт каждый, в качестве дополнительных — 2×11,3 МВт 16-цилиндровых ДГ Wartsila 16V38и 2×8,5 МВт 12-цилиндровых ДГ Wartsila 12V38. Предусмотрены также 2×2,0 МВт резервных ДГ.

В состав системы входят четыре главных распределительных щита (ГРЩ), каждый из которых питается либо парой ДГ, либо одним ГТГ. Применённая коммутационная схема позволяет запитывать нагрузку от любой генераторной установки.

Использование полного электродвижения в надводном кораблестроении имеет очевидные преимущества, обеспечивая:

— **меньшую шумность** благодаря исключению из состава ГЭУ виброактивного редуктора, исключению механической связи между первичным источником энергии (тепловым двигателем) и движителем (гребным винтом);

— **повышенную манёвренность** благодаря простым операциям по реверсу ГЭД, управлению его часто-

[1] Окончание. Начало см.: «Судостроение». 2016. № 2.

Компьютерная визуализация полётной палубы

Гребной винт АВ «Queen Elizabeth»

той вращения на переднем и заднем ходу, обеспечению номинальной мощности при реверсе;

— **большую живучесть** вследствие исключения из конструкции зубчатых редукторных передач, сокращения длин гребных валов или полного их исключения (забортное исполнение ГЭД) наряду с гибкостью и модульным принципом конструирования электрооборудования, что позволяет повысить его надежность и обеспечить возможность быстрого изменения конфигурации жизненно важных систем и, в конечном итоге, способствовать повышению живучести корабля в целом;

— **эксплуатационную гибкость и надежность.** В соответствии с концепцией корабельной электростанции (Power Station) вся электроэнергия, необходимая для работы ГЭУ, общекорабельных систем и систем и комплексов оружия, РЭВ и АСУ, будет вырабатываться комплексом первичных источников энергии. Такой подход обеспечит гибкое перераспределение энергии между средствами движения и остальными потребителями, что невозможно для корабля с механическим приводом. Кроме того, при использовании ЭЭС повышаются ходовые качества АВ, что обеспечивает большую возможность управления скоростью хода, отказ от использования ГВ с регулируемым шагом и возвращение к применению более надежных ГВ с фиксированным шагом;

— **повышение адаптивности.** Интеграция энергетической и пропульсивной систем обеспечит гибкость обслуживания всех потребителей электроэнергии, в том числе таких, как система кондиционирования воздуха, средства спуска и подъема на борт плавсредств и водолазных скафандров, перспективные радиоэлектронные средства большой мощности и электрические боевые средства и т. д.;

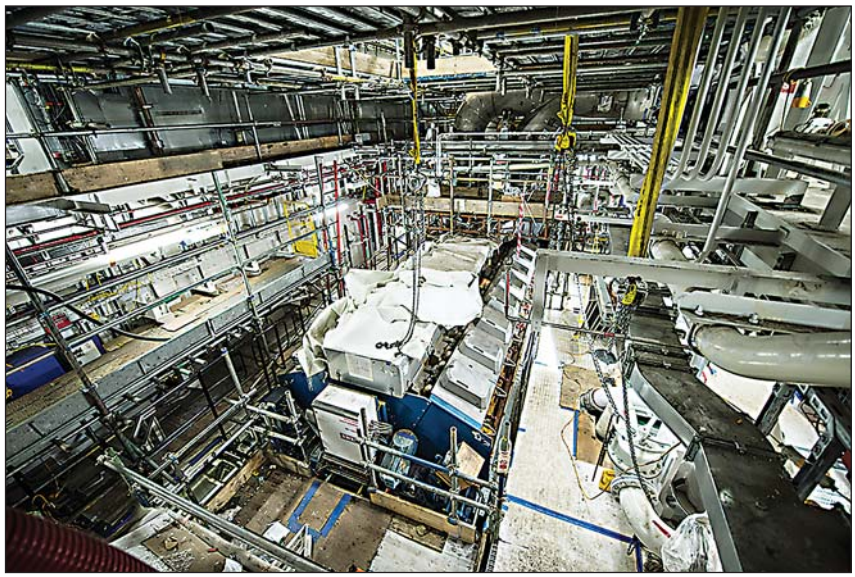
— **высвобождение площадей.** Исключение редукторных передач и сокращение или исключение линий ГВ внутри корпуса корабля освобождает место для размещения других средств в наиболее целесообразных конфигурациях. Кроме того, в связи с тем, что первичные источники энергии не связаны механически с ГЭД, они могут быть размещены на корабле в наиболее удобных местах, вплоть до надстройки;

— **сокращение численности экипажа.** Внедрение цифрового управления и автоматизации, являющихся неотъемлемыми элементами электрификации корабля, позволит снизить потребность в операторах (например, в машинных отделениях);

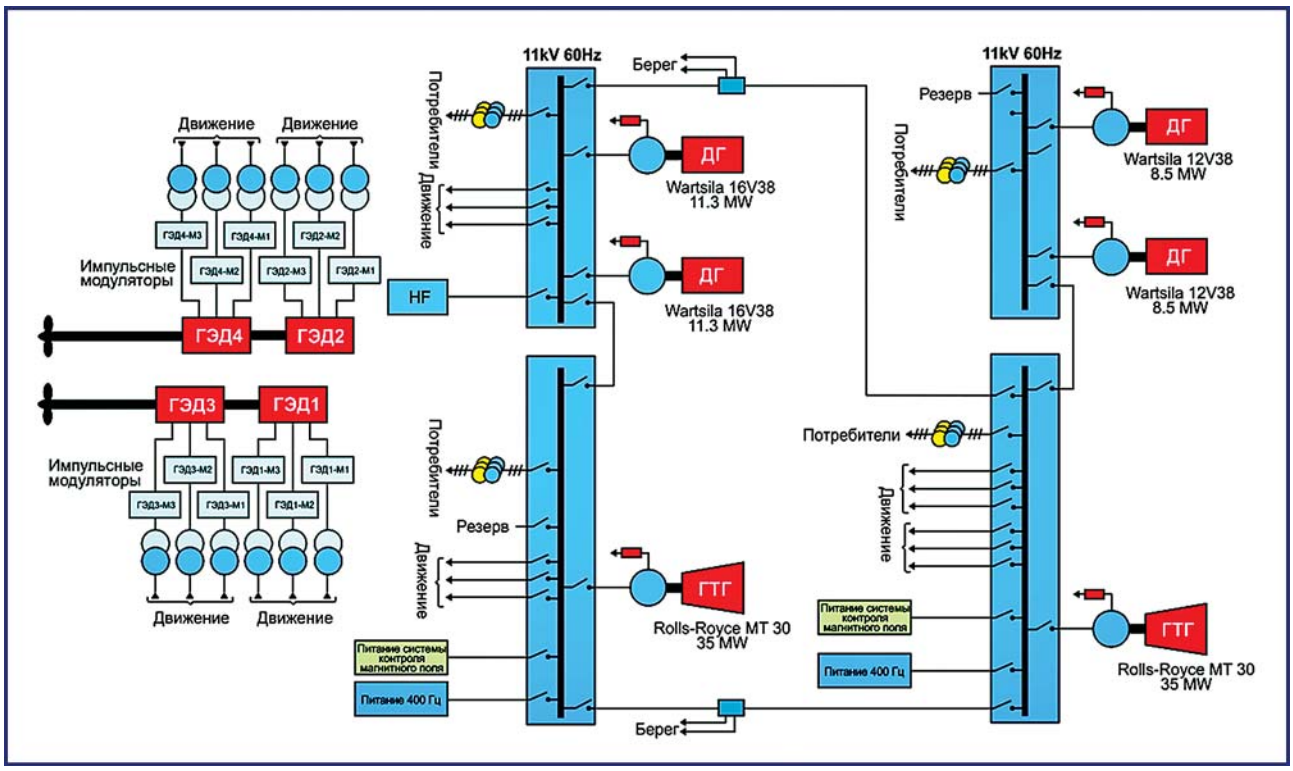
— **сокращение материально-технического обслуживания,** поскольку стандартизация энергетических и движительных модулей даст возможность их использования на кораблях различных классов и типов;

— **снижение затрат** при строительстве и модернизации АВ благодаря использованию электроприводов, их элементов и подсистем, выполненных по коммерческим технологиям;

— **снижение стоимости жизненного цикла** вследствие экономии топлива. Общий КПД по топливу может



Машинное отделение АВ типа «Queen Elizabeth» в процессе постройки



Функциональная схема ГЭУ и ЭЭС (резервные ДГ не показаны)

быть повышен только в том случае, если корабль способен изменять скорость хода строго в соответствии с потребностями выполняемой задачи, а это может быть обеспечено лишь при оснащении корабля электроприводом.

Специально для АВ типа «Queen Elizabeth» фирма Rolls-Royce разработала газотурбинную установку (ГТУ) MT 30, в которой использованы инновационные технологии авиационного двигателестроения. Преимущества ГТУ заключаются в относительно низком удельном расходе топлива (0,207 кг/(кВт·ч) при температуре атмосферного воздуха 26 °С) и соответственно высоком КПД — более 0,4; блочно-модульном исполнении, обеспечивающем лёгкий и быстрый монтаж и демонтаж, а также замену изделий в процессе ремонта АВ; большом ресурсе (1500 ч) и ускоренной (в случае необходимости) замене турбин в блоках ГТУ (36—48 ч); высокой степени сгорания топлива благодаря применению кольцевой камеры сгорания авиационного типа с высокой экологичностью выхлопных газов, соответствующих всем современным требованиям; повышенной звукоизоляции; наличии автономной автоматизированной системы пожаротушения; минимальной численности обслуживающего персонала (техническое обслуживание сводится к периодической проверке уровня топлива в расходной цистерне и визуальному осмотру); отсутствии ограничений по перезапуску и необходимости обслуживания после остановки ГТУ; сокращенном объёме регламентных работ в период рабочего цикла (не превышает 2 чел-ч в неделю).

В состав нагрузки ЭЭС IFEP входят: 4×20 МВт прямодействующих индукционных ГЭД (AIM — Advanced Induction Motor) фирмы Converteam, размещённых эшелонно по два на каждой линии вала. Каждый ГЭД на линии вала может работать как одиночно, так и вместе с другим; корабельные механизмы (ток стандартной частоты 60 Гц и повышенной — 400 Гц); РЛС большой дальности действия S1850M разработки фирм BAE Systems Insyte и Thales; РЛС средней дальности ARTISAN 3D разработки фирм BAE Systems Insyte, QinetiQ и Roke Manor Research.

Питание ГЭД осуществляется от трех конвертеров VDM 25000 широтно-импульсной модуляцией Pulse — Width Modulation и обеспечивает регулировку мощности исполнительного механизма в расширенном диапазоне, что позволяет отказаться от редуктора традиционных пропульсивных установок.

Управление ГЭУ и корабельными техническими средствами осуществляется АСУ (Platform Management System), разработанной канадской компанией L-3 Communications.

Оружие и радиоэлектронное вооружение. Помимо «ударной силы» (самолёты, вертолёты) АВ имеют средства самообороны, в число которых входят три 20-мм скорострельных зенитных артиллерийских комплекса (ЗАК) «Vulcan Phalanx» Block 1B и четыре 30-мм скорострельные артиллерийские установки (АУ), а также система противоторпедной защиты (ПТЗ) Type 2170 (SLQ-25A), разработанная фирмой Ultra Electronics Holdings. Другое название системы ПТЗ — SSTD 2170 (Surface Ship Torpedo Defence), или S 2170.

Система представляет собой буксируемые на волоконно-оптическом кабеле длиной 600 м протяжённые активную и пассивную гидроакустические антенны, которые отстоят друг от друга на расстоянии 100 м, а также выстреливаемые пневматически из двух расположенных побортно восьмитрубных пусковых устройств калибра 123 мм приборы гидроакустического про-

тиводействия. Максимальная дальность стрельбы 40 м, начало работы — через 10 с после отстрела.

В состав РЭВ АВ «Queen Elizabeth» входят: РЛС освещения воздушной обстановки S1850M, освещения воздушной и надводной обстановки Type 977 ARTISAN 3D, навигационная РЛС Sperry Marine VisionMaste и ответчик «свой—чужой».

Многолучевая РЛС S1850M с вращающейся антенной работает в диапазоне частот D (1—2 ГГц), обеспечивая автоматическое обнаружение целей на расстоянии до 400 км, одновременное сопровождение до 1000 целей, угол обзора в вертикальной плоскости 70°. Площадь антенны — 32 м^2, она установлена на носовой островной надстройке на высоте 27 м от ПП и 50 м над уровнем ватерлинии.

РЛС средней дальности ARTISAN 3D также имеет вращающуюся антенну, которая размещена на кормовой островной надстройке. По словам разработчиков, способна обнаруживать цели «размером с теннисный мячик, летящие со скоростью 3200 км/ч на расстоянии более 26 км». Её диапазон обнаружения 0,2—200 км, самолётов — свыше 185 км, ракет — более 50 км, угол обзора в вертикальной плоскости 70°. Она отличается высокими эксплуатационными показателями: может работать в плотной среде сигналов, эквивалентных 10 000 сигналов мобильной связи стандарта GSM.

Навигационная РЛС VisionMaster FT компании Sperry Marine использует сложную функцию автоматического подавления помех, что позволяет идентифицировать малые слабые цели в море во время дождя или при прохождении судна вблизи островов. Эта РЛС обеспечивает контроль навигационной обстановки на высоком уровне и соответственно высокую безопасность мореплавания.

Системы опознавания «свой—чужой» выпускаются фирмой Selex Communications.

АВ типа «Queen Elizabeth» имеют высокую степень автоматизации. Для сравнения: водоизмещение АВ «Queen Elizabeth» ВМС Великобритании в 1,6 раза меньше, чем у АВ «George H W Bush» ВМС США постройки 2009 г., а экипаж меньше в 3,4 раза.

Для АВ «Queen Elizabeth» впервые в мировой практике военного кораблестроения создана высокоавтоматизированная система тяговой транспортировки оружия HMWHS (Highly Mechanised Weapon Handling System) из арсеналов к местам погрузки на ЛА. Разработчик и производитель системы — корпорация Babcock. Система основана на коммерческой технологии автоматизации складирования и использует рельсовые тележки, именуемые «кротами». В общей сложности задействовано 26 «кротов», что, по расчётам, обеспечит быструю и правильную поставку вооружений.

Арсеналы АВ типа «Queen Elizabeth» необитаемые, все «кроты» управляются централизованно. Люди присутствуют только в местах хранения и подготовки оружия к использованию. Примененяется два базовых вида «кротов»: перемещающихся в продольной и в поперечной плоскости. «Кроты» для подъема и укладки оружия и других грузов могут передавать грузы между собой в пределах определённых для них областей, выбирать необходимые грузы в любом месте и доставлять их на палубу. Это позволяет значительно сократить численность обслуживающего персонала.

Технология строительства. Особо следует отметить организацию процесса строительство АВ типа «Queen Elizabeth» секционно-блочным (по английской терминологии) методом (в кораблестроении США этот метод называется модульным). Суть метода заключается в изготовлении на различных предприятиях или в различных цехах одного предприятия секций, сборке из секций блоков, транспортировке блоков и некоторых секций на стапель, где из них формируется корабль. Блоки в цехах предприятия-изготовителя максимально возможно насыщаются оборудованием, что упрощает дальнейшее строительство, сокращает трудозатраты и сроки. Другое преимущество метода — упрощение модернизационных и ремонтных работ, поскольку возможно менять блоки целиком. В то же время сложность такого строительства определяется необходимостью жёсткого (с минимальными допусками) соблюдения кораблестроительных стандартов — все задействованные предприятия должны строжайше соблюдать эти стандарты и обеспечивать высокое качество работ.

В строительстве АВ заняты шесть главных верфей: две верфи фирмы Babcock, две — фирмы BAE Systems, одна — фирмы A&P Tyne и одна - Cammell Laird Shiprepairers & Shipbuilders Limited (табл. 1). Изготовленные ими секции и блоки, в том числе «суперблоки» (табл. 2), морским путём на баржах доставляются в док верфи-сборщика (Babcock Rosyth Dockyard), где стыкуются с корпусом корабля.

Корпусные блоки LB02, LB03 и LB04 (их часто называют «суперблоками») доставляются в акваторию верфи-строителя на барже, спускаются на воду и вводятся в док сборки на плаву. Все остальные корпусные конструкции, в том числе блоки UB07 и UB14 (острова), перемещаются с баржи в док сборки грузо-

Таблица 1

Верфи, занятые строительством и сборкой корпусов АВ типа «Queen Elizabeth»

Корпусные конструкции	Верфь-строитель	Верфь-сборщик
Секции носового блока LB01 (бульб, средняя и верхняя секции)	Babcock Marine Appledore	Babcock Rosyth Dockyard
Секции кормового блока LB05 (LB05U и LB05T)	BAE Systems Portsmouth	
Средний блок LB02 и остров UB07	BAE Systems Portsmouth	
Блоки ПП CB03	A&P Tyne	
Блоки ПП CB02, CB04 и трамплин	Cammell Laird Shiprepairers & Shipbuilders Ltd	
Спонсоны (кроме SP04 и SP11)	Babcock Rosyth Dockyard	
Спонсоны SP04 и SP11	Babcock Marine Appledore	
Средние блоки LB03 и LB04, кормовой остров UB14	BAE Systems Clyde	
Кормовой блок LB05	BAE Systems Portsmouth	Babcock Rosyth Dockyard
Сборка корпуса АВ в целом	—	

вым краном. Корпусные блоки LB01 и LB05 собираются непосредственно в доке: LB01 — из трёх секций, изготовленных верфью Babcock Marine Appledore, а LB05 — из двух секций (LB05U и LB05T), изготовленных верфью BAE Systems Portsmouth.

Подробное описание последовательности строительства (сборки корпуса) в зарубежной литературе не приводится. Тем не менее этот процесс представляет несомненный интерес для специалистов, непосредственно занимающихся проектированием и строительством крупных боевых кораблей и гражданских судов. Ниже приводится воссозданная авторами настоящей статьи процедура сборки корпуса в доке № 1 верфи-сборщика Babcock Rosyth Dockyard.В основу описания положен анализ многочисленных открытых фотографий и рисунков, а также видеоматериалов, размещённых в сети Интернет,и комментариев к ним.

Сборка корпуса АВ осуществляется в три этапа:

Этап 1 (Cycle A). В док на плаву вводится средний корпусный блок LB03, док осушается. К LB03 последовательно пристыковываются центральные блоки CB03a, CB03b, CB03c и спонсоны SP03, SP04, CB03d, SP05, а также первая и вторая (носовая — fwd и кормовая — aft) секции спонсона SP06. Полученная конструкция образует «суперблок 03» (Super Block 03).

Этап 2 (Assembly Cycle B). Док затопляется, суперблок 03 выводится в акваторию верфи, в док вводится средний корпусный блок LB 02, а затем вновь суперблок 03. Док осушается. К блоку LB 02 пристыковывается секция CB02e центрального блока CB02. Полученная конструкция стыкуется с суперблоком 03 (стягиваются гидравлическими домкратами и свариваются), устанавливается спонсон SP03. К блоку LB 02 подводится краном и пристыковывается нижняя секция блока LB01 (секция носового бульба). Устанавливаются секции центрального блока CB02d, CB02c, подъёмная площадка носового лифта, секции центрального блока CB02b и CB02a, спонсон SP02, носовая и кормовая донные части (площадки) спонсона SP01 — SP01 fwd и SP01 aft.На кормовой донной части спонсона SP01(SP01aft) размещается модуль носового ГТГ, затем устанавливаются вторые части спонсона SP01 (таким образом, носовой ГТГ находится внутри спонсона SP01).

Таблица 2

Массогабаритные характеристики корпусных блоков АВ

Блоки	Габариты блока, м			Транспортная масса, т
	Длина	Высота	Максимальная ширина	
LB01	31	30,4	54,8	•
LB02	70	19,0		Свыше 6000
LB03	65	24,3		11500
LB04	88	24,3		11000
LB05	29	13,7		•
UB07	•	•	•	680
UB14	•	•	•	750

Далее устанавливаются средняя и верхняя части корпусного блока LB01, трамплин, затем блок UB07 (носовой остров без фок-мачты и антенны РЛС). Док заполняется водой, в него вводится корпусный блок LB04, док осушается. На корпусный блок LB04 устанавливается секция центрального блока CB04a, полученная конструкция стыкуется с суперблоком 03. Устанавливаются секции CB04b и донные части спонсона SP07 (fwd и aft), на кормовой донной части спонсона SP07 монтируется модуль кормового ГТГ, затем устанавливаются верхние части спонсона SP07 (кормовой ГТГ находится внутри кормовой части спонсона SP07 —в SP07 aft).

Этап 3 (Cycle C). Поочерёдно доставляются краном (без затопления дока) и пристыковываются к корпусному блоку LB04 две секции кормового корпусного блока LB05 — LB05U (рулевой блок) и LB05T. Далее ставятся секция CB04c, носовая и кормовая части спонсона SP08. На носовой остров (UB07) устанавливается фок-мачта, на ней монтируется антенна РЛС. Далее устанавливается кормовой остров UB14 без застеклённой секции поста оператора управления взлётом — посадкой ЛА, затем секция CB04d, секции CB05b, CB05a, SP09, CB06, носовая и кормовая части спонсона SP10, затем спонсоны SP11 иSP12.

На этом заканчивается стыковка корпуса АВ. Док заполняется водой, и АВ переводится к достроечной стенке верфи-строителя.

Изготовление и монтаж корпусных конструкций, выполняемые перечисленными выше верфями, составляют 60% работ по строительству АВ. Остальные 40% работ распределены между подрядчиками, не входящими в альянс: BAE Systems Insyte (Великобритания) — интегрированные АСБУ (автоматизированная система боевого управления); L-3 Communications (США) — АСУ ТС (автоматизированная система управления техническими средствами); BMT Defence Systems (Великобритания) — корабельные устройства; Electronic Data Systems (США) — системная интеграция, системы жизнеобеспечения; Lockheed Martin (США) — программный менеджмент, оборудование; QinetiQ (Великобритания) — компьютерное моделирование и тестирование; Rolls-Royce (Великобритания) — энергетические установки; Strachan & Henshaw (Великобритания, США) — складирование боеприпасов, системы утилизации; Swan Hunter (Великобритания) — техническое проектирование, контроль монтажа оборудования; VT Group (Великобритания) — корабельные устройства, системы жизнеобеспечения, монтаж

Монтаж ГЭД GE Power Conversion AIM

АВ «Queen Elizabeth» в доке (слева выведенный из состава ВМС АВ «Illustrious»)

оборудования; Brand-Rex Limited of Scotland (Великобритания) — волоконная оптика; Fluid Transfer International (Великобритания) — топливные системы; Salt Separation Services (США) — осмотические опреснительные установки производительностью 500 т пресной воды в сутки; Thales UK (Великобритания) — средства авиационной и аэрокосмической связи, радиоэлектронные средства обеспечения обороны и безопасности.

Транспортировку готовых изделий с верфей-строителей на верфь-сборщик (Babcock Rosyth Dockyard) осуществляет компания Argus-Shipping.

Следует отметить, что сухой док № 1 (док сборки АВ) верфи Babcock Rosyth Dockyard был предварительно реконструирован — расширен и увеличен входной проём, приобретён и установлен самый крупный в Великобритании мостовой кран «Goliath» (разработчик — Bristol Babcock Inc., США, а изготовитель — Shanghai Zhenhua Port Machinery Co., Ltd., Китай), имеющий длину крановой балки 120 м, высоту подъёма груза до 90 м, грузоподъёмность до 1000 т.

Общее руководство проектом возложено на компанию Alfred-McAlpine-IT Services (Великобритания).

В надводном кораблестроении Великобритании секционно-блочный метод в полном объёме впервые был применён при строительстве эсминцев Type 45 (шесть кораблей построены в 2010—2013 гг.) и хорошо зарекомендовал себя.

В заключение отметим, что АВ типа «Queen Elizabeth» будут самыми крупными боевыми надводными кораблями из числа когда-либо построенных кораблестроительной промышленностью Великобритании. Благодаря своим характеристикам они существенно повысят боевую эффективность ВМС Великобритании и расширят их возможности действовать в глобальных операциях совместно с ВМС США и странами НАТО. Для этого в состав АСБУ строящихся АВ включён блок, обеспечивающий взаимодействие с глобальной системой «командного управления, разведки, электронной обработки и передачи данных» C^4I (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence).

Литература

British Maritime Doctrine. Ministry of Defence (MOD). August 2011.
Jane's Fighting Ships. 2015—2016.
Дайджест зарубежной прессы. Вып. 73/2014, 75/2015. ФГУП «Крыловский государственный научный центр».
Зарубежное военное обозрение. 2009. № 11. С. 73—81; 2012. № 6. С. 16—22.
URL:
http://www.naval-technology.com/...aircraft-on-carriers-4202921
http://glav.su/threads/534314/
http://www.rttnews.com/2229092/
http://www.f-6.net/forum/viewtopic
http://news.bibo.kz/270922/
http://www.dod.mil/pubs/...JPALS_December_2012_SAR.pdf
http://www.imeche.org/news/
http://vidoz.pp.ua/video/6PE6xsySTk5.html
http://portall.zp.ua
http://armyman.info/flot/avianoscy/15245
http://www.royalnavy.mod.uk/,
http://www.theengineer.co.uk/,/
http://www.military-today.com/navy/queen_elizabeth_class.htm,
http://www.strana-oz.ru/2005/5/,
http://articles.maritimepropulsion.com/article/

ФРЕГАТ «АДМИРАЛ ЭССЕН»

31 мая был подписан приемный акт, а торжественная церемония подъёма Военно-морского флага на борту корабля состоялась 7 июня на территории завода-строителя АО «ПСЗ «Янтарь». СКР «Адмирал Эссен» был заложен 8 июля 2011 г., спущен на воду 7 ноября 2014 г. Государственные испытания корабля прошли на Балтийском и Баренцевом морях и завершились 30 мая 2016 г. По заказу Министерства обороны РФ кораблестроители завода «Янтарь» строят для ВМФ страны серию сторожевых кораблей пр. 11356, разработанного АО «Северное ПКБ». Головной корабль «Адмирал Григорович» передан заказчику 11 марта 2016 г. В третьем квартале этого года планируется передача третьего корабля «Адмирал Макаров».

ФРЕГАТЫ ДЛЯ ВЬЕТНАМА

27 апреля на причале ОАО «Зеленодольский завод им. А. М.Горького» (предприятие входит в группу компаний ОАО «Холдинговая компания «Ак Барс») состоялась торжественная церемония спуска на воду фрегата проекта «Гепард-3.9», первого из второй пары заказов, предназначенных для ВМС Вьетнама.

Эти корабли, спроектированные АО «Зеленодольское ПКБ», предназначены для выполнения таких задач, как борьба с воздушным, подводным и надводным противником; освещение надводной и подводной обстановки, постановка активных и пассивных помех; постановка минных заграждений; сопровождение и охрана конвоев — в конфликтной ситуации; охрана и патрулирование государственной границы и экономической зоны; борьба с контрабандой, браконьерством и пиратством; оказание помощи терпящим бедствие судам; поиск и спасение людей в море. При водоизмещении около 2200 т, они оснащены современным ракетно-артиллерийским, авиационным, противолодочным и радиотехническим вооружением, а также минным и противодиверсионным оружием, современными средствами внешней и внутрикорабельной связи.

В торжественной церемонии спуска фрегата на воду приняли участие Премьер-министр Республики Татарстан Ильдар Халиков, заместитель начальника Генерального штаба Вьетнамской народной армии Фам Нгок Минь, командующий вторым морским районом ВМС Социалистической Республики Вьетнам контр-адмирал Лыонг Вьет Хунг, заместитель начальника первого управления департамента ВМФ АО «Рособоронэкспорт» Александр Стружанов, глава Зеленодольского муниципального района Александр Тыгин, генеральный директор ОАО «Холдинговая компания «Ак Барс» Иван Егоров, генеральный директор ОАО «Зеленодольский завод им. А. М. Горького» Ренат Мистахов и другие.

Открывая церемонию, Ренат Мистахов отметил, что строительство фрегатов для дружественных государств — это продолжение работы завода в рамках международного военно-технического сотрудничества. «Богатейший опыт строительства кораблей и высокий профессионализм работников дают заводу возможность сохранять лидирующие позиции в отрасли, обеспечивать рост благосостояния жителей города Зеленодольск, Республики Татарстан и вносить значительный вклад в развитие экономики всей России», — сказал Ренат Мистахов.

Премьер-министр Республики Татарстан Ильдар Халиков в своей приветственной речи отметил, что Россию и Вьетнам связывает многолетняя история сотрудничества, единые стратегические позиции. Он также

поблагодарил руководство и работников завода за своевременное и с надлежащим качеством выполненные обязательства перед вооруженными силами Социалистической Республики Вьетнам.

Заместитель начальника Генерального штаба Вьетнамской народной армии Фам Нгок Минь дал высокую оценку первой паре боевых кораблей данного проекта, показавших высокие мореходные качества в условиях тропических морей. «На них наши моряки постоянно выходят в море, защищают морскую территорию», — сказал он.

В рамках мероприятия состоялось традиционное разбитие бутылки шампанского о борт корабля, прошло награждение лучших работников завода, внесших значительный вклад в развитие судостроительного производства.

Строительство второй пары фрегатов «Гепард-3.9» с противолодочным вооружением для ВМС Вьетнама — это продолжение успешного сотрудничества с этой страной. Контракт на постройку первой пары фрегатов был заключен в 2006 г., Завод справился со всеми этапами строительства, и в марте 2011 г. на военно-морской базе Камрань был поднят государственный флаг Социалистической Республики Вьетнам на первом фрегате, получившем имя «Dinh Tien Hoang» («Дин Тин Хоан») в честь первого императора Вьетнама. В августе 2011 г. состоялась официальная церемония поднятия государственного флага на втором фрегате, также получившем имя императора — «Lee Thay To» («Ли Тай То»).

Положительные результаты выполнения первого контракта создали предпосылку для проработки Министерством национальной обороны Вьетнама вопроса о размещении в Российской Федерации заказа на строительство второй пары фрегатов «Гепард-3.9». Межправительственный контракт на их поставку был подписан в октябре 2012 г, после чего была проведена работа по согласованию и подготовке государственного контракта на поставку продукции на экспорт в рамках действующего законодательства РФ.

Государственный контракт между ОАО «Рособоронэкспорт» и ОАО «Зеленодольский завод им. А. М. Горького» был подписан в феврале 2013 г. и уже в сентябре состоялась закладка второй пары фрегатов. Вскоре после спуска на воду первого из них, 26 мая кораблестроители Зеленодольска спустили на воду и второй корабль. Теперь работы продолжатся у достроечного причала.

ЭКСПОРТНЫЕ РАБОТЫ АО «ЦТСС» ПО СОЗДАНИЮ ОБЪЕКТОВ БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БАЗИРОВАНИЯ И РЕМОНТА КОРАБЛЕЙ. ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А. Н. Лосев, e-mail: inbox@sstc.spb.ru (АО «ЦТСС»)

УДК 623.81

Создание объектов береговой инфраструктуры базирования и ремонта кораблей — неотъемлемая часть военно-технического сотрудничества в области экспорта военно-морской техники.

Объекты береговой инфраструктуры предназначены для стоянки кораблей в межпоходовый период с обеспечением их необходимыми энергосредами, пополнения боекомплекта, снабжения всеми видами довольствия, проведения плановых и внеплановых ремонтов кораблей, подготовки экипажей. Исходя из этих задач, осуществляется строительство и техническое оснащение необходимых сооружений.

АО «ЦТСС» создает для иностранных заказчиков объекты береговой инфраструктуры базирования и ремонта кораблей по следующим основным направлениям:

- пункты базирования кораблей, представляющие собой комплекс сооружений, включающий причальный фронт, судоподъемное сооружение, объекты производственного назначения, управления и связи, склады, учебные сооружения;
- цехи судоремонтного производства, обеспечивающие ремонт корпуса и общекорабельных систем (корпусоремонтный, механоремонтный, электроремонтный и т. д.);
- цехи ремонта систем вооружений кораблей, обеспечивающих ремонт штурманского, радиотехнического, радиоэлектронного, ракетного и торпедного вооружения, средств связи;
- технические позиции для хранения, приготовления, регламентных работ и ремонта морского оружия.

Основной метод выполнения работ заключается в оказании технического содействия иностранным заказчикам в создании (дооборудовании) соответствующих объектов. В рамках этих работ АО «ЦТСС» разрабатывает проектную документацию, поставляет специальное технологическое оборудование, оказывает техническое содействие иностранному заказчику в монтаже, пуске и наладке поставленного оборудования, проводит теоретическое и практическое обучение специалистов заказчика, поставляет ремонтную документацию на ремонт соответствующей военно-морской техники.

К настоящему времени АО «ЦТСС» накоплен значительный опыт создания объектов береговой инфраструктуры для иностранных заказчиков. Главным положительным аспектом является участие АО «ЦТСС» во всех стадиях создания объекта — от сбора исходных данных для проектирования до ввода в эксплуатацию. Успешная реализация контрактов позволяет считать АО «ЦТСС» ведущим предприятием отрасли в данном вопросе. Высокая компетентность нашего предприятия в качестве головного исполнителя внешнеэкономических контрактов по объектам береговой инфраструктуры признается как Минпромторгом РФ, принимающим решения об определении головного исполнителя, так и предприятиями — производителями оборудования и систем.

Рассмотрим более подробно работы по указанным выше направлениям, реализованные за последние годы.

Создание пунктов базирования кораблей обычно рассматривается иностранными заказчиками как составная часть пакета контрактных документов на поставку кораблей. Важным условием, выдвигаемым иностранным заказчиком, является максимально возможное использование существующей инфраструктуры с целью ми-

нимизации затрат на строительство (дооборудование). Это требует от проектировщиков особо тщательного сбора исходных данных и многовариантной проработки.

В течение последних 7—8 лет разрабатывались технические предложения по созданию пунктов базирования подводных лодок для Вьетнама, Индонезии, Венесуэлы, Египта, а также пунктов базирования надводных кораблей для Туркмении и Казахстана. В каждом случае технические предложения разрабатывались на основе неоднократных посещений мест дислокации объектов с учетом требований заказчиков и российских нормативных документов. Технические предложения, отличающиеся глубокой проработкой и многовариантностью решений, были обсуждены с иностранными заказчиками и приняты ими.

Наиболее характерным примером выполнения работ по созданию пунктов базирования кораблей можно считать создание базы подводных лодок в пункте Камрань, Вьетнам. После подписания соответствующих контрактных документов в 2009 г. АО «ЦТСС» приступило к проектным работам. В дальнейшем были осуществлены поставка технологического оборудования, его монтаж, пуск и наладка. Разработана и поставлена документация для докового ремонта подводных лодок. В начале 2015 г. база подводных лодок в Камрани была введена в плановую эксплуатацию и выполняет свои боевые и технологические функции.

В 2015 г. интерес к российским подводным лодкам и, как следствие, к созданию условий для их базирования вновь проявила Индонезия. Для ВМС Индонезии была проведена презентация пункта базирования на основе ранее сделанных технических предложений. Индонезийская сторона подтвердила свое согласие с этими предложениями. В настоящее время пункт базирования подводных лодок в городе Сурабайя можно считать одним из перспективных направлений работ АО «ЦТСС».

Выполнение работ по созданию пунктов базирования показало необходимость обсуждения с иностранными заказчиками, как минимум, двух аспектов этой работы.

Одно из требований заказчиков — оценка возможной стоимости создания объекта целиком. Для ее выполнения представляется целесообразным вводить в практику проектирования такую стадию, как разработка технико-экономического обоснования. Такая возможность определена «Инструкцией по проектированию объектов для строительства за границей» Госстроя России 1998 г., которая в настоящее время имеет статус рекомендательного документа.

Второй аспект определен практикой создания базы подводных лодок во Вьетнаме. Для оперативного решения вопросов при выполнении строительных работ весьма целесообразным представляется заключение контрактного документа на техническое сопровождение (авторский надзор) проектантом строительных работ. Это позволит избежать отступлений от проекта, в том числе имеющих критичный характер, и обеспечить требуемую степень подготовки сооружений к монтажу оборудования и прокладке технологических сетей.

В области создания объектов береговой инфраструктуры для иностранных заказчиков существует достаточно важный аспект. Это выполнение работ на условиях генерального подряда, когда полный объем работ относится к обязательствам и затратам российской стороны, в том числе по закупке на местном рынке оборудования и материалов, привлечению местной рабочей силы, аренде грузоподъемной техники, транспортных средств, складских, офисных и жилых помещений и так далее. От готовности работать на этих условиях может зависеть, будет ли привлекаться предприятие к выполнению внешнеэкономического контракта. Главным вопросом здесь является определение стоимости выполнения работ. Такое условие выдвигалось ВМС Индонезии и Венесуэлы. В своих предложениях АО «ЦТСС» смогло определить и согласовать с АО «Рособоронэкспорт» необходимые ценовые параметры, что служит подтверждением готовности предприятия к работам на условиях генерального подряда.

Создание цехов судоремонтного производства — процесс длительный по времени, технически сложный и весьма затратный с точки зрения экономики. Поэтому решения о создании собственных производственных мощностей по ремонту боевых кораблей российской постройки принимаются иностранными заказчиками только после многочисленных консультаций и согласований с органами государственного управления и рассматриваются ими как часть военно-морской доктрины государства. Такие решения приняты Ираном, Индией и Вьетнамом.

АО «ЦТСС» активно участвовало и участвует в выполнении контрактов по созданию цехов судоремонтного производства. В 2008 г. закончено создание цехов судоремонтного производства для подводных лодок пр. 877ЭКМ в городе Бендер-Аббас, Иран. В настоящее время продолжается создание цехов судоремонтного производства корабля пр. 11430 в городах Мумбай и Карвар, Индия. Там выполняются монтажные и пусконаладчные работы. Масштабный проект, по которому подписан целый ряд контрактных документов, находящихся в стадии реализации, — это оказание технического содействия ВМС Вьетнама в строительстве судоремонтного завода Х-52 в Камрани. К настоящему времени выполнены проектные работы, рассмотрена рабочая строительная документация, разработанная самим заказчиком, идет изготовление технологического оборудования первой очереди строительства. Учитывая большие объемы инвестиций, заказчиком принято решение по вводу в действие производственных мощностей очередями. Первая очередь — это производственные мощности для ремонта подводных лодок. Инвестирование следующих очередей поставлено руководством Минобороны Вьетнама в зависимость от эффективности капвложений в первую очередь. В этих условиях особое значение приобретают вопросы качества поставляемого оборудования, успешного его монтажа, наладки и пуска. Актуальным остается вопрос заключения контрактного документа на техническое сопровождение (авторский надзор) проектантом строительных работ, такое предложение уже сделано иностранному заказчику. Работы по цехам судоремонтного производства завода Х-52 второй и последующих очередей строительства следует считать хорошей перспективой для АО «ЦТСС».

Поддержание технической исправности и технической готовности вооружения и технических средств корабля является основой для успешного решения кораблем боевых задач по предназначению. Поэтому **создание цехов ремонта вооружений** находится под пристальным вниманием наших основных иностранных заказчиков.

АО «ЦТСС» — единственное предприятие отрасли, выполняющее работы по созданию цехов ремонта вооружений. Цехи ремонта вооружений, создаваемые для иностранных заказчиков, не имеют прямых аналогов в России по составу технологического оборудования. Это связано с тем, что российский судоремонтный завод может в случае необходимости отправить неисправные узлы, блоки и агрегаты на ремонт непосредственно предприятию-изготовителю, поскольку создавать производственные мощности для глубокой диагностики и ремонта сложных систем экономически нецелесообразно. Иностранный заказчик не имеет возможности оперативно решить вопрос ремонта составных частей системы вооружения на российском предприятии-изготовителе, поэтому оптимизация состава специального технологического оборудования является главной задачей при создании цеха ремонта вооружений того или иного проекта корабля.

При техническом содействии АО «ЦТСС» в г. Мумбай, Индия, созданы: цех ремонта 25 систем вооружения кораблей пр. 15, 25, 25А; цех ремонта 32 систем вооружения кораблей пр. 11356. Для выполнения работ привлекалось порядка 30 предприятий-контрагентов. Объекты введены в эксплуатацию.

В настоящее время при техническом содействии АО «ЦТСС» в соответствии с заключенными контрактными документами в г. Визакхапатнам, Индия, создаются: цехи ремонта вооружений корабля пр. 17; цехи ремонта модернизированных систем вооружений ПЛ пр. 877ЭКМ. В каждом цехе предусмотрены мощности для ремонта всех типов систем вооружений. Работы выполняются по классической схеме создания объектов: осуществляются проектные работы, поставка технологического оборудования, его монтаж, наладка и пуск, обучение персонала заказчика.

Необходимо отметить, что по мере накопления опыта эксплуатации и ремонта систем вооружений заказчик меняет требования к технологии ремонта. Если раньше основной была технология ремонта с использованием эталонных систем, то теперь основная технология заключается в ремонте с применением только диагностического оборудования. В этих условиях требуется отлаженное взаимодействие с предприятиями-разработчиками по оптимизации состава оборудования, а также принятие проектных решений, обеспечивающих размещение нового оборудования на существующих производственных площадях с учетом уже имеющегося оборудования для ремонта однотипных систем.

В ближайшей перспективе ожидается подтверждение ВМС Индии о вступлении в силу контракта на создание цехов ремонта систем вооружений кораблей пр. 11356 и 11430 (обсуждение контрактных документов завершено в этом году).

Интерес к созданию производственных мощностей для ремонта систем вооружения проявлен также со стороны Вьетнама. В рамках строительства упомянутого выше судоремонтного завода Х-52 АО «ЦТСС» разработан и передан заказчику проект цеха ремонта систем вооружения надводных кораблей и подводных лодок, входящих в состав ВМС Вьетнама. К настоящему времени заказчиком разработана рабочая строительная документация. В рамках заключенных контрактов АО «ЦТСС» заказано специальное технологическое оборудование в соответствии с принятой заказчиком очередностью строительства. Весьма вероятно техническое оснащение завода Х-52 оборудованием для ремонта надводных кораблей ВМС Вьетнама.

Технические позиции ракетного и торпедного оружия — неотъемлемая часть пунктов базирования боевых кораблей. Собственно, все технические характеристики надводного корабля или подводной лодки подбираются для возможности эффективного применения оружия из состава боевого комплекта. Поэтому вопрос поддержания необходимой степени готовности оружия к выдаче на носители весьма важен с точки зрения обеспечения боевой готовности сил военно-морского флота. Создание технических позиций оружия обязательно рассматривается при обсуждении вопросов поставки боевых кораблей. Технические позиции, как правило, создаются по видам оружия (торпедное, ракетное, минное и т. д). Они обеспечивают хранение, приготовление к выдаче на корабли, регламентные работы и ремонт соответствующих видов оружия. Учитывая особую пожаровзрывоопасность этих объектов, они разрабатываются по специальным техническим нормам и правилам.

АО «ЦТСС» имеет достаточный опыт в создании технических позиций по всем видам современных экспортных видов морского оружия, а именно: противокорабельных и зенитных ракет различных типов, торпед. В силу специфики этой продукции военного назначения работы проводятся совместно с предприятиями-разработчиками. АО «ЦТСС» выполняет проектные работы, проверку готовности объектов к монтажу оборудования и авторское сопровождение монтажных и пусконаладочных работ. Предприятия-разработчики осуществляют поставку специального технологического оборудования, его монтаж, пуск и наладку.

АО «ЦТСС» выполнены работы по созданию технических позиций:

— хранения, приготовления, регламентных работ противокорабельных ракет из состава комплекса «Club-S» для ВМС Китая и Индии;

— хранения, приготовления, регламентных работ зенитных ракет из состава комплекса «Штиль-1» для ВМС Китая и Индии;

— хранения, приготовления торпед ТЭ-2-02 для ВМС Индии;

— среднего ремонта торпед ТЭ-2-02 для ВМС Индии.

В перспективе возможны работы по созданию технических позиций приготовления и среднего ремонта торпед УГСТ, интерес к которым проявили ВМС Индии и Ирана. АО «ЦТСС» готово к этим работам.

Приведенный обзор выполненных и перспективных работ по всем направлениям создания объектов береговой инфраструктуры базирования и ремонта кораблей для иностранных заказчиков показывает востребованность этих работ на мировом рынке вооружений. Успешность и эффективность этого процесса будут определяться качеством и унификацией оборудования для ремонта однотипных систем, совершенствованием технологии ремонта до уровня мировых стандартов, сокращением стоимости создания объектов. Необходима проработка новых подходов к самой технологии базового обеспечения кораблей. Сохраняющийся интерес иностранных заказчиков к поставке кораблей российской постройки позволяет рассчитывать на стабильные перспективы в вопросе создания объектов береговой инфраструктуры базирования и ремонта.

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

В. И. Любимов, докт. техн. наук (ФБОУ ВО «ВТУВТ», e-mail: ptps@vgavt-nn.ru), **И. В. Хлутчин,** руководитель группы дизайна (ОАО «КБ «Вымпел», e-mail: pg-design@yandex.ru)

УДК 629.54.01

Посвящается памяти судовых архитекторов В. И. Сергеева и В. В. Сергеева

Россия имеет уникальную историю создания, постройки и эксплуатации крупных речных пассажирских и туристических (круизных) судов. Наличие больших пространств с уникальной природой и полноводных магистральных рек, таких как Волга, Лена, Обь, Енисей и другие, с каскадами водохранилищ способствовали развитию пассажирского речного сообщения, а затем и круизного судоходства. Советский Союз в 1988 г. имел самый большой речной пассажирский флот в мире, который во многом был утрачен в годы «перестройки». Уже давно выведены из эксплуатации знаменитые волжские дореволюционные речные пароходы, имевшие надстройки большой удельной кубатуры и широкие кольцевые прогулочные террасы. На реках остаются несколько типов крупносерийных двух- и трёхпалубных судов послевоенной постройки водоизмещением до 2000 т, а также относительно «новое» поколение судов иностранной постройки — туристские суда с предельными для наших рек размерениями водоизмещением до 4000 т, находящиеся в эксплуатации 30—50 лет.

С середины 70-х годов прошлого столетия наблюдается небывалый рост туристического бизнеса в целом и в частности одной из его составляющих — морского и речного, осуществляемого на специальных круизных судах, отличающихся от пассажирских повышенным комфортом. Специализированные круизные суда по уровню предоставляемых услуг не уступают отелям. В мире повсеместно растут размеры и пассажировместимость строящихся и вводимых в эксплуатацию круизных судов.

Возрождению отечественного туристического флота должен предшествовать анализ различных аспектов современного круизного судоходства, приносящего значительный доход. Особую роль играет анализ архитектуры круизных судов, так как по их внешнему виду (экстерьеру) люди судят об уровне развития технической мысли в России, достижениях её науки и культуры. Внешняя красота круизных судов служит фактором привлечения новых клиентов, увеличивает продажи туристических услуг.

Архитектура речных пассажирских и круизных судов по сравнению с морскими, наряду с общими тенденциями развития внешних форм и архитектуры планировочных решений, имеет ряд специфических особенностей, обусловленных условиями эксплуатации на внутренних водных путях. К ним прежде всего необходимо отнести подмостовые габариты, ограничения длины и ширины судов, связанные с прохождением шлюзов, каналов и т. п. С другой стороны, на дизайн планировочных решений существенно влияют всё повышающиеся требования к улучшению условий обитаемости для экипажа и комфорта для пассажиров.

Анализ тенденций развития архитектурных форм речных пассажирских судов показывает, что каждая из них соответствует фактору времени их проектирования и постройки и уровню развития техники. В этой связи несомненный интерес представляет история становления архитектуры пассажирского и круизного флота особого «волжского» типа, который в настоящее время является достопримечательностью Волги. Следует подчеркнуть, что за более чем 100-летний период этот тип позволил сформировать особую эстетику, присущую только отечественным пассажирским судам.

Уникальные архитектурные качества, особый микроклимат, привлекательные старинные интерьеры, знакомые по кадрам фильма «Жестокий романс», снятым на борту парохода «Спартак» (рис. 1), — атмосфера дореволюционных пассажирских пароходов, построенных товариществом «Сормовские заводы» и появившихся на Волге в начале прошлого века. Эти суда современниками сразу были признаны шедеврами архитектуры и технического совершенства. Оригинальный внешний вид, хорошие пропорции, лёгкость и воздушность надстроек сочетались с большими по внутреннему объёму пассажирскими и общественными помещениями, широкими прогулочными палубами-террасами. В планировке этих судов использована схема, ставшая впоследствии характерной именно для волжского пассажирского парохода — центральный коридор по всей длине, разделённый шахтой машинного отделения в средней части судна, типовые блоки кают по бортам и салоны в оконечностях надстройки. Пассажирские суда «Спартак», «Володарский», «Бо-

Рис. 1. **Пароход «Спартак» постройки 1916 г. Товарищество «Сормовские заводы»**

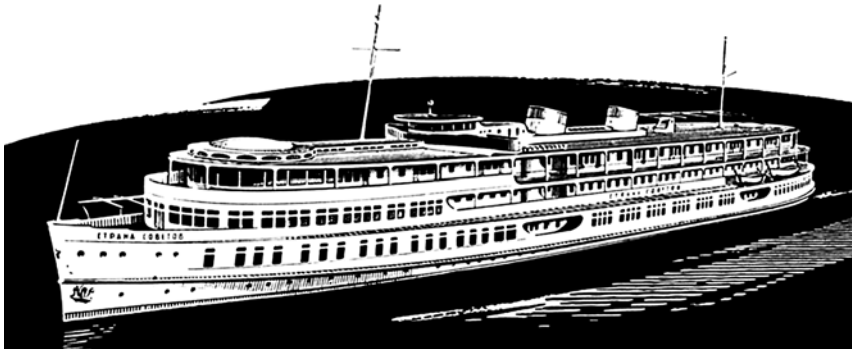


Рис. 2. **Лайнер «Страна Советов». Проект 1937 г. Рисунок В. В. Сергеева**

родино», «Память Азина» и другие проработали на реках России до 90-х годов XX века.

Среди проектов, выполненных в довоенный период, особое место занимает проект лайнера «Страна Советов» — экспресса для линии Москва — Астрахань пассажировместимостью 600 чел. (рис. 2). При длине 110 м и мощности двигателей 5000 л. с. судно должно было развивать скорость 30 км/ч. Этот проект стал первой детальной проработкой отечественного речного пассажирского судна с трёхъярусной надстройкой. Архитектура теплохода отличалась необычным экстерьером и высоким уровнем комфорта, развивала лучшие традиции «волжской» архитектуры, сложившиеся ещё в дореволюционное время (например, применялся так называемый шкелик — остеклённый кап верхнего света для коридоров и салонов третьего яруса). Умеренно динамичный экстерьер резко отличался от принятой в то время статичной архитектуры речных пароходов и имел некоторые элементы океанских судов 30-х годов: слегка наклонный форштевень, высокий бак, два низких наклонных кожуха дымовых труб каплевидного сечения, закруглённые в плане оконечности надстроек, остеклённые прогулочные веранды. Лайнер «Страна Советов» не был построен, но его архитектура оказала существенное влияние на дальнейшую работу судостроителей и нашла воплощение в архитектурных решениях послевоенных пассажирских судов.

В 1954 г. на Волгу пришли первые пассажирские «трёхдечники» — суда с трёхъярусной надстройкой типа «Родина» (пр. 588), построенные в ГДР по проекту ленинградских корабелов при участии архитектора Л. В. Добина (рис. 3). Судам пр. 588 практически идентичны теплоходы пр. 26—37 «Октябрьская Революция» постройки ЧССР.

Эти лайнеры замечательны во многих отношениях. «Трёхдечники» любят за красоту и рациональность, за удобства, послушность в управлении, экономичность. Эти суда стали украшением наших магистральных рек. Построены они добротно, оборудованы уютно, отделаны внутри полированным деревом ценных пород, а не синтетической его имитацией, как на судах эпохи пластмасс. У «трёхдечника» — на редкость удачные внешние формы. Гидродинамическое совершенство корпуса и эстетическое совершенство надстройки ощущает даже не искушённый в эстетике наблюдатель. Судно стремительно движется по воде, как «по маслу», без излишнего волнообразования. Истинными художниками были создатели этого образца корабельного искусства, который органично вписался в волжские пейзажи, обогатил их рукотворной красотой, сразу и безоговорочно принятой людьми. Нельзя не восхищаться элегантностью динамичного профиля судна, в архитектуре которого впервые применена система пропорционирования, известная как «кривая динамичности Л. В. Добина» (рис. 4), ставшая эталоном корабельной архитектурной композиции.

Теплоходом легко управлять. Он мореходен — качество, необходимое на Волге, превращённой в цепь водохранилищ, хорошо слушается руля и обтекается ветром. Имея небольшие по сравнению с последующими круизными теплоходами раз-

Рис. 3. **Лайнер типа «Родина». Разработка ЦТКБ МРФ, г. Ленинград. Постройка VEB Mathias-Thesen-Werft Wismar, г. Висмар (ГДР), 1954 г.**

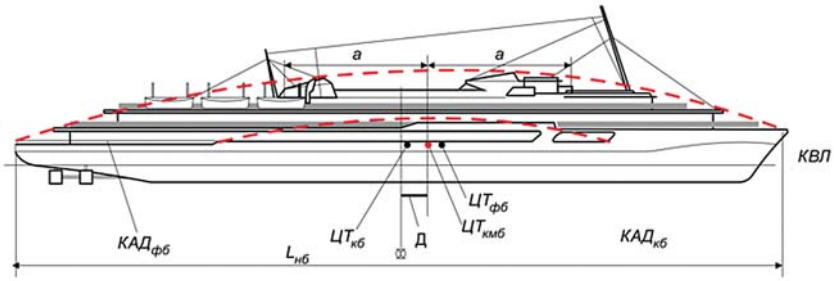


Рис. 4. **Силуэт судна типа «Родина». Пунктиром обозначена кривая динамичности**

Рис. 5. **Волжский флагман дизель-электроход «Ленин» (пр. 20). Разработка и постройка — завод «Красное Сормово», 1958 г.**

меры и вдвое меньшее водоизмещение, «трёхдечник» легко проходит в узких каналах. У него малошумные дизели, вибрация от которых не досаждает. Из этого и сложилась безупречная репутация судов такого типа. Тем не менее более чем 50-летняя эксплуатация, в течении которой постепенно менялась парадигма пассажирского транзитного судна в пользу его туристической составляющей, а также изменившиеся требования к комфорту привели к моральному и физическому устареванию этих незаурядных судов. Спроектированные для транзитной работы, они не отвечают круизному стандарту. В конце 70-х — начале 80-х годов несколькими конструкторскими бюро были предложены проекты модернизации этих судов под круизную функцию, не поддержанные тогдашним руководством МРФ. Причиной, видимо, было то, что в это время на наши реки стали приходить специализированные круизные суда иностранной постройки. Хотя в начале XXI века отдельными судовладельцами с разной степенью успешности предпринимались попытки такой модернизации.

С конца 50-х годов прошлого столетия отечественное судостроение перестало строить крупные пассажирские суда, предпочитая отдавать заказы на строительство в ГДР, Чехословакию, Венгрию и др. Подобная политика мотивировалась рациональным разделением труда между странами—членами СЭВ и более высоким качеством строительства и отделки судов на иностранных верфях. Эта политика впоследствии привела к деградации отечественного судостроения в области крупных пассажирских судов. Хотя и здесь имелись исключения из сложившегося правила. В 1958 в г. Горьком на заводе «Красное Сормово» под руководством профессора В. М. Керичева были построены комфортабельные дизель-электроходы «Ленин» и «Советский Союз» (пр. 20), ставшие флагманами Волжского речного пароходства (рис. 5). За основу был взят проект тридцатых годов, существенно переработанный специалистами завода «Красное Сормово». Результатом стало фактически новое судно, значительно отличавшееся от проекта «Страны Советов». Особенностью этих судов было применение инновационной для того времени схемы полного электродвижения, которая позволила лучше использовать внутренние объёмы судна для улучшения обитаемости и увеличения пассажировместимости. Пассажиры размещались в одно-, двух-, трёх- и четырёхместных каютах. На судах типа «Ленин» пассажирские помещения были оборудованы такими новинками, как кондиционирование и телевидение. К услугам пассажиров на борту были киноконцертный зал на 100 мест и ресторан. Каюты, коридоры и вестибюли были оформлены шпоном ценных пород дерева, повинолом и линкрустом, салоны поражали современников роскошной резьбой по дереву. После пожара на флагмане «Ленин» в Горьковском ЦКБ Минречфлота был разработан инициативный проект восстановительного ремонта и модернизации судна до круизного стандарта, но у судовладельца (ВОРП) средств на такую модернизацию не нашлось (рис. 6).

Ещё одним исключением из практики строительства пассажирских и круизных судов за границей стал проект ЦКБ «Вымпел» туристического судна «Россия» пр. 1877 (рис. 7). Теплоход был построен в 1973 г. на Северной верфи (Ленинград). Это среднее круизное судно, предназначенное для обслуживания

Рис. 6. **Модернизация дизель-электрохода «Ленин». Проект ГЦКБ Минречфлота, г. Горький, 1984 г.**

Рис. 7. **Туристический теплоход «Россия» (пр. 1877). Спроектирован в ЦКБ «Вымпел», построен заводом «Северная верфь», г. Ленинград, 1973 г.**

высших лиц государства спроектировано и построено в соответствии с канонами традиционной «волжской» архитектуры. Теплоход «Россия» до сих пор остается эталоном речного круизного судна и наиболее ценным образцом отечественной школы судовой архитектуры, обладая законченным и совершенным архитектурным обликом.

Теплоход и сейчас отвечает всем требованиям современного круизного судна с высокой комфортабельностью и безопасностью для пассажиров и экипажа. На «России» имеются три каюты класса «люкс», девять — двухместных с санузлом, девять — двухместных с двухъярусными койками, конференц-зал, салон отдыха, ресторан, кафе-веранда, сауна. Длина судна 83,6 м, ширина 12,7 м, количество палуб — 3, водоизмещение 1100 т, мощность двух главных двигателей — по 1500 л. с., скорость хода 30 км/ч.

В начале 70-х годов прошлого века отечественное круизное судоходство вступило в новый этап своего развития. В 1974 г. из Австрии на Волгу пришёл теплоход «Максим Горький» (пр. Q-040) — принципиально иного, специально предназначенного для круизов типа (рис. 8).

Длина судна 110 м, ширина 14,8 м, осадка 2,2 м, водоизмещение 2100 т, скорость хода 22 км/ч, экипаж 66 чел., пассажировместимость 214 чел. Есть ресторан, три бара, музыкальный салон, солнечная палуба с местами для загара. Всего для Волжского пароходства было построено два судна данного проекта.

Из ГДР пришёл четырёхпалубник «Владимир Ильич» пр. 301 (рис. 9).

Всего за период с 1974 по 1983 г. по заказам СССР для Северо-Западного, Волжского, Московского, Беломорско-Онежского, Волго-Донского, Камского, Амурского пароходств России, украинского Днепровского пароходства было построено 22 судна трёх различающихся серий этого типа. Это были большие пассажирские суда, предназначенные для совершения речных круизов. Вместимость — 360 пассажиров, размещаемых в одно-, двух-, трёхместных кондиционированных каютах, каждая из которых оборудована индивидуальным санузлом. Ресторан, кафе, салоны и кинозалы оборудованы раздвижными стенами и крышей.

Рис. 8. **Круизный теплоход «Максим Горький» (пр. Q-040). Судно спроектировано и построено в г. Корнойбург (Австрия) на судостроительном предприятии Osterreichische Schiffswerften AG Linz Korneuburg (OSWAG) в 1974 г.**

Рис. 9. **Пассажирский теплоход типа «Владимир Ильич» (пр. 301). Судно спроектировано и построено на VEB Elbewerft Boizenburg/Rosslau, Бойценбург (ГДР), 1974 г.**

Рис. 10. **Круизный теплоход типа «Валериан Куйбышев» (пр. 92-016). Судно спроектировано и построено на на заводе Slovenskelodenice Komarno, г. Комарно (ЧССР), 1975 г.**

Комфорт данных судов повторяет в минимальном наборе то, что имеют морские круизные лайнеры — бар, ресторан с баром, салон с баром, кинозал. Но архитектура морских судов замкнута, обращена вовнутрь. Созерцание волн с палубы морского судна быстро наскучит, и пассажиры пойдут искать развлечения в бары и рестораны. Волжской же судовой архитектуре всегда были свойственны одухотворённость и открытость. Обзор окружающего простора и отдых на палубе в воздушной и звуковой атмосфере реки — вот ради чего стоит совершить речной круиз. Главное же качество этих судов — гостиничный комфорт, в то время считавшийся высшего разряда. Они рассчитаны на массовых интуристов, на их вкусы и образ досуга.

К тому же классу «четырёхдечников» относится и круизный теплоход постройки Словакии типа «Валериан Куйбышев» — самое крупное в настоящее время речное пассажирское судно в нашей стране (рис. 10). Длина судна 135,7 м, ширина 16,8 м, осадка 2,9 м, водоизмещение 3950 т, скорость хода до 26 км/ч. Теплоход может принять на борт 343 пассажиров, экипаж судна — 81 человек.

Четырёхпалубный теплоход повышенной комфортабельности развивает скорость до 26 км/ч. Для размещения туристов предусмотрены одно-, двух- и трехместные каюты, а также каюты класса «люкс» и «полулюкс», оборудованные кондиционерами и санблоками. На теплоходе работают: два ресторана, два бара, кинозал (конференц-зал), салон отдыха, музыкальный салон, солярий, танцпол.

Внешний вид особенно важен для пассажирского и круизного судна. Облик судна — одно из слагаемых его качества. Красота не только стоит денег, но и увеличивает прибыль. При прочих равных качествах пассажиры выбирают красивое судно, да и экипажу хотелось бы гордиться архитектурными достоинствами своего корабля. Люди тонко чувствуют образ судна, его художественные достоинства или неуклюжесть, чужеродность. Не доводилось слышать восторженных откликов об экстерьере последних лайнеров. Они впечаляют размерами, массой, но не красотой.

Искусство архитектуры — умение организовать пространство для нужд человека. Судно обладает подлинной архитектурой, если в полной мере наделено эстетическими качествами и функциональными свойствами, т. е. красиво, удобно, прочно, долговечно и при этом требует минимальных затрат труда и материалов для постройки, отличается экономичностью. В этом же — и критерии труда судового архитектора.

Рассмотрим с этих позиций распространённый среди «четырёхпалубников» теплоход. Его характеризует умеренная пассажировместимость (360 чел.) при большом водоизмещении (3500 т) и высокой стоимости постройки. Теплоход на редкость некрасив. «Ящичный» стиль в судостроении возник под влиянием модульной технологии. Может, он не вызывает сомнения в архитектуре сухогруза или ледокола с надстройкой кубической формы, но он явно не для круизных лайнеров. На лицо тенденция: в угоду технологии стремятся предельно упростить формы верхних конструкций. На отработанном в бассейне стройном корпусе судна воздвигаются ящики надстроек, рубок, дымовых труб, разрушающие целостность его архитектурного облика. Из сути судовой архитектуры следует: отмеченные круизные «четырёхпалубники» в большей степени — инженерные, а не архитектурные сооружения.

Кризис отечественной судовой архитектуры можно объяснить «кулуарным» способом проектирования. После постройки флагманских дизель-электроходов «Ленин» и «Советский Союз», а позднее — первенца современной архитектуры теплохода «Россия» потенциал волжских корабелов остался в стороне от работ по туристскому флоту, и это не могло не нанести ущерба судоходству. Круизные теплоходы иностранной постройки далеко отошли от принципов отечественной школы судовой архитектуры, которые принесли славу волжским судам. Флот заполнен образцами западноевропейского судостроения. Эти суда были построены далеко от Волги специалистами с рейнско-дунайским пониманием архитектуры. Чтобы с уверенностью взяться за решение нового судна для Волги, судовой архитектор должен сам пережить и перечувствовать, познать все тонкости волжского быта, географии и климата, усвоить социальные и эстетические традиции этого региона. Чтобы преодолеть архитектурный тупик, нужно выйти из русла западноевропейской архитектуры и вернуться в фарватер волжской, взяв с собой опыт наших талантливых предков и современников, создателей «Спартака», «Родины», «России», «Метеора» и «Ракеты».

Литература

1. *Добин Л. В.* Архитектура речных пассажирских теплоходов //Судостроение. 1959. № 8.
2. *Веснин А. Н.* Дизайн судов речного флота (особенности и тенденции развития) //Судостроительная промышленность. Сер. Архитектура и дизайн. Сб. статей. Вып.3. Л.: ЦНИИ «Румб», 1988.
3. *Сергеев В. В.* Архитектура судов внутреннего плавания // Судостроение. 1977. № 9.
4. *Сергеев В. В.* Туристские суда для Волги //Волга. 1986. № 11.
5. *Павлюченко Ю. Н.* Основы художественного конструирования судов: учебное пособие для вузов. М.: Судостроение, 1985.
6. *Павлюченко Ю. Н., Турмов Г. П.* Архитектура судов и кораблей: учебное пособие. М. — Новг.: Ступени, 2001.
7. *Егоров Г. В., Анисимов К. О.* Отличные теплоходы (Проекты новых круизных пассажирских судов)//Речной транспорт (XXI век). 2013. № 3.
8. *Панченков А. Н., Любимов В. И.* Концептуальное проектирование судов: идеология, основание и виртуальная среда//Вестник ВГАВТ. Вып. 28. Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2010.
9. *Любимов В. И.* Архитектурное проектирование судов: учебное пособие. Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011.
10. *Фальмонов Е. В.* Архитектура пассажирских судов и роль корабельного архитектора в создании судна //Речной транспорт (XXI век). 2012. № 2.

РАСЧЁТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЦЕПИ СЕКЦИОННЫХ АВТОМАТОВ ГРЩ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Л. Н. Токарев, докт. техн. наук, e-mail: tokset@yandex.ru
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

УДК 621.311:629.5

Главные распределительные щиты судовых электростанций строятся, как правило, по схеме, представленной на рис. 1, *а*. Приведённая на рисунке схема электростанции содержит четыре параллельно работающих генератора. Все генераторы подсоединены к сборным шинам главного распределительного щита (ГРЩ). С одной или с обеих сторон сборных шин присоединяются шины распределительных секций (РС). К РС подсоединяются фидеры, через которые питаются потребители электроэнергии.

Для точного расчёта токов короткого замыкания (КЗ) на одном из фидеров необходимо составить и решить систему дифференциальных уравнений, включающую уравнения всех без исключения силовых звеньев электроэнергетической системы, в том числе цепей между точками подсоединения генераторов к ГРЩ. Однако до сих пор такая система уравнений не создана. Проектанты пользуются упрощённой системой уравнений, в которой сопротивления секционных автоматов и соответствующих участков шин принимаются равными нулю.

Как правило, принимается расчётная схема замещения, представленная на рис. 2, *а*. На схеме замещения все генераторы подключены к одной «электрической точке», которую представляют шины ГРЩ. Такое представление практически оправдано в связи с малыми сопротивлениями участков шин, расположенных между точками подключения генераторов к сборным шинам.

Однако расчёты токов КЗ по схеме рис. 2, *а* не позволяют определить их в цепях с секционными коммутационно-защитными аппаратами. Проектанты вынуждены принимать параметры секционных автоматов такими же, как в цепях генераторов. Такое решение приемлемо при обычной конструкции ГРЩ. Но если реально расположение генераторов другое, если генераторы находятся на значительном расстоянии друг от друга и точки подсоединения к общей сети соединены кабельными трассами, ошибки расчёта могут быть недопустимо велики. Например, на корабле большого водоизмещения с несколькими электростанциями достаточно часто может возникнуть задача параллельной работы между ними через достаточно длинную кабельную трассу. В таких случаях необходимо учитывать при составлении уравнений и расчёте сопротивления линий связи по схеме, приведенной на рис. 2, *б*.

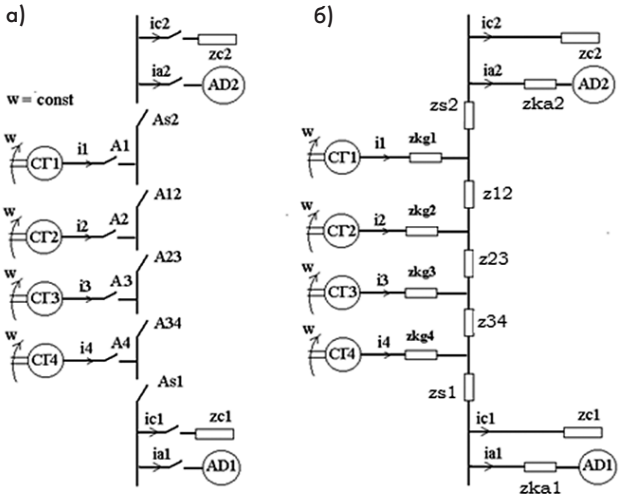


Рис. 1. **Принципиальная схема судовой электростанции (*а*) и схема замещения с указанием всех сопротивлений участков силовой цепи (б):**
СГ — синхронный генератор; *АД* — эквивалентный асинхронный двигатель; *zc* — эквивалентная статическая нагрузка; *А* — автоматический выключатель; *i* — ток силовой цепи; *zkg* — сопротивление кабельной трассы, соединяющей генератор с шинами ГРЩ; *zka* — сопротивление кабельной трассы, соединяющей эквивалентный асинхронный двигатель с шинами ГРЩ; *zkc* — сопротивление эквивалентной статической нагрузки; *zij* — сопротивление участков сборных шин ГРЩ между точками подключения генераторов; *w* — частота вращения генераторов

В данной статье предложено математическое описание системы параллельно работающих синхронных генераторов с учётом перечисленных обстоятельств. Дифференциальные уравнения генераторов, асинхронных двигателей, активно-индуктивных сопротивлений, катушек автоматов учитывают все физические факторы, обычно принимаемые при точных расчётах токов КЗ. В частности, учитываются апериодические составляющие то-

ков. Уравнения синхронных генераторов и асинхронных двигателей приняты в виде, опубликованном в журнале «Электричество» [1]. С использованием этих уравнений разработан и применяется в течение уже десятков лет отраслевой стандарт судостроительной промышленности [2].

Пример расчёта[1] токов КЗ в электростанции с четырьмя синхронными генераторами, двумя асинхронными двигателями и статическими активно-индуктивными сопротивлениями приведён на рис. 3. Для лучшего восприятия довольно сложной системы токов кривые переходных процессов представлены на одном поле со схемой электростанции. Кривые каждого из токов в каждой части схемы представлены в своей системе координат (ток—время). Например, токи в цепи статора генератора *СГ1*, включающей автомат *А1*, показаны в левой верхней системе координат. Ударный ток КЗ через автомат *А1* обозначен через *if1m*. В данном примере он равен 106 кА.

Величина *omg1*= 1,0 означает, что мощность генератора *СГ1* равна мощности, принятой за базовую. В данном конкретном примере это мощность 3000 кВт при номинальном напряжении 400 В.

Значение *А1 = 1* означает факт включения данного автомата. Если бы перед установлением исходных данных в программе было принято, что автомат должен быть отключён в данном режиме КЗ, то расчётчик установил бы величину А1 = 0.

Режим системы, в котором рассчитываются токи КЗ, в данном примере следующий: вначале включаются автоматы *А1*, *А2*, *А3*, *А4*, *А12*, *А23*, *А34*, *As1*, *As2*. Поскольку программой принято, что частоты вращения всех машин одинаковы и углы между осями роторов равны нулю, то токи во всех цепях равны нулю. Затем включается автомат *Аа2* и автомат в цепи *Z2*. Через определённое время включается автомат *Аа1*. После установления процессов в цепях нагрузок в цепи фидера с сопротивлением *z1* происходит короткое замыкание. В связи с большим масштабом для изображения токов КЗ токи обычной нагрузки в установившемся режиме почти не видны.

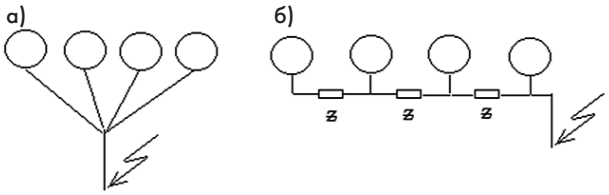


Рис. 2. **Расчётная схема подключения генераторов к короткозамкнутому фидеру:**
а — схема без учёта сопротивлений участков сборных шин ГРЩ между точками подключения генераторов; *б* — схема с учётом сопротивлений участков сборных шин ГРЩ между точками подключения генераторов

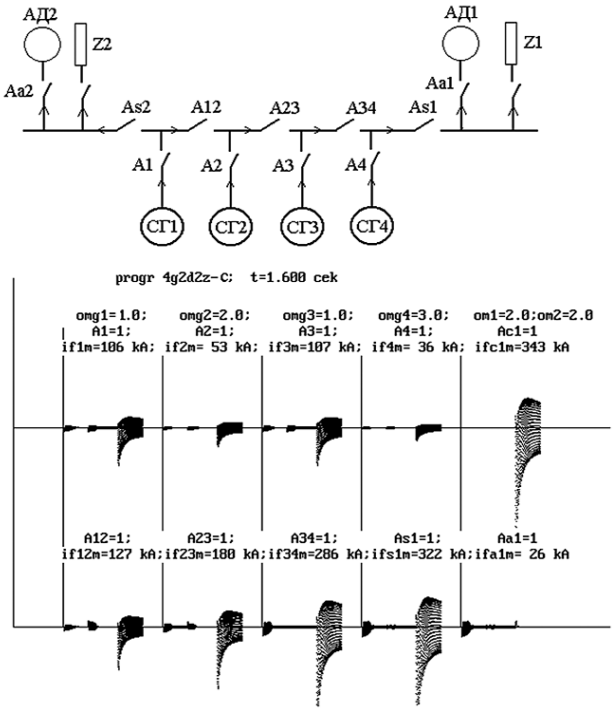


Рис. 3. **Схема электростанции и переходные процессы при коротком замыкании в цепи фидера с сопротивлением z1**

В нижнем левом поле показан процесс изменения токов через секционный автомат *А12*. Ударный ток КЗ в цепи генераторного автомата *А2* равен 53 кА. Меньшее значение тока, по сравнению с током через *А1*, объясняется тем, что мощность генератора *СГ2* в два раза меньше мощности генератора *СГ1*. На поле изображений мощность *СГ2* отображается величиной *omg2 = 2,0*.

Результирующий ударный ток КЗ показан в верхней правой части поля токов. Величина ударного тока ifs1m равна 343 кА.

Показанные в той же части поля величины *om1* = 2 и *om2* = 2 означают, что мощности эквивалентных асинхронных двигателей *АД1* и *АД2* в два раза меньше мощности генератора, принятого за базовый. От этих величин зависят токи «подпитки» в цепи КЗ от асинхронной нагрузки.

Как следует из текста статьи, в программу расчёта можно заложить данные о параметрах любых генераторов любого номинального напряжения (примерно до 10 кВ), устанавливать любую конфигурацию схемы, задавая соответствующие значения *А* (единица или ноль).

Дифференциальные уравнения системы составлены по первому и второму законам Кирхгофа для всех контуров, например, для контуров (*СГ1 — zkg1 — z12 — zkg2 — СГ2*), (*СГ1 — zkg1 — zs2 — zka2 — AD2*) и т. д. Для решения системы уравнений относительно приращений токов использована процедура, основанная на методе Гаусса. В данном случае порядок системы уравнений для расчёта токов оказался равным 26. Получив токи, можно находить напряжения, электромагнитные моменты, потокосцепления и другие переменные, относящиеся к автоматическим регуляторам машин и системам распределения нагрузки между параллельно работающими синхронными машинами.

Литература

1. *Токарев Л. Н., Климанов О. Н., Толчеев В. Н.* Расчёт напряжений и токов синхронного генератора с помощью уравнений Горева—Парка//Электричество. 1968. №1.
2. ОСТ5.6181— 81. Судовые электроэнергетические системы. Методы расчёта переходных процессов.
3. Программа расчёта переходных процессов в судовой электростанции (4-SG). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010616519. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 2.08.2010 г.

[1]Дифференциальные уравнения для электростанции с четырьмя синхронными генераторами, двумя эквивалентными асинхронными двигателями и двумя эквивалентными статическими нагрузочными активно-индуктивными сопротивлениями (взятыми из программы расчета) автор представил на 14 листах в качестве приложения к статье (*прим. ред.*).

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ УСКОРЕННОГО СТАРЕНИЯ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

А. Б. Власов, докт. техн. наук, e-mail: anatoly_vlasov@aspol.ru;
С. В. Власова, канд. техн. наук, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru;
В. А. Мухалев, e-mail: muhalev2606@yandex.ru (ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»)

УДК 621.315.2.08

В мировой практике не создана система профилактических испытаний кабельной изоляции силовых кабелей неразрушающими методами, которая позволила бы оценивать остаточный ресурс и прогнозировать вероятность выхода кабеля из строя в процессе его эксплуатации. Осуществляется только эпизодический контроль сопротивления изоляции кабеля штатными приборами. Практикуемые на энергетических предприятиях испытания высоким напряжением, в ходе которых происходит пробой изоляции в «слабых» участках (с последующей заменой пробитых отрезков), на судах категорически запрещен и не может быть применим.

Подобные процедуры не могут предотвратить аварийные ситуации, не дают информации об остаточном ресурсе кабеля на судах с длительным сроком эксплуатации и, кроме того, могут сами по себе приводить к ухудшению состояния изоляции, поскольку испытательное напряжение значительно превышает рабочее (эксплуатационное) напряжение.

Из вышеизложенного следует, что существует актуальная потребность в разработке способов неразрушающего контроля остаточного ресурса изоляции, основанных на процедурах, не связанных с разрушением кабелей, а базирующихся на анализе изменения физических свойств материала изоляции в процессе эксплуатации.

Контроль надежности и оценка остаточного ресурса силовых кабелей могут быть осуществлены на основе измерения абсорбционных характеристик, динамических вольтамперных характеристик, реверсивных и термостимулированных токов и другими технически сложно реализуемыми методами, не имеющими перспективы применения в реальных условиях эксплуатации кабелей на судах [1].

Методы прогнозирования срока службы кабелей с резиновой изоляцией на основе анализа массопотерь [2], оценки электрических параметров изоляции [3] не эффективны при использовании в реальных условиях эксплуатации, поскольку требуют демонтажа кабельной трассы и проведения лабораторных испытаний.

Наиболее перспективно выявление тех диагностических параметров изоляции — физических свойств, — которые изменяются в процессе старения изоляции и могут быть определены с достаточной степенью точности без демонтажа кабельной трассы.

Поэтому актуальной является разработка неразрушающих экспресс-методов для оценки технического состояния кабельных трасс на судах в преддверии выборочного ремонта непосредственно в процессе эксплуатации.

В работе [4] представлена методика оценки технического состояния кабелей путем анализа твердости изоляции. В качестве диагностического параметра, однозначно характеризующего техническое состояние изоляции, выбрано значение твердости H резиновой изоляции. Оценка степени старения кабелей реализуется путем измерения твердости H_i резиновой изоляции по методу Шора. Характеристики изоляции измеряются переносным измерителем типа ТН-200, с помощью которого оценивается твердость материала в пределах от 0 до 100 *HSA*. Достоинство данного метода заключается в возможности определения твердости непосредственно в процессе эксплуатации кабельных трасс, в том числе под напряжением.

При испытаниях исследовалась твердость шланговой изоляции $H_{ш.из.}$ и твердость изоляции жилы $H_{из.ж.}$ путем анализа данных выборки при $n = 30$ измерениях на различных участках исследуемого кабеля. Математическая обработка данных осуществлялась стандартным методом путем расчета среднего значения $H_{ср}$, абсолютной погрешности H при учете коэффициента t_n Стьюдента с доверительной вероятностью $P = 0,95$.

Анализ качества состаренной изоляции с учетом оценки средних значений твердости $H_{ср}$ (изоляции жилы или шланга) показывает, что данный диагностический параметр недостаточно информативен, поскольку параметры твердости H_i изоляции элементов выборки изменяются в относительно широких пределах на поверхности кабеля.

Например, шланговая изоляция и изоляция жилы кабелей КНР, КНРЭ и других выполняются из полимерных материалов — эластомеров, состав которых регламентируется техническими условиями. Несмотря на идентичность механических и электрических характеристик в целом, локальные участки кабелей отличаются друг от друга по своим показателям и характеризуются статистическими характеристиками, обусловленными естественным разбросом данных.

Следует учитывать, что старение изоляции кабелей происходит неодинаково в разных точках поверхности по всей длине кабеля. Это связано с вероятностными процессами протекающих химических реакций, т. е. естественным является разброс значений твердости в различных точках поверхности как у исходного, так и у состаренных кабелей.

В связи с этим, по нашему мнению, более достоверен анализ вероятностных функций характеристик твердости изоляции кабеля, который описывается следующим алгоритмом. В процессе испытаний измеряются значения H_i твердости элементов анализуемой выборки, так что каждое значение твердости H_i — случайная величина, принимающая одно из возможных значений твердости в пределах определенного промежутка от $H_{мин}$ до $H_{мах}$ в результате испытаний.

Совокупность значений выборки как значений случайной величины образует статистический ряд. Для анализа такого ряда можно использовать разнообразные числовые характеристики статистики: среднее

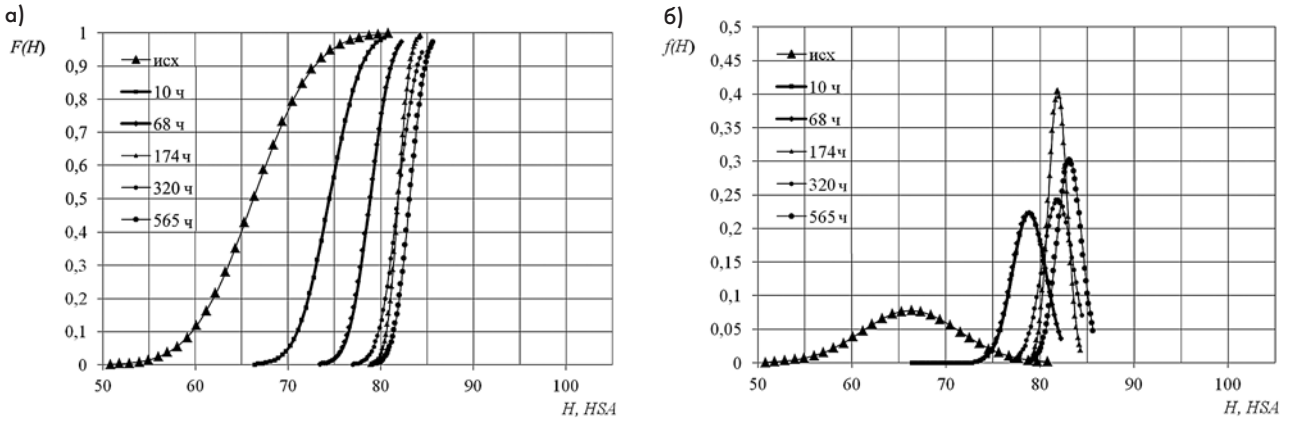


Рис. 1. **Изменение функций *F*(*H*) (*а*) и плотности *f*(*H*) (*б*) распределения твердости изоляции жилы $H_{из.ж.}$ кабеля КНР от времени старения при *T* = 100 °С**

значение $H_{ср}$ (математическое ожидание), стандартное отклонение σ и т. д.

Случайную величину *H* характеризует закон распределения, имеющий две формы представления:

— функция распределения *F*(*H*), определяющая вероятность появления случайной величины; принимает значения от 0 до 1 (интегральная функция);

— плотность распределения — *f*(*H*) = d*F*(*H*)/d*H*, показывающая вероятность попадания случайной величины в заданный интервал и какие значения случайной величины наиболее вероятны.

Рассмотрим особенности применения метода на примере кабелей КНР (3x2,5 мм^2, 4x1,5 мм^2) в процессе старения.

Для оценки влияния температуры на твердость шланговой изоляции и изоляции жилы отрезки кабелей помещались в термостат и выдерживались при фиксированной температуре в течение длительного времени. Периодически твердость изоляции кабелей измерялась после их остывания на воздухе до комнатной температуры.

Объективным критерием утраты изоляционных свойств служит появление видимых трещин на изоляции при ее деформации (изгибе).

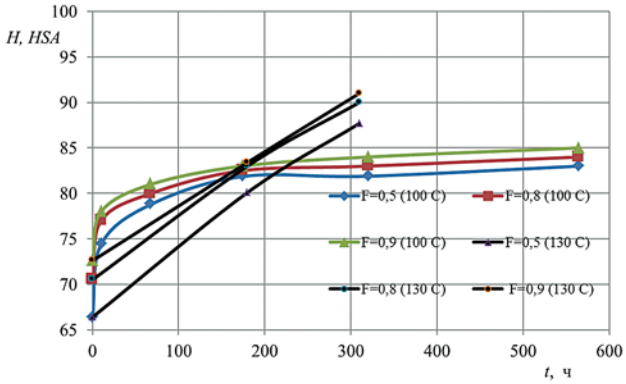


Рис. 2. **Изменение твердости изоляции жилы $H_{из.ж.}$ кабеля КНР при различных значениях функции распределения и температурах старения**

Исследование твердости изоляции жилы

На рис. 1 показано изменение функций *F*(*H*) (*а*) и плотности *f*(*H*) (*б*) распределения твердости $H_{из.ж.}$ изоляции жилы кабеля КНР от времени старения при *T* = 100 °С. По мере старения твердость изоляции жилы увеличивается при различных значениях функции распределения *F*(*H*) в диапазоне от 0 до 1 (рис. 2).

Через 200 ч старения при температуре 100 °С среднее значение твердости $H^{ср}_{из.ж.} = H_{F=0,5}$ возрастает с 70 *HSA* до 85 *HSA*, после чего остается относительно постоянным, возрастая перед окончательным этапом старения до величин, при которых происходит образование трещин.

Анализ результатов испытаний показывает, что старение при 100 °С в течение 700 ч приводит к возрастанию среднего значения твердости $H^{ср}_{из.ж.}$ до 90 *HSA*, однако на поверхности изоляции жилы кабеля КНР трещин еще не наблюдается.

Выдержка изоляции жилы при более высокой температуре *T* =

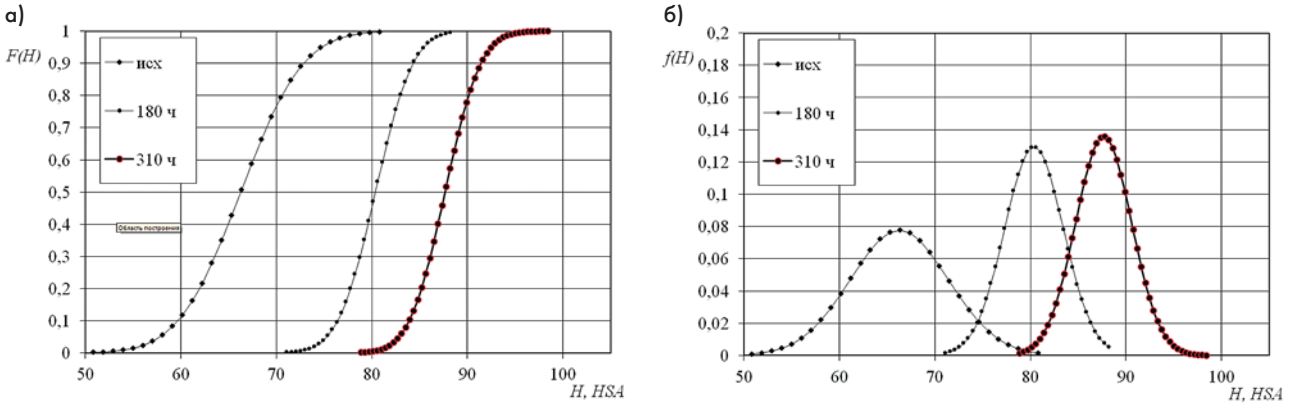


Рис. 3. **Изменение функции *F*(*H*) (*а*) и плотности *f*(*H*) (*б*) распределения твердости изоляции жилы $H_{из.ж.}$ кабеля КНР со временем при температуре *T* = 130 °С**

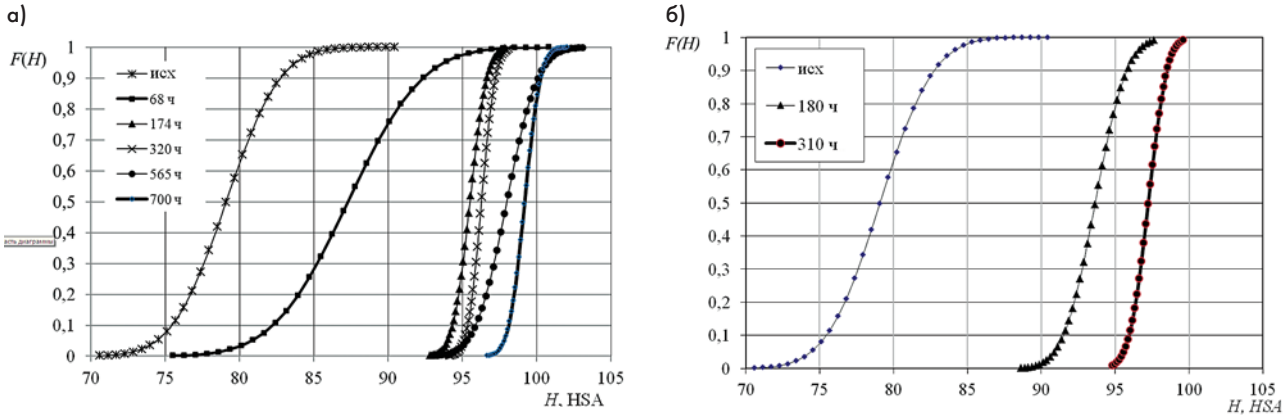


Рис. 4. **Изменение функции распределения *F*(*H*) твердости $H_{ш.из.}$ шланговой изоляции кабеля КНР со временем старения при температурах 100 °С (*а*) и 130 °С (*б*)**

130 °С (см. рис. 2, 3) приводит к ускоренному старению материала. Уже при времени старения 300 ч твердость изоляции жилы возрастает до значений $H_{0,5}$ = 87,8 *HSA*; $H_{0,8}$ = 90 *HSA*; $H_{0,9}$ = 91,5 *HSA* (индекс указывает на значение функции распределения *F*), что сопровождается появлением единичных трещин на поверхности изоляции при деформации кабеля.

Отмечено, что интенсивное образование трещин на поверхности изоляции жилы происходит при условии, когда 90% выборки имеет значение $H_{0,9}$ > 91...92 *HSA*.

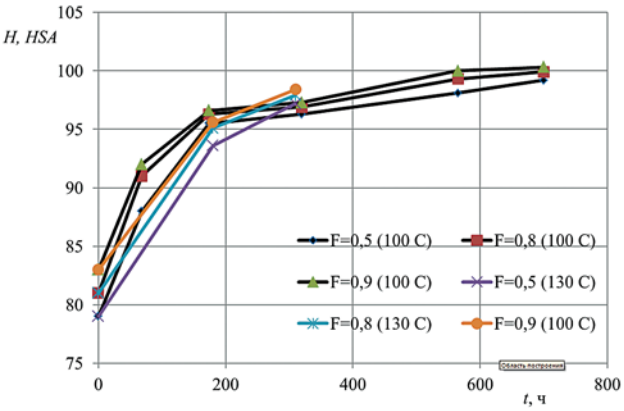


Рис. 5. **Изменение твердости шланговой изоляции $H_{ш.из.}$ кабеля КНР при различных значениях функции распределения и температурах старения**

Исследование твердости шланговой изоляции

На рис. 4 представлены результаты исследования твердости шланговой изоляции кабеля КНР при температуре *T* = 100 °С: со временем твердость возрастает, достигая предельных значений, при которых на поверхности шланговой изоляции появляются трещины.

По мере старения твердость шланговой изоляции при различных значения функции распределения *F*(*H*) монотонно увеличивается (рис. 5).

Через 700 ч старения при температуре *T* = 100 °С среднее значение твердости $H^{ср}_{ш.из.}$ шланговой изоляции возрастает до $H_{0,5}$ = 95 *HSA*.

Повышение температуры (*T* = 130 °С) приводит к более интенсивному старению (см. рис. 5, 6). При времени старения более 300 ч твердость шланговой изоляции $H_{ш.из.}$ возрастает до значений $H_{0,5}$ = 97,2 *HSA*; $H_{0,8}$ = 98 *HSA*; $H_{0,9}$ = 98,5 *HSA*, что сопровождается появлением начальных трещин на поверхности изоляции при деформации кабеля.

Интенсивное образование трещин на поверхности шланговой изоляции происходит при условии, что 90 % выборки имеет значение твердости $H_{0,9}$ > 97...98 *HSA*.

Результаты, аналогичные представленным выше, получены при исследовании изоляции кабелей типа КНРЭ, КНРэК и др.

Заключение. Определение качества изоляции кабелей при помощи переносного измерителя твердости актуально при оценке реального технического состояния судовых сетей и выбраковке состаренных участков кабельной трассы.

Результаты исследований твердости шланговой изоляции и изоляции жилы показывают, что предлагаемая методика позволяет выявить объективные статистические параметры твердости и диагностировать качество изоляции в процессе эксплуатации без демонтажа кабельных трасс.

Представляется целесообразным проведение аудита судовых кабельных трасс во всех помещениях и локальных участках, в особенности с повышенной температурой эксплуатации.

Наиболее проблемными участками кабельных трасс являются разделанные концы изоляции жил, примыкающие к контактным соединениям в блоках ГРЩ, светильников, распределительных коробок и т. п., которые подвержены ускоренному старению, в том числе вследствие локального джоулевского нагрева металлических проводников.

Предлагаемая методика экспресс-диагностирования кабельных трасс успешно применяется на судах рыбопромыслового флота и атомных ледоколах с длительным сроком эксплуатации.

Литература

1. *Пошерстник М. Ю., Салютина М. А.* Справочник по судовым кабелям и проводам. Л.: Судостроение, 1966.
2. *Власов А. Б.* К вопросу о сроке службы кабелей с резиновой изоляцией // Судостроение. 2003. № 1.
3. *Власов А. Б., Маклаков В. Ф.* Способ определения качества изоляции кабелей. А. с. 1394174, СССР. Заявл. 26.05.87 г. № 407662 (24-2) (067846), 4 01 К 31/02(3 29.04.86).
4. *Власов А. Б., Мухалев В. А.* Экспресс-анализ технического состояния кабелей с резиновой изоляцией // Судостроение. 2015. № 6.

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ БЫСТРОХОДНЫХ СУДОВ С ЧАСТИЧНО ПОГРУЖЕННЫМИ ВИНТАМИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. С. Жильцов, e-mail: Cnegmore@rambler.ru (ФГОУ ВО «Государственный морской университет им. адмирала Ф. Ф. Ушакова»

УДК 629.5.03-8].008

В России эксплуатируются быстроходные суда с пропульсивными комплексами (ПК), в состав которых входят два главных двигателя (ГД) фирмы MTU (Германия) суммарной мощностью до 3000 кВт, работающих на приводы Арнесона с частично погруженными винтами (ЧПВ) фиксированного шага. Особенность таких судов — возможность их эксплуатации в водоизмещающем и глиссирующем режимах.

Контроль элементов технического состояния ПК у таких судов для ГД с реверсивным редуктором осуществляется сервисными специалистами по эксплуатационным инструкциям и руководящим документам завода-изготовителя. Мероприятия по обслуживанию и контролю технического состояния линии вала и элементов привода Арнесона в документации не прописаны, и рекомендаций нет.

В процессе эксплуатации судов с ЧПВ возникали различные отказы и неисправности, приводившие к значительным затратам судовладельцев (рис. 1) [1]. Анализ литературных источников, посвященных контролю технического состояния ПК быстроходных судов с ЧПВ, показал, что материалов по отказам и неисправностям недостаточно и их обобщение не проводится.

Актуальной задачей стала разработка и проведение организационно-технических мероприятий, направленных на предупреждение поломок элементов ПК и недопущение аварийных ситуаций. К таким мероприятиям контроля технического состояния ПК с ЧПВ безразборными методами технической диагностики относятся классификационные освидетельствования.

Документы Российского морского регистра судоходства [2, 3] для оценки технического состояния судовых технических средств рекомендуют использовать визуальные, параметрические, трибологические и вибрационные методы контроля. Для контроля технического состояния ПК с ЧПВ в эксплуатации наиболее доступными и информативными являются вибрационные методы. Исследования по контролю вибрации элементов ПК с ЧПВ не публикуются, и нормы для оценки технического состояния по параметрам вибрации не разработаны.

Для проведения контроля технического состояния безразборными методами диагностики необходимо было разработать методику, которая позволила бы контролиро-

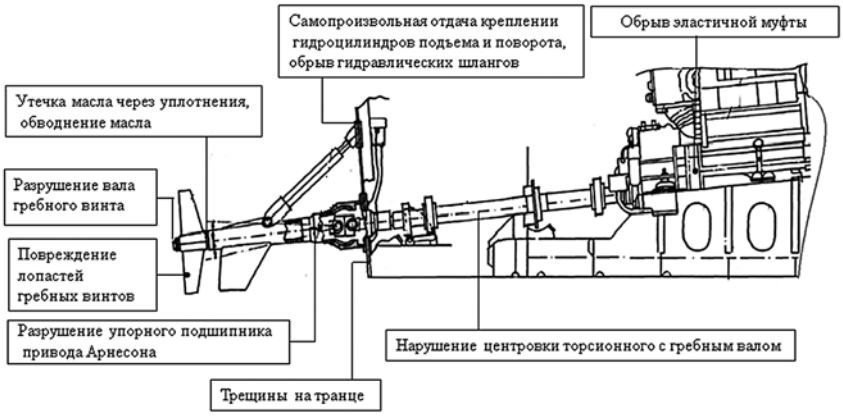


Рис. 1. **Неисправности пропульсивного комплекса с частично погруженными винтами**

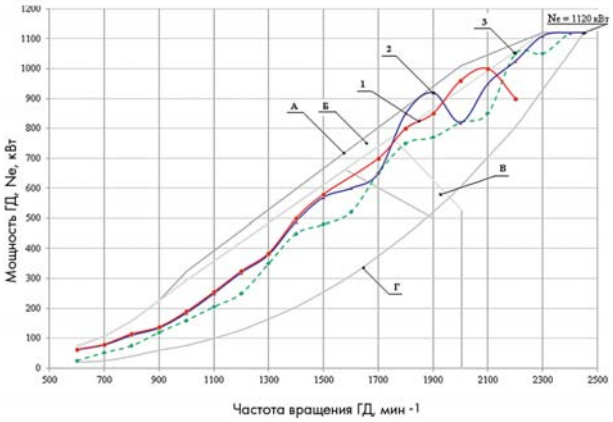


Рис. 2. **Нагрузка ГД при эксплуатации судов с ЧПВ:**
1 — судно №1; *2* — судно №2; *3* — судно № 3; *А* — ограничительная характеристика; *Б* — поле допустимых нагрузок; *В* — зона подключения турбокомпрессора № 2; *Г* — винтовая характеристика

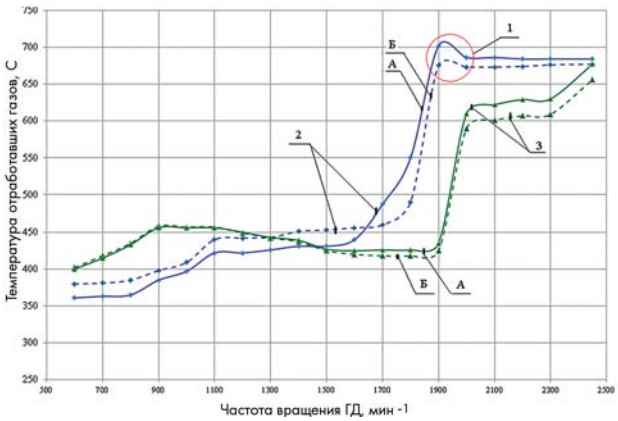


Рис. 3. **Температура отработавших газов ГД при эксплуатации судов с ЧПВ:**
1 — зона максимальных температур отработавших газов ГД; *2* — судно № 2; *3* — судно №3; *А* — левый блок ГД; *Б* — правый блок ГД

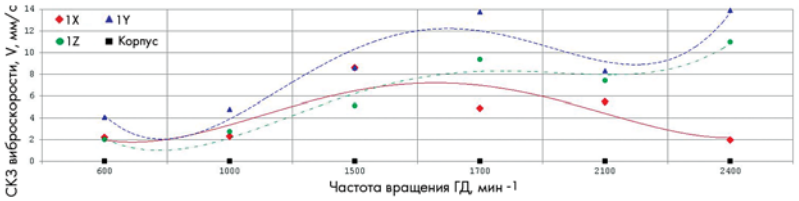


Рис. 4. **Изменение среднеквадратичных значений уровней вибрации пропульсивного комплекса с частично погруженными винтами судна № 2 на различных режимах работы ГД**

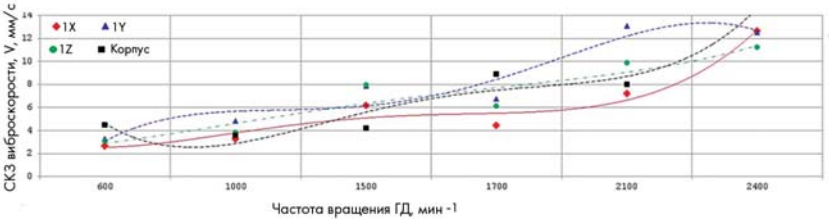


Рис. 5. **Изменение среднеквадратичных значений уровней вибрации пропульсивного комплекса с частично погруженными винтами судна № 3 на различных режимах работы ГД**

вать теплотехнические и вибрационные параметры работы ГД и привода Арнесона.

Переход судна в режим глиссирования должен происходить при частоте вращения ГД выше 2000 мин$^{-1}$ после подключения в работу второго турбокомпрессора (ТК № 2). При этом нагрузка на ГД может достигать максимальных значений (рис. 2). Неверное определение момента выхода на глиссирующий режим экипажами судов вызывает перегрузку ГД (см. рис. 2, судно № 2) и, как следствие, его преждевременный выход из строя.

Состояние корпуса судна также влияет на нагрузку ГД и приводит к невыходу судна на глиссирующий режим (см. рис. 2, судно № 1).

В частности, на судне № 3 неправильный выход на глиссирующий режим привел к повышению температуры отработавших газов свыше 700 °С, что могло послужить причиной отказа ГД (рис. 3).

Анализ результатов измерений по среднеквадратичным значениям (СКЗ) виброскорости показал, что при аппроксимации их полиномом третьей степени уровни вибрации согласуются с нагрузкой ГД (рис. 4, 5).

Таким образом, вибрационные характеристики позволяют оценить не только состояние элементов ПК и привода Арнесона, но и нагрузку на ГД, что дает возможность контролировать не только неисправности судна, но оценить действия экипажа и откорректировать их в случае необходимости при эксплуатации судна.

Литература

1. *Николаев Н. И., Гриценко М. В., Жильцов А. С.* Анализ условий эксплуатации пропульсивных комплексов с частично погруженными винтами//Морской вестник. 2013. № 2 (46).
2. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1, 2. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2015.
3. Руководство по техническому наблюдению за судами в эксплуатации. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2014.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СМАЗОЧНОЙ ПЛЁНКИ В РАДИАЛЬНОМ ПОДШИПНИКЕ СКОЛЬЖЕНИЯ, СМАЗЫВАЕМОМ ВОДОЙ

П. Д. Чхетиани, e-mail: pavelnew1@ya.ru, **Ю. И. Щербаков**
(Институт машиноведения им. А. А. Благонравова, РАН)

УДК 621.822.573

Введение. Известно, что гидродинамическая сплошная смазочная плёнка толщиной 1 мкм и менее может обладать очень высокой несущей способностью и обеспечивать безызносный режим работы радиального подшипника скольжения (ПС) в течение длительного времени. Хорошо известны также факторы, способствующие или, наоборот, препятствующие её возникновению. Среди последних отметим — большие величины диаметрального зазора, шероховатости и непрямолинейности образующих номинально цилиндрических (трущихся) поверхностей и взаимной непараллельности осей шипа и подшипника, которые возникают в результате погрешностей изготовления и сборки, а также тепловых и силовых деформаций в процессе эксплуатации. Если для небольших ПС получение почти идеальной (отклонение порядка десятых долей микрометра) прямолинейности образующих цилиндрических поверхностей задача технически решаемая, то обеспечение параллельности их осей, необходимое для достижения предельной несущей способности гидродинамической смазочной плёнки возможно при условии самоустанавливающейся втулки подшипника, нивелирующей, в частности, негативное влияние конической прецессии шипа на трение и износ.

В последние годы в ЦНИИ КМ «Прометей» разработали и испытали материалы смазываемых водой ПС, которые используются, в частности, для гребных валов (дейдвудные подшипники) судов. Однако сформулированное в [1] требование «...для высокоскоростных судовых подшипников гребных валов (диаметр до 0,8—1 м, работают при скоростях скольжения до 10—12 м/с и средних контактных давлениях до 2 МПа), функционирующих в режиме гидродинамического трения, коэффициент трения должен быть не более 0,03» не базируется на результатах корректных экспериментальных исследований смазываемых водой гидродинамических ПС, т. е. функционирующих преимущественно (за исключением режимов «пуск—останов») при сплошной гидродинамической смазочной плёнке между трущимися поверхностями. Кроме того, необходимо отметить, что до настоящего времени ни в одном из экспериментальных исследований не удалось обнаружить данных, например, о значении паразитной составляющей в измеренной величине силы (коэффициента) трения. Меж-

ду тем при измерениях трения маловязких жидкостей доля паразитного трения может достигать 50%.

Отмеченное — результат проведения исследований по схеме «состав—структура—свойства—технология—промышленное производство материалов и изделий», в которой не нашлось места понятиям «конструкция» и «себестоимость», а также того, что сотрудничество материаловедов-химиков и металлистов не было дополнено сотрудничеством с квалифицированными трибологами-экспериментаторами и конструкторами, имеющими опыт разработки конструкций радиальных гидродинамических ПС с самоустанавливающимися трущимися поверхностями и исследований их трибохарактеристик.

Согласно [2] втулка из тордона диаметром 954 мм и длиной 3400 мм, имеющая диаметральный зазор 3,2 мм, является дейдвудным подшипником. К этому следует добавить, что с таким гигантским диаметральным зазором потенциал ПС при работе в гидродинамическом режиме смазки ничтожен, особенно при использовании в качестве смазки воды.

Толстостенная и достаточно жёсткая дейдвудная труба, в которой установлены втулки ПС, становится ещё более жёсткой благодаря её жёстким связям с корпусом судна. Естественно, что при этом повышается и жёсткость корпуса судна. Это позволяет уменьшить деформации дейдвудной трубы при эксплуатации и соответственно взаимную несоосность вмонтированных в неё втулок ПС. Если теперь предположить даже идеальными соосность втулок и постоянство упругой линии судна в процессе эксплуатации, то достаточно отклонения от прямолинейности оси гребного вала в результате погрешностей изготовления или под воздействием массы винта в несколько десятков микрометров, чтобы максимумы эпюр давлений в ПС из середин втулок сместились в направлении их торцов.

Однако неизбежные деформации корпуса судна в эксплуатации, благодаря уже упоминавшимся жёстким связям, постоянно изгибают и «скручивают» дейдвудную трубу, что, естественно, не способствует совпадению форм эпюр давлений в ПС, полученных в результате расчёта и на практике. Взаимный перекос осей вала и втулки и обусловленное им резкое повышение давлений в смазочном слое вблизи торцов втулок может приводить к нарушению сплошности гидродинамической смазочной плёнки, высоким значениям коэффициента трения и возникновению износа, повышению уровней вибрации и структурного шума и, наконец, к выходу подшипника из строя.

Свой вклад в деформации дейдвудной трубы и гребного вала вносят система передачи мощности на винт и реакции последнего, а также качка и другие факторы.

Деформации и отклонение от прямолинейности оси гребного вала инициируют его коническую прецессию, негативное влияние которой на трение и износ ПС тем выше, чем меньше диаметральный зазор и чем больше длина втулки.

Наконец, толщина гидродинамической водяной смазочной плёнки не может превосходить величин, соизмеримых с величинами шероховатостей и отклонений от прямолинейности образующих цилиндрических поверхностей даже наиболее тщательно изготовленных валов и отверстий, диаметры которых измеряются сотнями, а длины — тысячами миллиметров.

Анализ свидетельствует о том, что вода в реальных крупногабаритных дейдвудных ПС в штатных условиях эксплуатации не может обеспечить полного разделения трущихся поверхностей вала и втулки гидродинамическим сплошным смазочным слоем.

Целью работы, результаты которой представлены в данной статье, было определение (экспериментальным путём) условий, при которых водяная, гидродинамическая смазочная плёнка обеспечивает отсутствие непосредственного взаимного соприкосновения трущихся поверхностей вала и втулки. Это позволит дать ответ на вопрос о ведущей функции воды в уже эксплуатируемых и во вновь разрабатываемых крупногабаритных дейдвудных ПС.

МАТЕРИАЛЫ, МАШИНА ТРЕНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предварительные замечания

I. Из двух гидродинамических ПС большей несущей способностью обладает тот, у которого смазочная плёнка в зоне трения перестаёт быть сплошной в одном из трёх случаев: либо при бóльших давлениях, либо при бóльших температурах, либо при меньших скоростях скольжения, чем у другого.

II. Жидкий смазочный материал в ПС выполняет ряд функций, важнейшие из которых:

1. Снижение износа и энергетических потерь путём создания граничных плёнок на трущихся поверхностях, а при благоприятных условиях и гидродинамической сплошной смазочной плёнки между последними. (Поскольку вода не обладает сколько-нибудь значительными способностями формировать на трущихся поверхностях граничные смазочные плёнки достаточной толщины, т. е. соизмеримые с величиной шероховатости реальных ПС гребных валов, изготовление которых технически возможно и экономически целесообразно, здесь исследуется несущая способность гидродинамической смазочной плёнки.);

2. Охлаждение трущихся поверхностей;

3. Эвакуация продуктов износа из зоны трения;

4. Уплотнение зазоров, т. е. предотвращение попадания в пространство между шипом и втулкой чего-либо, кроме собственно смазочного материала.

III. Признаки наличия гидродинамической сплошной смазочной плёнки в зоне трения.

Принято считать, что определить наличие гидродинамической сплошной смазочной плёнки между трущимися электропроводящими поверхностями можно, в частности, путём подведения электрического тока к зоне трения. Предполагается, что непосредственное соприкосновение вершин неровностей противолежащих поверхностей должно вызывать замыкание электрической цепи, свидетельствующее о нарушении сплошности гидродинамической смазочной плёнки в конкретной точке. Однако метод имеет существенные ограничения. В частности, в случаях, когда жидкость между трущимися поверхностями электропроводна, а также, если неэлектропроводна хотя бы одна из трущихся поверхностей (при смазке — диэлектрике), использование электрического тока для регистрации наличия гидродинамической сплошной смазочной плёнки невозможно.

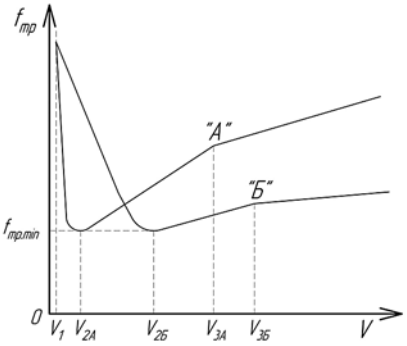


Рис. 1. **Универсальная экспериментальная зависимость Штрибека: коэффициент трения — скорость относительного перемещения поверхностей при наличии жидкой среды в зоне трения**

Универсальным методом определения наличия сплошной гидродинамической смазочной плёнки в зоне трения ПС является получение экспериментальной зависимости Штрибека (рис. 1) — коэффициента трения $f_{тр}$ от скорости скольжения *V*. Зависимость Штрибека однозначно свидетельствует о том, что, к примеру, при скоростях скольжения свыше величины $V_{2А}$ (А — высоковязкая жидкость) и свыше величины $V_{2Б}$ (Б — маловязкая жидкость) все 100% нагрузки воспринимаются гидродинамической сплошной смазочной плёнкой. По мере уменьшения скоростей скольжения ниже величин $V_{2А}$ и $V_{2Б}$ сплошная гидродинамическая смазочная плёнка разрушается и всёвозрастающую часть нагрузки начинают воспринимать граничные смазочные плёнки на трущихся поверхностях.

Характер изменения коэффициента трения в широком диапазоне скоростей скольжения свидетельствует о том, что наличие полного разделения трущихся поверхностей сплошной гидродинамической смазочной плёнкой, обеспечивающее их безызносность, отнюдь не гарантирует меньших энергетических потерь по сравнению с режимом, при котором трущиеся поверхности входят в непосредственное силовое соприкосновение друг с другом (величины $f_{тр}$, прилегающие слева к величинам $f_{тр\ min}$).

Наконец, величина $f_{тр\ min}$ при гидродинамической сплошной смазочной плёнке зависит в основном от «прилегаемости» трущихся поверхностей, определяемой, например, в случае радиальных ПС диаметральным зазором, величиной отклонения от прямолинейности образующей цилиндра и шероховатостью трущихся поверхностей. Чем выше «прилегаемость» трущихся поверхностей, тем меньше значение скорости скольжения, приводящее к нарушению целостности гидродинамической сплошной смазочной плёнки, и соответствующей ей $f_{тр\ min}$.

Материалы. Шипы ПС были изготовлены из титановых сплавов 2В и 3М, подвергшихся после механической обработки оксидированию трущейся поверхности; вкладыши, устанавливаемые в стальные втулки, из графитофторопласта 7В2А ($C + MoS_2$) (рис. 2 и 3).

Основные размеры (диаметр х длина образующей трущейся поверхности): шип 50×18 мм, вкладыш 50×16 мм; диаметральные зазоры от 30 до 35 мкм; шероховатость R_a: шипов до испытаний 0,24—0,26 мкм, после испытаний 0,13—0,14 мкм; вкладышей до испытаний 1,81 мкм, по мере испытаний 0,50, 0,18 и 0,08 мкм; отклонение образующей цилиндра от прямолинейности: шипов до испытаний — менее 0,50 мкм.

Смазочный материал — пресная вода.

Машина трения (МТ). МТ для прецизионных измерений сил трения должны характеризоваться:

1) способностью в течение всего опыта и от опыта к опыту измерять или поддерживать постоянными важнейшие параметры испытаний, особенно размеры зоны трения, давления и форму эпюры давлений в ней (форма эпюры давлений образующей вкладыша ПС как в статике, так и в динамике обладает зеркальной симметрией [3], плоскость симметрии перпендикулярна образующей и делит её пополам, эпюра давлений «опирается» на образующую на всём её протяжении);

2) отсутствием паразитных потерь на трение;

3) достаточно широкими поддиапазонами внутри диапазонов технических характеристик, свободными от больших амплитуд колебаний, совпадающих с направлением действия сил трения.

В основе конструкции описываемой МТ (рис. 4) [4] лежит классический принцип физического маятника, подвешенного на горизонтально расположенной вращающейся оси. Ось — вал (шип) вращается в корпусе *6* на двух подшипниках качения (ПК) посредством электродвигателя постоянного тока мощностью 1,25 кВт при n_{max} = 3500 об/мин либо электрошпинделя мощностью 2,2 кВт при n_{max} = 48 000 об/мин. Один конец вала электрошпинделя смонтирован на высокоскоростном шарикоподшипнике, другой же на аэростатических опорах. На свободном консольном конце вала устанавливается шип ПС *9*. Втулка подшипника крепится в обойме *5*, которая совместно с подушкой *3*, жестко закрепленной на голове *2* маятника, образует ножевую опору. Вертикально направленная нормальная сила, рассчитанная на основании масс отдельных частей маятника, включая или исключая грузы *1* и *7*, устанавливаемые соответственно на голове *2* маятника и на двух площадках продольной балки *10*, закрепленной на маятнике, а также массы втулки подшип-

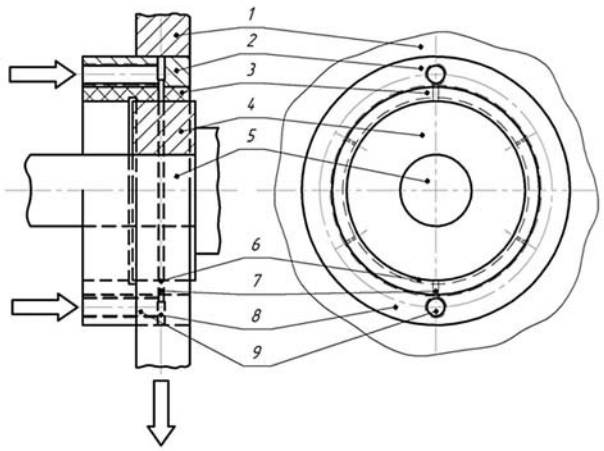


Рис. 2. **Подшипник скольжения:**
1 — обойма с ножом ножевой опоры; *2* — втулка подшипника с вкладышем; *3* — вкладыш втулки подшипника; *4* — шип; *5* — вал МТ; *6* — водораспределительная канавка во вкладыше; *7* — водораспределительные отверстия во вкладыше (6 шт.); *8* — водораспределительная канавка во втулке подшипника; *9* — водораспределительные отверстия во втулке подшипника (2 шт.) Горизонтальными стрелками показано направление ввода воды во втулку подшипника, вертикальной стрелкой — направление и плоскость действия нормальной силы (нагрузки)

ника, находится в плоскости, которая делит трущуюся часть образующей цилиндра втулки на две равные части (см. рис. 3). Зеркальная симметрия формы эпюры давлений образующей цилиндра вкладыша обеспечивается путём нивелирования негативного влияния конической прецессии шипа. Для этого вкладыш имеет возможность автоматических линейных и угловых перемещений относительно осей *x*, *y* и *z*, что позволяет ему самоустанавливаться на образующей поверхности шипа как в статике, так и в динамике при условии, что последний вращается не слишком быстро.

Рис. 3. **Вкладыш из графитофторопласта 7В2А, запрессованный в стальную втулку и титановые шипы *1* и *2*, с оксидированной трущейся поверхностью**

МТ оборудована гидравлическим демпфером колебаний маятника. Демпфер представляет собой две заполненные жидкостью ёмкости *14*, в которые опущены жестко закрепленные на маятнике, посредством поперечной балки *12*, лопасти *15*. Назначение демпфера — сглаживание (при необходимости) пиковых значений силы трения. Кроме того, демпфер, уменьшая амплитуду колебаний маятника, снижает риск разрушения датчика *19*, предназначенного для измерений угла отклонения маятника от положения равновесия.

При вращении шипа (вала) на втулку ПС *9*, наряду с тангенциальными силами (силами трения), действуют осевые силы различного происхождения. Для уравновешивания осевых сил, возникающих вследствие несовпадения оси вращения с горизонтом, вызванных погрешностями установки корпуса *6* подшипникового узла в горизонтальной плоскости, изготовления и сборки, а также различной величины изгиба консольного вала при использовании маятников различной массы, применены аэростатические направляющие *4*, предотвращающие перемещения маятника в сборе с втулкой подшипника вдоль оси вращения вала.

Благодаря аэростатическим направляющим, сила трения в которых практически равна нулю, в силоизмерительной системе МТ отсутствует паразитное трение, что обеспечивает высокую точность измерений. Кроме того, они позволяют исследовать режимы при отсутствии непосредственного соприкосновения материалов трущихся тел (например, гидродинамические и др.) электрическими методами. В противном случае пришлось бы электрически изолировать шип или втулку ПС *9*, что обычно существенно искажает естественное распространение тепла. Здесь же отметим, что регистрация наличия—отсутствия непосредственного соприкосновения материалов трущихся (электропроводящих) тел осуществляется с помощью специального прибора. Напряжение постоянного тока, равное 2 мВ, подаваемое в зону трения путем крепления одного электрода неподвижно к голове *2* маятника и верчения другого (подпружиненного острия) — к центровочному отверстию вращающегося вала, позволяет регистрировать факты соприкосновения вершин противолежащих неровностей трущихся поверхностей с минимальной продолжительностью в 1 мкс.

На рычаге *8* (для создания искусственного момента сил), закрепленном на голове *2* маятника, на расстоянии 105 мм (или 210 мм) от оси вращения, в точке *C* (или *D*) закреплена полоска фольги толщиной 0,05 мм и шириной *6* мм, на нижнем конце которой подвешена чаша *11* для приема грузов общей массой до 0,03 кг.

МТ оборудована системой создания и поддержания температур зоны трения. При необходимости дополнительно, бесконтактно, с помощью другого нагревателя, может нагреваться вращающийся вал с закреплённым на нём шипом.

Токовихревой датчик *19* линейных измерений может перемещаться в горизонтальном направлении вдоль продольной плоскости качания маятника по направляющим скольжения, либо бесступенчато, посредством микрометрического винта, либо ступенчато, посредством использования плиток Иогансона.

МТ оборудована виброметром, с помощью которого в направлении действия силы трения измеряются амплитуды колебаний корпуса *6* подшипникового узла.

Токовихревой датчик *21*, предназначенный для измерений горизонтальных перемещений (в направлении действующих в ПС сил трения) станины МТ, возникающих при некоторых частотах вращения вала электродвигателя, находится на расстоянии около 0,5 мм от станины и закреплён на отдельно стоящем основании.

С помощью МТ определяются зависимости сил трения от нижеперечисленных параметров:

в жидкостях (смазочные материалы, дизельные и авиационные топлива и т. д.) — реологии; химического состава, вязкости и пьезокоэффициента вязкости, смазывающих свойств; скорости, температуры и давления; взаимодействия с трущимися поверхностями; способа подачи в зону трения ; кинематики испытательного узла трения, его геометрии, вибраций.

в подшипниках скольжения — характеристик и количества жидкости в зоне трения, способа подачи; отношения длины подшипника к его диаметру и диаметрального зазора; скорости, температуры и давления; геометрии, отклонений от правильной геометрической формы, волнистости, шероховатости и приработки; конической прецессии и вибраций; взаимного осевого смещения шипа и подшипника и изменения формы и размеров зазора вследствие тепловых и силовых деформаций; материалов основы и «покрытий», их поверхностных слоев и граничных смазочных плёнок на них, термообработки, коэффициентов термического расширения; углового перекоса между поверхностями трения; диаметральных зазоров (натягов) между шипом и валом, втулкой и корпусом и т. д.

Силы трения в жидкостях и в ПС зависят также от продолжительности испытаний, параметров атмосферы и т.д. Очень часто достоверно

определять изменения сил трения во времени можно только благодаря длительным испытаниям.

Технические характеристики машины МТ: предельные размеры испытуемых или испытательных (в случаях исследований трибохарактеристик жидких и пластичных смазочных материалов, а также дизельных и авиационных топлив) подшипников с $d_{вн}$ = 12 мм до $D_{нар}$ = 75 мм; частота вращения вала 0,09...48 000 об/мин (0,0015...800 $с^{-1}$); нагрузка 150...3000 Н (15...300 кгс); температура 293...423 К (20...150 °С); дискретность измерений коэффициента трения — до $1 \cdot 10^{-5}$; относительная погрешность измерений коэффициента трения — не более 2%.

Методика измерения сил (коэффициентов) трения. Известно, что при использовании в качестве силоизмерителей маятников, момент сил трения рассчитывается по формуле

$$M = mgl\sin\varphi \quad \text{или} \quad M = Pl\sin\varphi,$$

а $f_{тр} = M/rP$,

где M — момент сил трения, Н·м; m — масса маятника, кг; P — вес маятника в сборе, Н; g — ускорение свободного падения, м/$с^2$; l — расстояние от точки подвеса до центра масс маятника, мм; φ — угол отклонения маятника от положения равновесия, угл. град; r — радиус шипа, м.

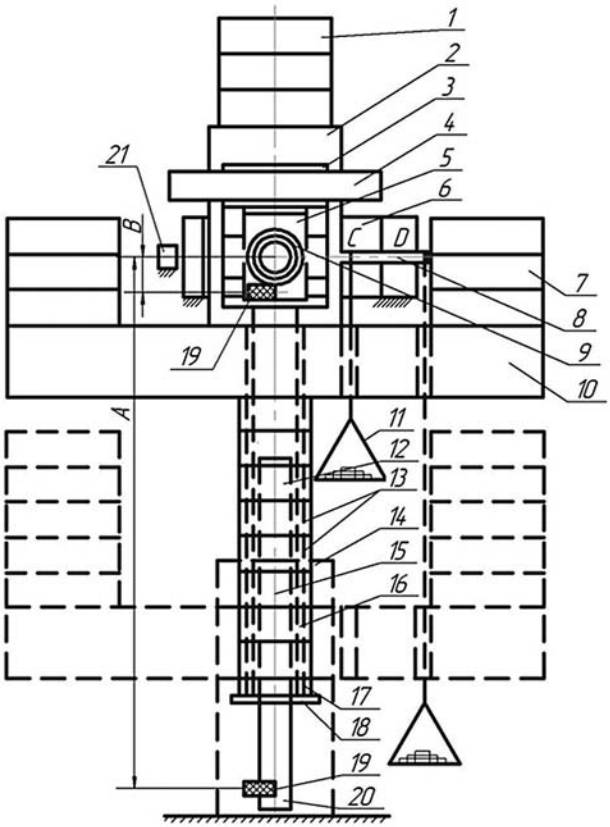


Рис. 4. **Машина трения:**
1 — грузы на голове маятника; *2* — голова маятника; *3* — подушка ножевой опоры; *4* — аэростатические направляющие; *5* — обойма с ножом ножевой опоры; *6* — корпус подшипникового узла; *7* — грузы на концах продольной балки; *8* — рычаг от оси вращения до точки *C* (105 мм) или до точки *D* (210 мм) для создания искусственного момента сил; *9* — испытуемый или испытательный (в случае жидкостей) ПС; *10* — продольная балка для установки грузов; *11* — чаша для дополнительных грузов; *12* — поперечная горизонтальная балка для крепления лопастей демпфера колебаний маятника; *13* — 50-миллиметровые регулировочные втулки; *14* — двухкорпусная ёмкость жидкостного демпфера; *15* — лопасти жидкостного демпфера; *16* — тело маятника; *17* — 25-миллиметровая регулировочная втулка; *18* — болт - упор для фиксации продольной балки на теле маятника; *19* — токовихревой датчик, установленный на максимальном расстоянии А от точки подвеса (В — на минимальном расстоянии) маятника; *20* — удлинитель маятника; *21* — токовихревой датчик для измерения горизонтальных перемещений станины (корпуса) МТ

Для повышения чувствительности маятникового силоизмерителя необходимо (при заданной массе маятника, которая определяется на основании поставленной задачи) максимально уменьшить l, что при одной и той же силе трения в ПС приведёт к увеличению φ.

При минимальной массе снаряженного для испытаний маятника, равной 15 кг (без грузов и продольной балки *10*), величина l не может быть менее 100 мм. Далее, по мере увеличения массы (количества навешиваемых грузов), величину l можно уменьшать или увеличивать, соответственно увеличивая или уменьшая чувствительность силоизмерителя. Естественно, что максимальная чувствительность может быть достигнута при минимальном l, т. е. тогда, когда центр масс маятника в сборе почти совпадет с осью вращения.

Массы отдельных элементов маятника определяются с максимально возможной точностью. В частности, определение масс маятника (лопастей *15* демпфера), находящихся в двух ёмкостях *14* демпфера, осуществляется с помощью весов, при этом лопасти демпфера погружены на штатную глубину в жидкость, которой заполнен демпфер.

Масса маятника, определяющая величину нормальной силы в зоне трения, может изменяться в широких пределах (от 15 до 300 кг). В широких пределах может регулироваться также расстояние от точки подвеса до центра масс маятника. Для этого продольная балка *10* с грузами *7* на ее концах может перемещаться ступенчато вверх—вниз через каждые 25 мм вдоль тела *16* маятника с помощью одной 25-мм и семи 50-мм втулок. Дополнительно перемещению центра масс маятника вверх—вниз способствуют грузы *1*, устанавливаемые на голове *2* маятника. Таким образом, при измерениях сил трения можно регулировать чувствительность силоизмерителя. Максимальная чувствительность при заданной массе достигается путем перемещения продольной балки *10* с грузами *7* в верхнее крайнее положение с последующим перекладыванием грузов *7* с концов балки на голову *2* маятника. Показателем того, что уровень максимальной чувствительности уже достигнут, является невозвращение маятника в положение устойчивого равновесия. После этого, с головы *2* маятника удаляются два груза *1* одинаковой массы, которые возвращаются на продольную балку *10* маятника по одному на каждый конец.

Расчет сил трения включает в себя определение величины l. Для тела неидеально правильной формы и с неодинаковой плотностью по объёму, каковым является любой физический маятник, существует несколько способов определения l [5]. В частности, в ИМАШ РАН применяется метод качания на параллельных осях. При его реализации используется измеренное с высокой точностью (7 значащих цифр) в не-

посредственной близости (менее 1 м) от МТ ускорение свободного падения. Метод дает возможность определения l с дискретностью 0,1 мм и менее. Более простым является определение силы трения без измерения l. Для этого, вращая шип со строго фиксированной частотой, с помощью токовихревого бесконтактного датчика *19* линейных измерений, определяют горизонтальные перемещения заданной точки маятника, находящейся на расстоянии не менее 12,5 мм и не далее 750 мм от оси качания. Разумеется, наряду с частотой вращения строго поддерживается постоянство остальных параметров, в частности температуры. После этого на чашу *11* устанавливаются образцовые грузы. Зная массу грузов и длину рычага *8* от оси вращения до точки *C* (105 мм) или до точки *D* (210 мм), на которые они воздействуют, достаточно просто определить момент сил. Таким образом, можно рассчитать цену деления. К примеру, масса в 1 г, действующая на плече 105 мм, перемещает заданную точку маятника на расстояние 10 мкм. Если теперь в результате изменения частоты вращения шипа (в настоящем исследовании использовались шипы ∅ 50 мм) на те же 10 мкм переместилась та же зона маятника, то это свидетельствует о равенстве моментов сил. В первом случае сила действовала на плече 105 мм, во втором — на радиусе 50/2 = 25 мм. Отсюда следует, что в зоне трения на радиусе 25 мм действовала сила, в 105,0/25 = 4,2 раза превышающая тарировочную. Зная массу маятника, рассчитывают коэффициент трения.

Естественно, что после того, как на чашу *11* устанавливаются грузы (не более 0,03 кг), масса маятника увеличивается, соответственно увеличивается нормальная сила, действующая в зоне трения. Некоторое несовершенство метода очевидно. Тем не менее он настолько более производителен, по сравнению с методом определения l путем качания на параллельных осях, а погрешности настолько ничтожны (максимальная относительная погрешность измерений не превосходит 0,2%), что данный метод стал основным.

Уменьшая расстояние от точки подвеса до центра масс маятника и массу, навешиваемую в точках *C* или *D*, можно обеспечить условия, при которых относительная погрешность измерений не будет превосходить наперед заданной величины.

При дискретности измерений токовихревых датчиков перемещений, равной 1 мкм, и линейном диапазоне измерений 0 ± 700 мкм всегда имеется возможность повысить чувствительность силоизмерителя настолько, чтобы относительная погрешность измерений не превосходила 0,5%, что на порядок меньше обычно встречающейся в практике трибоиспытаний.

Чаша *11* с грузами может использоваться также для расширения диапазона измерений. Для этого по мере того, как вследствие больших величин сил трения линейный диапазон токовихревых датчиков *19* оказывается недостаточным, маятник, посредством соответствующих грузов, возвращается обратно. При этом масса грузов на чаше не должна, как это показано ранее, повышать относительную погрешность измерения массы маятника свыше заданной условиями эксперимента величины (либо должна учитываться). Невлияющим на величину массы маятника является метод горизонтального ступенчатого или бесступенчатого перемещения токовихревого датчика в продольной плоскости качания маятника соответственно посредством плиток Иогансона или микрометрического винта.

К примеру, при вращении шипа против часовой стрелки нижний конец маятника уходит вправо и расстояние от токовихревого датчика *19* до удлинителя маятника *20*, увеличиваясь, выходит за пределы линейного диапазона датчика (0 ± 700 мкм). Нагружая чашу *11*, удается вернуть маятник в линейный диапазон. Определяется возвращающий момент сил, с которым и складывается измеряемый.

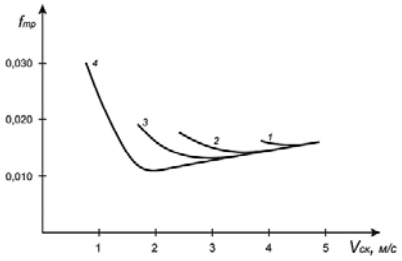


Рис. 5. **Зависимости коэффициентов трения от скорости скольжения:**
1 — R_a = 0,25 мкм (шип); R_a = 1,81 мкм (вкладыш); *2* — R_a = 0,18 мкм (шип); R_a = 0,50 мкм (вкладыш); *3* — R_a = 0,15 мкм (шип); R_a = 0,18 мкм (вкладыш); *4* — R_a = 0,13 мкм (шип); R_a = 0,08 мкм (вкладыш)

Важной особенностью метода является определение положения равновесия маятника, т. е. φ_o. Для этого, в предположении, что сила трения в подшипнике не зависит от направления вращения шипа, вал, при строго одинаковой частоте, вращается сначала по часовой стрелке, а затем против неё. Суммарная величина горизонтального перемещения маятника, делённая пополам, определяет положение равновесия.

Модернизированная методика получения экспериментальных зависимостей коэффициента трения $f_{тр}$ от скорости скольжения *V* (Штрибека). В разгруженный ПС подаётся смазочный материал, шип приводится во вращение до величин $V_{мах}$, в 5—10 раз превосходящих ту, при которой в заданных конкретных условиях испытаний гидродинамическая сплошная смазочная плёнка перестаёт существовать (определяется на основании предварительных опытов, для которых используется такая же пара трения, что и в основных). ПС нагружается заданной нормальной силой, после чего *V* постепенно уменьшается до тех пор, пока уменьшающийся синхронно с *V* коэффициент $f_{тр}$ не начнёт постепенно расти, что свидетельствует о разрушении гидродинамической сплошной смазочной плёнки. В этот момент необходимо экстренно увеличить *V* и разгрузить подшипник, в противном случае трущиеся поверхности могут быть повреждены, что не позволит вести опыты по исследованиям гидродинамической смазки с прежней парой трения. В настоящем исследовании синхронная регистрация прохождения электрического тока через зону трения невозможна, так как оксидированная поверхность шипа является диэлектриком.

Условия и результаты экспериментального исследования: давление в подшипнике 0,2 МПа; скорость скольжения 0,8—4,7 м/с; температура воды 12 °С; расход воды 6 л/ч.

Экспериментальные зависимости коэффициента (рис. *5*, кривые *1*, *2*, *3*, *4*) трения $f_{тр}$ от скорости скольжения *V* (Штрибека) получены в опытах, отличающихся продолжительностью испытаний, что со временем

приводило к постепенному повышению взаимной «прилегаемости» трущихся поверхностей шипа и вкладыша. Минимальный коэффициент трения (кривая *4*) достигнут при наиболее гладких шипе — R_a = 0,13 мкм, вкладыше R_a = 0,08 мкм, скорости скольжения 1,8 м/с и равен 0,0116. О наличии гидродинамической сплошной смазочной плёнки между трущимися поверхностями свидетельствует отрезок экспериментальной зависимости, характеризующийся падением $f_{тр}$ с уменьшением скорости скольжения. По мере того, как шероховатость трущихся поверхностей уменьшалась, гидродинамическая сплошная смазочная плёнка разрушалась при всё меньших скоростях скольжения.

Выводы. 1. Для определения несущей способности гидродинамической сплошной смазочной плёнки необходимо получение экспериментальной зависимости Штрибека — силы (коэффициента) трения от скорости скольжения.

2. Максимальная несущая способность смазочной плёнки и соответственно максимальный ресурс, а также минимальные уровни вибрации и структурного шума ПС (вследствие демпфирующих свойств гидродинамической сплошной смазочной плёнки) могут быть достигнуты в результате разработки конструкций ПС с малоинерционными самоустанавливающимися трущимися поверхностями.

3. Максимальное энергосбережение достигается в области минимального коэффициента трения на экспериментальной зависимости Штрибека, при минимальной толщине гидродинамической сплошной смазочной плёнки, и сопровождается эпизодическим взаимодействием наиболее высоких неровностей двух противолежащих трущихся поверхностей, что чревато повреждением последних.

4. Наличие гидродинамической сплошной смазочной плёнки в крупногабаритных ПС с традиционными диаметральными зазорами, микро- и макрогеометрией трущихся поверхностей и в отсутствие самоустановки последних маловероятно, поэтому ведущими функциями воды становятся охлаждение трущихся поверхностей, эвакуация продуктов износа из зоны трения и уплотнение зазоров.

5. Титановые сплавы 2В и 3М с оксидированной трущейся поверхностью обеспечивают высокий уровень качества (микро- и макрогеометрию) трущейся поверхности, вкладыши же из 7В2А (С + MoS_2), запрессованные в стальные втулки, с течением времени несколько увеличиваются в объёме, что приводит к уменьшению диаметрального зазора.

Заключение. Ресурс, энергосбережение, уровни вибрации и структурного шума смазываемого ПС зависят в первую очередь от его способности функционировать в условиях сплошной гидродинамической смазочной плёнки между трущимися поверхностями. Поставленная задача решается в тесном взаимодействии конструкторов, имеющих опыт разработки конструкций ПС с самоустанавливающимися трущимися поверхностями, специалистов по разработке материалов и квалифицированных трибологов-экспериментаторов, владеющих соответствующими методами испытаний и машинами трения.

Литература

1. *Горынин И. В., Анисимов А. В., Бахарева В. Е.* Антифрикционные углепластики в подшипниках скольжения судовых механизмов//Судостроение. 2014. № 1.
2. *Морозов К. Н.* Перспективные методы центровки судовых валопроводов//Судостроение. 2014. № 1.
3. *Выгодский М. Я.* Справочник по элементарной математике. М.: Наука, 1976.
4. *Комбалов В. С.* Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: Справочник/под ред. К. В.Фролова, Е.А. Марченко. М.: Машиностроение, 2008.
5. *Гернет М. М., Ратобыльский В. Ф.* Определение моментов инерции. М.: Машиностроение, 1969.

ТАНКЕР «АКАДЕМИК ПАШИН»

26 мая на Невском судостроительно-судоремонтном заводе состоялся спуск на воду среднего морского танкера «Академик Пашин» (пр. 23130, ЗАО «Спецсудопроект»), построенного по заказу Минобороны РФ. Его наибольшая длина 130 м, ширина 21 м, осадка 7 м, дедвейт 9000 т, скорость хода до 21 уз, автономность 60 сут., экипаж 24 чел. Район плавания — неограниченный. Это самое большое судно, когда-либо спускавшееся на воду за более чем столетнюю историю предприятия. Данному событию предшествовала модернизация слипа. В результате масса спускаемых судов увеличился до 4000 т, а длина — до 150 м.

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОКРАСКЕ СТАЛЬНЫХ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И. А. Воронцов, канд. техн. наук, e-mail: igorvorontsov@mail.ru
(ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адмирала Г. И. Невельского»)

УДК 667.6:629.5

Основной конструкционный материал современного судостроения — сталь — имеет недостаточную коррозионную стойкость для условий работы морских судов, поэтому стальные конструкции судов должны быть окрашены. Однако само по себе окрашивание не является гарантией надежности стальных корпусных конструкций.

Это подтверждается практикой эксплуатации стальных судов с момента их появления. Коррозия стальных конструкций судов приводила к их повреждениям, водотечности, авариям судов, потере груза и гибели людей. В мире практически нет морских торговых стальных судов в хорошем техническом состоянии в возрасте 40—50 лет. Поддержание удовлетворительного технического состояния судов в возрасте 10—30 лет достигается значительными по объему заменами корпусных конструкций, выполняющимися каждые 5 лет. В конце концов судовладельцам по экономическим соображениям приходится заменять старые суда новыми.

С государственной точки зрения необходимости в такой «ротации» просто нет. В качестве аналогии можно взять гражданское строительство. Представьте, что многоэтажные дома необходимо перестраивать каждые 30—40 лет и каждые 5 лет капитально ремонтировать. При этом следует учесть, что стоимость современных новых крупных танкеров типа «суэцмакс» дедвейтом 120—160 тыс. т составляет примерно 4 млрд руб., а стоимость даже «небоскребов» не превышает 1 млрд руб.

Все сказанное стало причиной разработки международного стандарта на нанесение защитных покрытий на стальные конструкции морских судов, который обычно обозначают PSPC [1]. В настоящее время эти требования распространяются на балластные танки. Однако известно, что область распространения этого стандарта будет расширяться.

В общем случае долговечность системы окраски и соответственно стальных конструкций определяется следующими факторами:

1) условиями их работы;

2) подготовкой поверхностей к окрашиванию;

3) количественными и качественными характеристиками системы окрашивания;

4) технологией нанесения покрытий и метеорологическими факторами при нанесении краски;

5) метеорологическими условиями во время высыхания краски.

Очевидно, что надежность покрытия в известной мере определяет надежность стальных конструкций. Поэтому конструкции современных судов могут быть названы композитными, состоящими из стали и краски.

Требования международного стандарта к системам окрашивания

Рассмотрим общие принципы окраски стальных конструкций, отраженные в рассматриваемом стандарте PSPC:

1. Использование эпоксидных систем окраски (при этом следует учитывать склонность эпоксидных материалов мелеть при эксплуатации вне помещений и становиться более чувствительными к механическим и химическим воздействиям при повышенных температурах);

2. Нанесение, как минимум, двух сплошных слоев краски с помощью безвоздушного распылителя и двух слоев полосового окрашивания;

3. Номинальная толщина сухой пленки — 320 мкм;

4. Предварительная подготовка поверхности — абразивоструйная обработка до степени Sa $2^{1}/_{2}$ (по крайней мере перед нанесением грунтовки);

5. Грунтовка — цинк-силикатная;

6. Метеорологические условия во время абразивоструйной подготовки поверхности и окраски:

— относительная влажность не более 85%;

— температура поверхности на 3 °С и более выше точки росы.

7. Стальная поверхность перед нанесением краски должна быть сухая и чистая от пыли, абразива, масел, жиров, солей.

Система окраски согласно рассматриваемому стандарту представлена на рис. 1.

Применение эпоксидных систем окраски при низких температурах

Согласно «Руководству по использованию эпоксидных красок» компании Шервин-

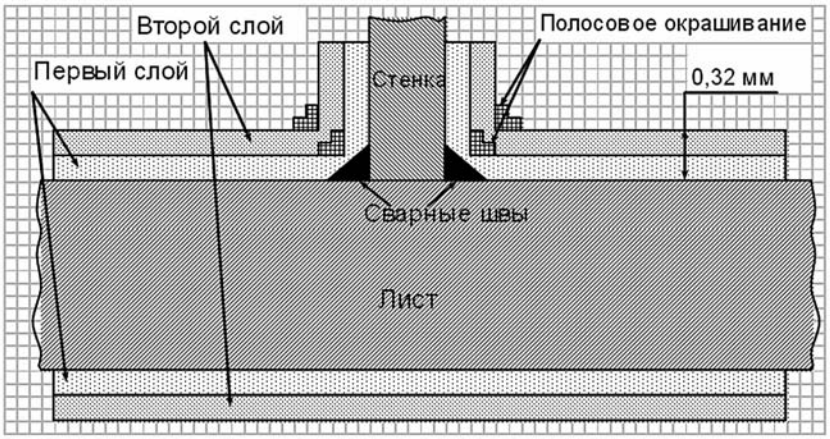


Рис. 1. **Схема окраски согласно международному стандарту PSPC [1]**

Таблица 1

Характеристики эпоксидной краски «HEMPADUR 17634» в зависимости от температуры

Характеристики	Температура поверхности				
	–10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
Время высыхания, ч	35	14	7	4	3
«Сухая на отлип», ч	42	21	9	$4^1/_2$	$3^1/_2$
Начальное отверждение, сут	40	20	10	5	$2^1/_2$
Отверждение, сут	56	28	14	7	$3^1/_2$

Вильямс [2] «большинство эпоксидных красок предназначено для применения при температурах выше +10 °C. Температуры ниже +10 °C приводят к прекращению химической реакции между эпоксидной основой и отвердителем… Необходимо понимать, что температура поверхности может быть намного ниже температуры окружающей среды. Эпоксидные покрытия нельзя наносить ниже рекомендованного температурного диапазона или когда ожидается падение температуры окружающей среды ниже минимальной рекомендованной температуры в течение первых 72 ч от начала отверждения».

Однако существуют эпоксидные покрытия, которые могут быть нанесены при сравнительно низких температурах. Это относится, например, к краске «HEMPADUR QUATTRO 17634», производимой компанией Hempel (табл. 1) [3]. Эта эпоксидная краска сертифицирована согласно стандарту PSPC и одобрена для использования в балластных танках.

Согласно [3] такое покрытие может быть использовано «только в том случае, когда нанесение и отверждение могут проходить при температуре выше –10 °C. Температура самой краски должна быть выше +15 °C».

Дополнительным ограничением для нанесения рассматриваемого низкотемпературного эпоксидного покрытия является возможность замерзания росы на стальной поверхности при температуре 0 °C и ниже. С учетом вышесказанного температура должна быть несколько выше 0 °C (например +5 °C).

Таблица 2

Обобщение статистических данных температуры и относительной влажности во Владивостоке в 2011 г.

Сезоны	Количество измерений	Средняя температура за сезон, °C	Средняя относительная влажность за сезон, %	Доля замеров с относительной влажностью не более 85%, %	Доля замеров с температурой воздуха не менее +5 °C, %	Доля замеров с относительной влажностью не более 85% и температурой воздуха не менее +5 °C, %
Январь—март	2167	–8,4	63,4	85,5	3,5	3,4
Апрель—июнь	2108	+10,4	78,8	47,6	82,9	40,5
Июль—сентябрь	2158	+19,2	83,4	43,2	97,9	43,2
Октябрь—декабрь	2167	–1,9	67,6	75,7	31,9	21,9

Сопоставление рекомендаций к нанесению покрытий и фактическая погода во Владивостоке

Были проведены исследования статистики фактической погоды во Владивостоке, включавшие измерение температуры и относительной влажности каждый час в течение 2011 г. [5], [6] (табл. 2, 3).

Первый раз осенью температура опустилась до значения —10 °C 14 ноября в 0 ч. Очевидно, что имен-

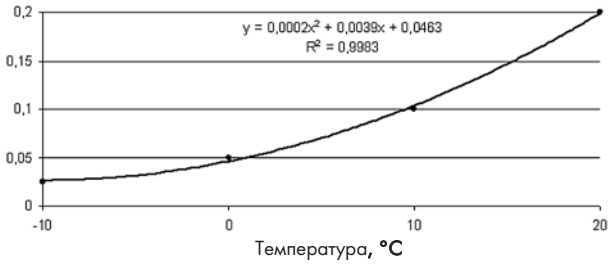


Рис. 2. **Доля от начального отверждения в зависимости от температуры**

Таблица 3

Доля замеров при относительной влажности не более 85%, % (с апреля по октябрь)

Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	В среднем
66	42	35	36	47	50	59	48

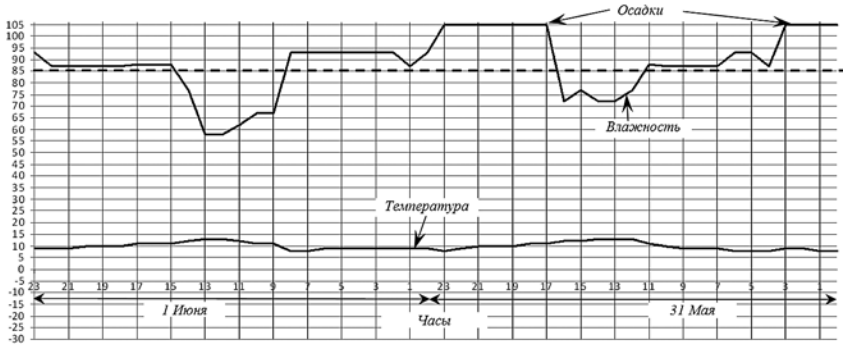


Рис. 3. **Распределение температуры и влажности в течение 31 мая и 1 июня 2011 г. во Владивостоке**

но к этому моменту ранее нанесенное покрытие должно было быть отверждено, тем более что далее происходило понижение температуры. Подсчет момента, когда должно было быть нанесено покрытие выполнен по следующему алгоритму:

— получены данные о фактической погоде 14 ноября и ранее;

— взяты данные о продолжительности начального (более мягкое условие) отверждения;

— учтена зависимость начального отверждения от температуры (согласно табл. 1), отраженная на рис. 2 (для диапазона от –10 °С до +20 °С). Например, начальное отверждение при температуре +10 °С происходит за 10 дней. Это 10% от начального отверждения эпоксидного покрытия.

В первый раз весною температура не опустилась ниже –9 °С после 1 ч 22 марта. Таким образом, почти 5 мес с 1 ноября по 21 марта (что соответствует так называемому холодному периоду во Владивостоке) даже использование рассмотренной в данной статье краски не может быть допущено для окраски конструкций судов в условиях Владивостока.

С мая по сентябрь включительно (так называемый теплый период во Владивостоке) 58% замеров относительной влажности соответствуют значениям более 85%, когда нанесение эпоксидных покрытий также не может быть допущено.

Наиболее влажные месяцы — май, июнь и июль. В течение этих трех месяцев только в 38% случаев замеров могла выполняться окраска конструкций с точки зрения относительной влажности. Это продемонстрировано на рис. 3, где представлено распределение температуры и влажности в течение двух дней. Согласно этому графику, абразивоструйная очистка и окраска корпуса могла выполняться только с 11 по 16 и 31 мая и с 8 по 15 и 1 июня. Причем это по данным фактической погоды. Судостроители должны ориентироваться на прогнозы погоды, которые могут быть не совсем верными.

Наиболее подходящими месяцами для выполнения окраски стальных конструкций судов были апрель и октябрь.

Следует отметить, что проблема высокой относительной влажности воздуха характерна и для других, более теплых регионов России и зарубежных стран.

Заключение. Анализ показывает, что соблюдение современных требований к окраске корпусных конструкций судов, необходимое для обеспечения долговечности этих конструкций, в условиях Дальневосточного региона России трудновыполнимо из-за высокой влажности (в теплый период) и низкой температуры (в холодный период) окружающего воздуха. Наиболее подходящими для окраски являются только два месяца в году — апрель и октябрь. Недопустимо высокая влажность воздуха при окраске может быть характерна и для других, более теплых регионов.

Преодоление выявленных факторов может быть достигнуто различными путями, например созданием искусственного микроклимата, что ведет к удорожанию судостроения и судоремонта. Другим путем решения проблемы может быть переход на новые судостроительные материалы, коррозионная стойкость которых не зависела бы от слоя краски толщиной 0,5 мм.

Литература

1. IMO Resolution MSC.215(82). Performance Standard for Protective Coatings for dedicated seawater ballast tanks in all types of ships and double-side skin spaces of bulk carriers//IMO [Official website]. URL: http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/SafetyTopics/Documents/ 215(82).pdf. (Дата обращения 30.06.2015).
2. Epoxy Coatings Guid // The Sherwin-Williams Company [Official website]. URL:https://protective.sherwin-williams.com/pdf/ Epoxy %20Coatings%20Guide.pdf. (Дата обращения 30.06.2015).
3. Product data. HEMPADUR QUATTRO 17634 // The Hempel Company [Official website]. URL: http://www.hempel.ru/ru-RU/product-list (Дата обращения 30.06.2015).
4. Application instructions IMO Resolutions MSC.215(82) & MSC.288(87). HEMPADUR QUATTRO 17634. // The Hempel Company [Official website]. URL:http://www.hempel.ru/ru-RU/product-list (Дата обращения 30.06.2015).
5. Архив фактической погоды в г. Владивосток [электронный ресурс]. URL:http://www.meteo-prog.com/ru/fwarchive/Vladivostok/(Дата обращения 30.06.2015).
6. Igor A. Vorontsov. Implementation of IMO PSPC requirements to cold climate shipbuilding // Proceedings of TEAM 2015 conference Vladivostok: MSUN, 2015.

СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ В ЧАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

В. И. Бертов, Е. П. Трошин (АО «ЦТСС», e-mail: inbox@sstc.spb.ru)

УДК 629.5.024.081.4

Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 утверждено «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

Утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 15 февраля 2011 г. № 73 «О некоторых мерах по совершенствованию подготовки проектной документации в части противодействия террористическим актам» вносятся изменения в состав разделов проектной документации, касающихся мероприятий по противодействию террористическим актам на объектах капитального строительства.

Минимально необходимые требования к проектным решениям, поз-

воляющим обеспечить антитеррористическую защищенность объектов, изложены и приведены в Своде правил СП 132.13330.2011 «Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования», утвержденном и введенном в действие приказом Министерства регионального развития РФ от 5 июля 2011 г. № 320.

Рекомендации по антитеррористической защищенности должны разрабатываться также в соответствии с следующими документами:

— федеральный закон РФ от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ «О противодействии терроризму»;

— Указ Президента РФ от 15 февраля 2006 г. № 116 «О мерах по противодействию терроризму»;

— Решение Национального антитеррористического комитета (протокол от 12 августа 2008 г. № 15).

Таким образом, разработка проектных решений проектными организациями отрасли по антитеррористической защищенности должна осуществляться в следующем объеме:

— инженерные средства охраны;

— система охранной и тревожно-вызывной сигнализации;

— система контроля и управления доступом;

— система оптико-электронного наблюдения;

— система сбора и обработки информации;

— система обеспечения (электропитания и электроосвещения).

Инженерные средства охраны

В составе инженерных средств охраны предусматриваются инженерные средства охраны периметра площадки, людские КПП, автотранспортные КПрП, средства принудительной остановки транспорта, инженерные средства защиты зданий и сооружений.

Периметр — внешний контур (граница) защищаемой территории объекта, несанкционированное преодоление которого должно вызывать сигнал тревоги с указанием (возможно более точным) места преодоления.

Защита периметра — один из наиболее важных элементов антитеррористической защищенности, для эффективного решения которого необходимо оптимальное сочетание механических препятствий, прежде всего пассивного ограждения (забора), со средствами сигнализации.

Проектировщик должен учитывать возможность выделения полосы отчуждения (запретной зоны) для размещения средств сигнализации, особенности рельефа местности, вид растительности, наличие вблизи периметра железнодорожных и автомобильных магистралей, линий электропередач, трубопроводов, кабельных линий и др.

Основное ограждение — это пассивное инженерно-техническое сооружение, препятствующее проникновению на охраняемую территорию. Наиболее распространенными являются следующие типы ограждений: сборные железобетонные, металлические, сетчатые, деревянные, монолитные, комбинированные. Их высота и техническая характеристика регламентируются нормативными требованиями и могут дополняться и уточняться требованиями заказчика.

КПП для пропуска персонала предназначаются для осуществления пропускного режима при входе (выходе) на территорию объекта, а также для контроля за вносом (выносом) материальных ценностей, документов, взрывоопасных, радиоактивных и радиационных материалов.

КПП оборудуются шлюзовыми кабинами и турникетами, системами контроля и управления доступом, ручными и стационарными средствами для обнаружения металлических предметов (оружия), взрывчатых веществ и ядерных материалов.

Для защиты лиц, осуществляющих охрану, при необходимости предусматриваются специально защищенные посты и индивидуальные средства защиты (бронежилеты, каски и др.).

Транспортные КПрП предназначаются для пропуска автомобильного и/или железнодорожного транспорта и должны обеспечивать установленный на предприятии для транспорта пропускной режим, тщательную и быструю проверку пропусков и провозимых грузов.

Транспортные КПрП оборудуются:

— проездными воротами;

— площадками или эстакадами досмотра транспорта;

— шлагбаумами и, при необходимости, противотаранными устройствами;

— смотровыми вышками и смотровыми ямами (при необходимости);

— постовыми будками;

— стационарным и переносным освещением, светофорами и световым табло;

— техническими средствами связи и сигнализации.

Система охранной и тревожно-вызывной сигнализации

Система охранной сигнализации включает в себя периметровые средства обнаружения, физический принцип действия которых основан на выдаче сигнала тревоги при пересечении человеком зоны действия рубежа охраны.

Специфика отечественных условий проектирования и эксплуатации периметровых систем заключается прежде всего в широком разнообразии климатических и почвенно-геологических условий.

Из всего многообразия выпускаемых средств сигнализации можно выделить следующие виды: емкостные; радиолучевые; инфракрасные; вибрационные; проводно-волновые; радиотехнические; оптоволоконные; сейсмические; магнитометрические; комбинированные.

Выбор наиболее эффективной системы зависит от множества факторов, и прежде всего от характерных условий месторасположения защищаемого объекта.

По системе тревожно-вызывной сигнализации должна быть предусмотрена установка кнопок тревожной сигнализации в определенных местах и по периметру площадки.

Система контроля и управления доступом (СКУД)

В качестве основных средств для осуществления СКУД применяются: шлюзовые кабины, различные типы поясных и полноростовых турникетов, исполнительные устройства (датчики, защелки, замки и др.), пропуска, считыватели, контролёры, кодовые карты и, конечно, компьютеры с программным обеспечением.

Система оптико-электронного наблюдения (СОЭН)

Система СОЭН предназначена для дистанционного наблюдения за периметрами охраняемых зон, контрольно-пропускными пунктами, охраняемыми зданиями, сооружениями и помещениями.

Для нормального функционирования СОЭН должны быть выс-

тавлены определенные требования, а именно:

— черно-белое или цветное изображение;

— применение защитных кожухов для работы в различных климатических и агрессивных атмосферных воздействиях (дождь, снег, ветер, взрывоопасная среда, условия повышенной радиации и др.);

— характеристики видеокамер с необходимой освещенностью и уровнями разрешения.

Система сбора и обработки информации (ССОИ)

Система ССОИ должна обеспечивать интегрирование следующих подсистем комплексной системы безопасности, а именно — системы охранной и тревожно-вызывной сигнализации, системы контроля и управления доступом, системы оптико-электронного наблюдения, системы охранного освещения в единую интегрированную систему безопасности.

Система обеспечения (электропитания и электроосвещения)

Для нормального функционирования всего комплекса технических средств охраны, возможности обеспечения надежности электроснабжения технических средств по I категории в соответствии с требованиями действующих правил и положений должно быть предусмотрено электропитание от двух независимых источников. Питающие линии выполняются автономными.

Охранное освещение должно обеспечивать необходимую равномерную освещенность внешнего ограждения периметра объекта, возможность осуществления теленаблюдения и включения дополнительного освещения на участках, где происходит срабатывание технических средств обнаружения.

Помещения контрольно-пропускных пунктов, автотранспортных ворот и постовых будок дополнительно оборудуются аварийным освещением. Переход основного освещения на аварийное и обратно осуществляется автоматически.

Подробные технические решения по антитеррористической защищенности и схемы расположения технических средств и устройств конфиденциального характера, как правило, должны приводиться в закрытой проектной документации.

Литература

1. Проекты и верфи. Т. 2. СПб.: ОАО «ЦТСС», 2009.
2. *Шанаев Г.Ф., Леус А. В.* Системы защиты периметра. М.: Секьюрити Фокус, 2011.
3. *Рыкунов В.Д.* Охранные системы и технические средства физической защиты объектов. М.: Секьюрити Фокус, 2011.
4. *Иванов И.В.* Охрана периметров-2. М., 2000.

«КОЛПИНО» ЗАВЕРШАЕТ СЕРИЮ

31 мая кораблестроители АО «Адмиралтейские верфи» спустили на воду дизель-электрическую подводную лодку «Колпино» модифицированного проекта 636. Она завершает серию из шести ПЛ, построенных адмиралтейцами для ВМФ России. ПЛ «Новороссийск» и «Ростов-на-Дону» вошли в состав Черноморского флота в августе и декабре 2014 г., ПЛ «Старый Оскол» и «Краснодар» — в июле и ноябре 2015 г., ПЛ «Великий Новгород» готовится к выходу на заводские ходовые испытания. Аналогичная серия ПЛ будет построена для Тихоокеанского флота — об этом сообщил заместитель Главнокомандующего ВМФ вице-адмирал А. Н. Федотенков.

Фото А. Н. Хаустова

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

Со второго полугодия 2016 г. онлайн-подписку на журнал «СУДОСТРОЕНИЕ» № 4, 5, 6 за 2016 г. можно оформить по электронному каталогу ФГУП «Почта России» (https://podpiska.pochta.ru). Подписной индекс журнала «Судостроение» П2469.

Онлайн-подписка — это подписка, которую вы можете оформить и оплатить через Интернет, не посещая почтовое отделение. Выписанные издания вы будете получать по адресу, который укажете при оформлении подписки.

Кроме того, все номера 2016 г., а также имеющиеся в редакции предыдущие выпуски можно заказать непосредственно в редакции.

АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТА В КОРАБЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В. П. Щеголихин, докт. техн. наук, e-mail: chegolihin@yandex.ru
(НИИ К и В ВУНЦ ВМФ «ВМА»)

УДК 620.179..17

Известно, что одним из важнейших путей поддержания работоспособности корабельной техники является своевременное обнаружение отказов, определение мест повреждений и быстрое их устранение.

Существующие корабельные бортовые информационно-измерительные комплексы (ИИК) предназначены для текущего контроля виброакустических характеристик (ВАХ) механизмов в период похода, а также выявления источников, обуславливающих превышение «паспортных» уровней ВАХ [1].

Принято считать, что если в работающем механизме появился скрытый дефект, тогда бортовой ИИК должен обнаружить в точке контроля, расположенной на данном механизме, превышение уровня «паспортного» спектра ВАХ в одной или нескольких спектральных полосах частот. Недостатком данного метода является то, что он не позволяет выявлять начальную стадию развития дефекта в механизме, т. е. тот момент, когда контролируемые текущие уровни спектральных составляющих ВАХ еще не превысили своих «паспортных» значений.

Ниже изложен алгоритм виброакустического контроля, базирующийся на предположении о том, что нарушение корреляционных связей между уровнями спектральных составляющих спектра ВАХ механизма возникает значительно раньше, чем изменение самих уровней. Другими словами, факт изменения значений корреляционных связей между уровнями спектральных составляющих ВАХ должен указывать на начало деструктивных процессов внутри механизма.

Рассмотрим работающий в заданном режиме корабельный механизм с установленным на нем в реперной точке вибропреобразователем ИИК.

1. Сформируем матрицу $M_П$ из текущих 1/3-октавных спектров ВАХ данного механизма размерности m x n, где m — число спектральных составляющих, а n — объем выборки ($n \approx 20$):

$$M_П = \begin{vmatrix} L_{11},\ldots L_{1k},\ldots L_{1m} \\ L_{21},\ldots L_{2k},\ldots L_{2m} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ L_{n1},\ldots L_{nk},\ldots L_{nm} \end{vmatrix} . \qquad (1)$$

Здесь $L_{n\ k}$ — уровень k-й спектральной составляющей 1/3-октавного спектра ВАХ в n-м измерении.

Будем считать матрицу $M_П$ «паспортным» виброакустическим портретом механизма в данной реперной точке, на данном режиме, характеризующем его в начальный период эксплуатации.

2. Проанализируем матрицу $M_П$ на предмет выявления корреляционных связей между уровнями её спектральных составляющих, используя выражение для выборочного коэффициента корреляции $R_{ij}^П$ [2]:

$$R_{ij}^{(П)} = \frac{\sum_1^n (L_i^{(П)} - \bar{L}^{(П)})\,(L_j^{(П)} - \bar{L}^{(П)})}{(n-1)\, s_i^{(П)}\, s_j^{(П)}}, \qquad (2)$$

где $\bar{L}_i^{(П)} = \frac{1}{n}\sum_1^n L_i^{(П)}$; $\bar{L}_j^{(П)} = \frac{1}{n}\sum_1^n L_j^{(П)}$;

$$s_i^{(П)2} = \frac{1}{n-1}\sum_1^n (L_i^{(П)} - \bar{L}^{(П)})^2;$$

$$s_j^{(П)2} = \frac{1}{n-1}\sum_1^n (L_j^{(П)} - \bar{L}^{(П)})^2.$$

Здесь $L_i^{(П)}$ — уровень i-й спектральной составляющей 1/3-октавного спектра ВАХ «паспортной» матрицы $M_П$; $\bar{L}^{(П)}$ — выборочное среднее уровней i-х спектральных составляющих 1/3-октавных спектров ВАХ «паспортной» матрицы $M_П$; $L_j^{(П)}$ — уровень j-й спектральной составляющей 1/3-октавного спектра ВАХ «паспортной» матрицы $M_П$; $\bar{L}$ — выборочное среднее уровней j-х спектральных составляющих 1/3-октавных спектров ВАХ «паспортной» матрицы $M_П$; $s_i^{(П)2}$ — выборочная дисперсия уровней j-х спектральных составляющих 1/3-октавных спектров ВАХ «паспортной» матрицы $M_П$; $s_j^{(П)2}$— выборочная дис-

Таблица 1

Матрица выборочных «паспортных» коэффициентов корреляции

Частоты	f1	f2	...	fi	...	fj	...	fm
f1	1,0	$R^{П}_{12}$	...	$R^{П}_{1i}$	...	$R^{П}_{1j}$	...	$R^{П}_{1m}$
f2		1,0	...	$R^{П}_{2i}$	...	$R^{П}_{2i}$	...	$R^{П}_{2m}$
...			1,0	...	...	...	...	...
fi				1,0	...	$R^{П}_{ij}$	...	$R^{П}_{im}$
...					1,0	...	...	...
fj						1,0	...	$R^{П}_{jm}$
...							1,0	...
fm								1,0

Таблица 2

Матрица выборочных текущих коэффициентов корреляции

Частоты	f1	f2	...	fi	...	fj	...	fm
f1	1,0	R^{T1}_{12}	...	R^{T1}_{1i}	...	R^{T1}_{1j}	...	R^{T1}_{1m}
f2		1,0	...	R^{T1}_{2i}	...	R^{T1}_{2j}	...	R^{T1}_{2m}
...			1,0	...	...	...	...	...
fi				1,0	...	R^{T1}_{ij}	...	R^{T1}_{im}
...					1,0	...	...	...
fj						1,0	...	R^{T1}_{jm}
...							1,0	...
fm								1,0

персия уровней *i*-х спектральных составляющих 1/3-октавных спектров ВАХ «паспортной» матрицы $M_П$; *n* — объем выборки.

3. Используя данные матрицы $M_П$ и зависимости (2), сформируем матрицу выборочных коэффициентов корреляции $R^{(П)}_{ij}$ в виде табл. 1.

Будем считать данную матрицу $R^{(П)}_{ij}$ «паспортным» корреляционным портретом механизма в данной точке контроля, характеризующим его в начальный период эксплуатации. Сохраним матрицу $R^{(П)}_{ij}$ в памяти ИИК.

4. В процессе эксплуатации через интервал времени Δt_i сформируем в той же точке контроля, на том же режиме «текущую» матрицу M_{T1} из 1/3-октавных спектров ВАХ данного механизма размерности *m* x n_1, где n_1 — объем выборки ($n_1 \approx 10$):

$$M_{T1} = \begin{vmatrix} L_{11},...L_{1k},...L_{1m} \\ L_{21},...L_{2k},...L_{2m} \\ ..... \\ L_{n_1 1},...L_{n_1 k},...L_{n_1 m} \end{vmatrix} . \qquad (3)$$

5. Используя данные матрицы M_{T1} и зависимости (2), вычислим соответствующие значения величин для всех *m* спектральных составляющих «текущей» матрицы M_{T1} контролируемого диапазона частот. Сформируем матрицу выборочных текущих значений коэффициентов корреляции R^{T1}_{ij} в виде табл. 2.

6. Сравним значения выборочных «текущих» значений коэффициентов корреляции R^{T1}_{ij} матрицы табл. 2 с соответствующими им выборочными «паспортными» значениями коэффициентов корреляции $R^{П}_{ij}$ матрицы табл. 1 по всем *m* спектральным составляющим, используя следующие зависимости:

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{n_1}} \; ; \qquad (4)$$

$$Z^{П}_{ij} = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1 + R^{П}_{ij}}{1 - R^{П}_{ij}}\right);$$

$$Z^{T1}_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{1 + R^{T1}_{ij}}{1 - R^{T1}_{ij}}\right);$$

$$t_{ij} = (Z^{П}_{ij} - Z^{T1}_{ij})/S_{ij} \; ,$$

$$f = n + n_1 - 2 \; ,$$

где S_{ij} — ошибка разницы; $Z^{П}_{ij}$, Z^{T1}_{ij} – *z*-преобразования Фишера; t_{ij} — критерий критических значений *t*-критерия Стьюдента; *f* — число степеней свободы.

7. Из табл. 3 в функции *f* для доверительной вероятности $p = 0,95$ найдем критические значения *t*-критерия Стьюдента [2].

8. Если окажется, что

$$t_{ij} \le t_{0,95} \qquad (5)$$

для всех спектральных составляющих спектра, тогда будем считать, что виброакустическое состояние контролируемого механизма в точке контроля не изменилось и соответствует «паспортному».

9. В этом случае ИИК заносит матрицу M_{T1} в память и через установленный интервал времени Δt_1 формирует следующую «текущую» матрицу M_{T2} размерности *m* x n_2 ($n_2 \approx 10$), а затем действует в соответствии с пп. 4—8.

10. Если окажется, что

$$t_{ij} > t_{0,95} \qquad (6)$$

хотя бы для одной спектральной составляющей, то в этом случае на дисплее ИИК должна появиться информация о начале развития деструктивных процессов в соответствующей 1/3-октавной спектральной составляющей спектра ВАХ контролируемого механизма.

11. С целью выявления причин, вызвавших данные отклонения, оператор ИИК в соответствии со специальной инструкцией идентифицирует внутренние источники механизма, обуславливающие начало деструктивных процессов, и принимает меры к их устранению.

Использование данного алгоритма в составе программного обеспечения существующих и перспективных бортовых ИИК должно повысить надежность эксплуатации корабельных механизмов благодаря возможности диагностирования в них начала деструктивных процессов на ранней стадии, т. е. до изменения уровней спектральных составляющих в их «паспортных» спектрах.

Таблица 3

Критические значения *t*-критерия

f	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$t_{0,95}$	2,080	2,074	2,069	2,064	2,060	2,056	2,052	2,049	2,045	2,042

Литература

1. Комплекс измерительный информационный М052.01. Технические условия. ГИЕШ. 411711.001. ТУ. 2005.
2. *Пустыльник Е. И.* Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, ГР ФМЛ, 1968.

ТЕХНОЛОГИЯ АДДИТИВНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ СУДОВОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

М. В. Тепляшин, Н. И. Герасимов, докт. техн. наук,
Г. А. Тюменцев, e-mail: 3903@sstc.spb.ru (АО «ЦТСС»)

УДК 621.9.06-529:621.646

Современный корабль — это объект сложной техники и, как следствие, к корабельным системам и их составным частям предъявляются высокие требования надежности. Но, несмотря на высокий уровень надежности, любая система рано или поздно выходит из строя из-за поломки ее конструктивных элементов, например судовой трубопроводной арматуры (СТА), присутствующей во многих ответственных судовых системах.

В условиях судоремонтного завода, обладающего необходимым оборудованием, запасами разнообразных материалов и соответствующими мощностями, вопрос ремонта СТА не представляет существенной проблемы. Другое дело, если поломка произошла в процессе эксплуатации объекта морской техники и отсутствует возможность оперативно осуществить ремонт. В данном случае длительный ремонт приведет к потере времени и поставит под угрозу выполнение поставленных задач. В связи с этим существует потребность внедрения технологий, позволяющих качественно и в короткий срок восстановить работоспособность СТА непосредственно в условиях эксплуатации. Для решения подобных задач представляется целесообразным использовать аддитивные технологии.

Аддитивные технологии позволяют создавать объекты практически любой геометрической формы путем их послойного формирования. В настоящий момент существует два принципиально разных подхода к созданию объекта — селективный (Bed deposition) и локальный (Direct deposition) [1].

Селективный метод формирования детали заключается в предварительном формировании так называемого слоя построения в виде равномерно распределенного по всей поверхности платформы установки сыпучего или жидкого материала, а затем селективное (выборочное) отверждение фрагментов слоя материала в соответствии с текущим сечением CAD-модели, например путем спекания, сплавления, склеивания или полимеризации частиц модельного материала (рис. 1). После формирования слоя изделия платформа построения опускается, на нее снова наносится слой материала, затем следует его выборочное отверждение — и так до окончательного изготовления детали.

Локальный метод формирования детали предполагает подачу «строительного» материала с подведением энергии непосредственно в точку построения фрагмента детали (рис. 2).

Основные сферы применения аддитивных технологий можно разделить на три направления:

— создание вспомогательной оснастки, например изготовление выжигаемых моделей для литья;

— создание демонстрационных образцов или масштабных моделей для проведения определенных типов испытаний. Так, используя в качестве материала специальный полимер, можно получить прозрачную проточную часть трубопроводной арматуры, благодаря чему можно визуализировать течение среды внутри изделия [2];

— изготовление готовых деталей. Отличительной особенностью производства деталей с применением аддитивных технологий является возможность получить деталь сложной формы, при изготовлении которой с помощью традиционных технологий возникают технологические трудности. Также к несомненным преимуществам аддитивных технологий относится то, что для изготовления деталей не требуется специальной оснастки, в отличие от таких методов производства, как литье и штамповка, что позволяет сократить время изготовления детали.

Именно использование аддитивных технологий для изготовления

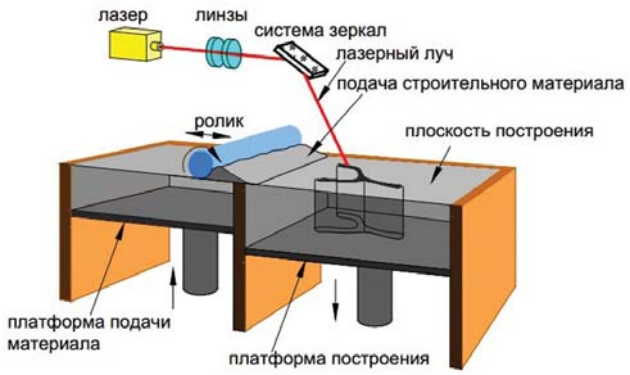


Рис. 1. **Схема селективного метода создания объекта**

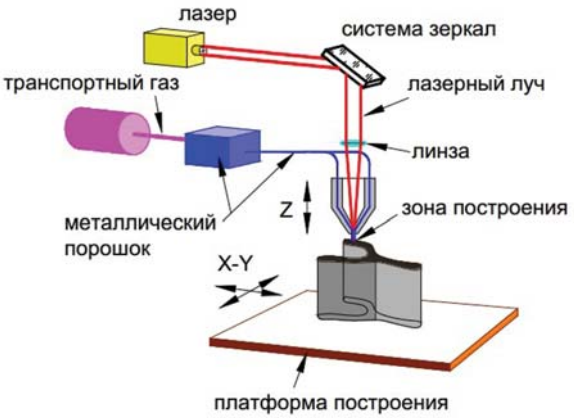


Рис. 2. **Схема локального метода создания объекта**

готовых деталей в дальнейшем будет рассматриваться как инструмент решения задач по изготовлению и ремонту деталей СТА в процессе эксплуатации объекта морской техники. Применение данной технологии дает следующие преимущества:

— появляется возможность изготовления и ремонта ряда деталей, которая ранее отсутствовала ввиду технологических ограничений;

— благодаря быстрому изготовлению и ремонту деталей сокращается время восстановления работоспособности систем;

— применение в составе ремонтного оборудования установок для аддитивного изготовления позволит сократить требуемую номенклатуру хранимых материалов, заменив обширный сортамент металлопроката несколькими наименованиями порошка или проволоки.

— в отдельных случаях можно сократить номенклатуру хранимых запасных частей, ввиду появившейся возможности самостоятельного изготовления или ремонта ряда деталей.

Стоит отметить, что при использовании аддитивных технологий для изготовления и ремонта деталей предпочтительно применить локальный метод создания деталей, а если конкретнее, то метод прямого лазерного выращивания (рис. 3). Суть метода заключается в том, что металлический порошок подаётся в зону выращивания газопорошковой струей, коаксиальной или не коаксиальной сфокусированному лазерному лучу. Этот луч подплавляет частицы порошка, также дополнительно разогревая и подплавляя металл подложки, благодаря чему в зоне расплавления формируется мелкозернистая структура металла, что обеспечивает высокие механические свойства металла и способствует качественному сплавлению с материалом основы [3].

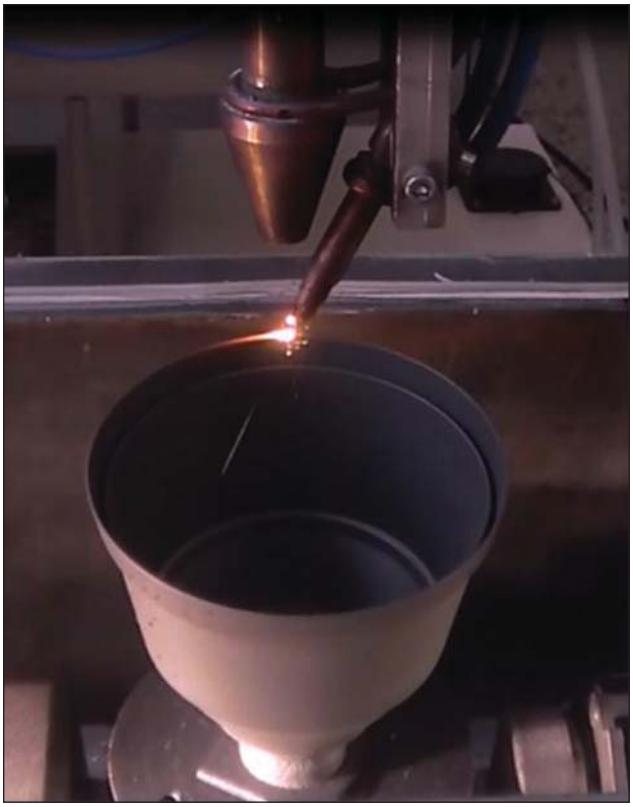


Рис. 3. **Процесс изготовления демонстрационного образца с помощью метода прямого лазерного выращивания**

Преимущества метода прямого лазерного выращивания по сравнению с селективными методами изготовления заключаются в следующем:

— для локального метода изготовления детали, в отличие от селективного, требуемая масса расходного материала (порошка) примерно равна массе полученной детали. При селективном методе технология изготовления требует, чтобы при формировании сечения детали была полностью заполнена порошком вся рабочая поверхность установки. По окончании процесса изготовления неиспользованный порошок можно применять повторно, но все равно, для обеспечения возможности изготовления деталей, в наличии должен быть какой-то неснижаемый остаток порошка, служащий для заполнения объёма камеры;

— локальный метод изготовления, в отличие от селективного, позволяет формировать структуры уже на готовом основании (рис. 4), что обеспечивает нанесение покрытий и восстановление наплавок;

— на одной установке можно осуществлять как изготовление, так и ремонт деталей;

— в качестве расходного материала можно использовать не только порошок, но и проволоку.

Рис. 4. **Пример применения метода прямого лазерного выращивания для выращивания части детали на ранее изготовленной детали. Цилиндрические выступы формируются на ранее изготовленной крышке**

Наплавка, выполненная методом прямого лазерного выращивания, имеет следующие преимуществами:

— незначительную величину зон термического влияния и, как следствие, низкий уровень остаточных напряжений и минимизацию термических поводок;

— повышение механических свойств наплавленного материала благодаря формированию мелкодисперсной структуры наплавки, вследствие высокой скорости охлаждения расплава [3].

Кроме того, метод прямого лазерного выращива-

ния позволяет осуществлять ремонт деталей, когда, ввиду возможного искривления из-за термической деформации, невозможна наплавка электродом (особенно актуально при выполнении ремонта валов и штоков, где предъявляются жесткие требования к правильности геометрической формы).

Для полноценного использования технологии прямого лазерного выращивания при ремонте СТА необходимо решить ряд задач, которые можно разбить на два класса:

— задачи, связанные с обеспечением соответствия изготавливаемых (ремонтируемых) деталей СТА требованиям конструкторской документации (КД);

— задачи, связанные с подготовкой и обеспечением эффективного выполнения работ по изготовлению или ремонту деталей СТА в условиях эксплуатации объекта морской техники.

Первый комплекс задач связан с обеспечением соответствия изготавливаемых (ремонтируемых) деталей требованиям, предъявляемым КД. Сразу стоит отметить, что опыт применения корпорацией Boeing в своей продукции деталей, изготовленных с помощью аддитивных технологий, косвенно подтверждает принципиальную возможность использования деталей, произведённых таким способом, в составе техники, работающей в сложных условиях и обладающей высоким уровнем надежности [4].

Для решения задачи по обеспечению соответствия изготавливаемых деталей предъявляемым требованиям необходимо проведение следующих работ:

— анализ основных причин поломки деталей (возникновение трещин, износ трущихся поверхностей, разрушение уплотнительного поля) для определения необходимого перечня типовых технологий изготовления и ремонта;

— составление перечня основных материалов, применяемых в конструкции судовой трубопроводной арматуры (в том числе материалов, применяемых при наплавке уплотнительного поля СТА);

— разработка и оптимизация типовых режимов изготовления и ремонта, позволяющих получить материал детали с требуемыми характеристиками;

— проведение комплексных испытаний материалов, сформированных по разработанной технологии, на подтверждение их физико-механических свойств (предел прочности, предел текучести, твердость и т. д.);

— проведение комплексных испытаний деталей, изготовленных или отремонтированных с помощью технологии прямого лазерного выращивания, как отдельно (испытания на прочность и плотность материала), так и в составе конечного изделия (ресурсные испытания, испытания на вибростойкость и вибропрочность);

— разработка единых методик контроля качества деталей, в том числе с применением методов неразрушающего контроля, позволяющих проверить соответствие изготовленной (отремонтированной) детали требованиям КД.

Второй класс задач связан с подготовкой и обеспечением эффективного использования технологии прямого лазерного выращивания при изготовлении или ремонте деталей СТА применительно к конкретному объекту морской техники. В рамках данного этапа должны быть проведены следующие мероприятия:

— анализ и обобщение информации о поломках СТА в процессе эксплуатации;

— определение наиболее приемлемого способа восстановления работоспособности вышедшей из строя СТА с учетом возможностей технологии прямого лазерного выращивания и характера дефектов деталей: либо проводится ремонт поврежденной детали, либо деталь заменяется на новую;

— оптимизация типовых технологий ремонта или изготовления деталей применительно к конкретным изделиям;

— определение перечня требуемой вспомогательной оснастки (к примеру, оснастка для притирки уплотнительного поля судовой арматуры);

— расчет на основе статистики поломок количества материалов, требуемых для обеспечения ремонтных работ на определенный временной интервал.

Очевидно, что применение технологии прямого лазерного выращивания для ремонта и изготовление деталей не ограничивается одной лишь областью восстановления работоспособности СТА, просто на примере такого класса составных частей судовых систем можно раскрыть все преимущества внедрения данной технологии. Стоит отметить, что почти все изложенные здесь задачи не являются специфическими задачами исключительно в рамках вопроса о внедрении аддитивных технологий в область судоремонта. При внедрении подобных технологий в другую область машиностроения также будет необходимо обеспечить соответствие изготавливаемой или ремонтируемой детали предъявляемым требованиям. И, следовательно, результаты и наработки использования аддитивных технологий в сфере судоремонта можно будет использовать при их внедрении в другие области машиностроения.

В заключение следует отметить, что внедрение аддитивных технологий при изготовлении или ремонте деталей в процессе эксплуатации морской техники позволит:

— значительно расширить возможности восстановительного ремонта деталей СТА;

— повысить независимость объекта морской техники от средств материального обеспечения;

— повысить эффективность использования ограниченного пространства судна;

—создать возможность изготовления и ремонта конструктивных элементов машиностроительной части, не относящейся к СТА;

— изготавливать средства технического оснащения, в том числе инструмент.

Литература

1. *Зленко М. А., Попович А. А., Мутылина И. Н.* Аддитивные технологии в машиностроении. Учебное пособие. СПб.: СПбГУ, 2013.
2. *Bregman A., Kunkel K.* Аддитивное производство—прорыв в арматуростроении?// Valve Magazine, Spring, 2015.
3. Опытные данные ЗАО «Плакарт». URL:http://valve-forum.ru/netcat_files/userfiles/Plakart.pdf
4. Сколковский институт науки и технологий. Публичный аналитический доклад по развитию новых производственных технологий, 2014. URL:http://isicad.ru/ru/pdf/ReportSkolkovo2014.pdf

КРЕЙСЕР «АВРОРА» — ПАМЯТНИК ОТЕЧЕСТВЕННОГО КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ

(*Опыт восстановления и ремонта 1984—1987 гг.*)

Вопрос сохранения памятников кораблестроения и судостроения в нашей стране напрямую касается такого уникального исторического корабля, как крейсер «Аврора». Тридцать лет назад проект его восстановительного ремонта (пр. 01917), выполненный «Северным проектно-конструкторским бюро» (СПКБ), согласовывался в Центральном совете Всесоюзного общества охраны памятников истории и культуры, в Главном управлении охраны, реставрации и использования памятников истории и культуры Министерства культуры РСФСР и в производственном бюро по охране и эксплуатации памятников истории и культуры при Главном управлении культуры исполкома Ленсовета. В результате в июле 1984 г. крейсер «Аврора» получил, как памятник союзного значения, реестровый номер 779/46.

В октябре 2010 г. в Санкт-Петербурге прошла 1-я Международная научно-практическая конференция «Проблемы изучения и сохранения морского наследия России». Однако вопросы сбережения кораблей-памятников, находящихся в различных формах собственности, из-за отсутствия единой государственной политики по сохранению исторического флота России, в настоящее времени еще далеки от решения.

Сегодня крейсер «Аврора», оставаясь памятником федерального значения, числится в городском Комитете градостроительства в Отделе ландшафтной архитектуры и гидротехнических сооружений как «объект у дома № 4 на Петроградской набережной» (рис. 1.). В результате его ремонт, проводимый в настоящее время, остается за рамками наблюдения и контроля чиновников от охраны памятников истории и культуры. А между тем заложенный 119 лет назад — 23 мая 1897 г. — крейсер «Аврора» за свою службу прошел более 100 тыс. миль, участвовал в трех войнах и пережил, в общей сложности, девять ремонтов, причем шесть из них были капитальными — с постановкой корабля в док и последующей модернизацией.

Первоначально полное водоизмещение корабля составляло 6731 т, длина — 126,8 м, ширина — 16,8 м, осадка средняя — 6,4 м. Эти элементы крейсер имеет и сейчас за исключением осадки (5,6 м) и водоизмещения (5600 т).

С 1950 г. по инициативе офицеров корабля, ставшего учебным, начинает создаваться музейная экспозиция, которая была открыта 5 июля 1956 г. Её посетило около 30 млн чел. из 160 стран мира.

Рис. 1. Крейсер «Аврора». Фото С. И. Овсянникова

Но в начале 90-х годов XX века ситуация изменилась. Несмотря на введение Указом Президента РФ от 21 июля 1992 г. № 798 орденских флагов, с кормового военно-морского Андреевского флага «Авроры» исчезли заслуженные награды крейсера, а с 1 декабря 2010 г. решением МО РФ «Аврору» лишили звания «Корабль ВМФ РФ № 1». В августе 2012 г. крейсер был выведен из состава ВМФ РФ, стал военным городком и был переведен под управление Центрального военно-морского музея.

Но после развернутой в СМИ кампании по поводу постановки крейсера «на ход» 6 февраля 2013 г. министр обороны РФ С. К. Шойгу принял решение о ремонте крейсера «Аврора», но как стационарного корабля-музея, и 1 июля 2013 г. корабль-музей решением МО РФ вновь включили в состав ВМФ РФ, зачислив в 13-ю бригаду строящихся и ремонтируемых кораблей Ленинградской военно-морской базы, организационно подчиненной Западному военному округу.

В мире не так много кораблей-памятников, из них около 300 кораблей-музеев. У российской «Авроры» в мире ровесников всего три (рис. 2). Это американский крейсер «Olympia», построенный в 1893 г., японский броненосец «Mikasa» (1902 г). и, с некоторым допущением, греческий броненосный крейсер «Averof» (1909 г.).

Не секрет, что почти всегда качество ремонтно-восстановительных работ определяли время и деньги. Например, английский «Warrior» восстанавливался семь лет и обошелся Фонду возрождения корабля в 6 млн фн. ст. В Греции на крейсере «Averof» и сейчас

ведутся по определенному плану реставрационные работы, на оплату которых спонсорами ранее было выделено 250 тыс. драхм. Большинство кораблей-памятников сохраняется на плаву. Без каких-либо поддерживающих сооружений на плаву живет и крейсер «Аврора» — флагман исторического флота России.

Много лет «Аврора» считалась «крейсером революции», легендарный выстрел из бакового орудия которого, послужил сигналом к штурму Зимнего дворца. Возрождение корабля в новом качестве — памятника техники — началось в апреле 1983 г., когда известный историк русского флота Р. М. Мельников, механик корабля Г. Н. Киселев и автор этих строк впервые подробно обследовали крейсер перед предстоящим восстановительным ремонтом (рис. 3). Именно тогда Р. М. Мельников высказал идею комплексного сохранения уникальных корабельных механизмов и восполнения утраченных с целью создания технического музея кораблестроения. Его предложение стало определяющим при разработке проекта ремонта, выполненного Северным ПКБ в период 1984—1987 гг. В соответствии с генеральным графиком работ весной 1984 г. была проведена подробная дефектация корабля, еще находившегося на стоянке у Нахимовского училища. В ходе этой работы было выявлено около 2 тыс. предметов, достойных стать музейными экспонатами, из них 1732 оказались подлинными «авроровскими» и уже после ремонта вернулись на свое историческое место.

При составлении проекта ремонтных работ на крейсере изначально было принято решение о переносе в новую подводную часть не только подлинных механизмов, но и корабельных конструкций, их окружавших (переборки, двери, фундаменты, шахты, выгородки и прочее), образующих внутреннее пространство помещения. Там, где невозможно было сохранить подлинные переборки, выполнялись их эскизы с подробным расположением заклепок, подкладных планок с целью восстановления в новых помещениях исторического интерьера. На корабле провели соскобы краски с целью восстановления ориги-

Рис. 2. **Ровесники «Авроры». Сверху вниз — крейсер «Olympia», броненосец «Mikasa» и броненосный крейсер «Averof»**

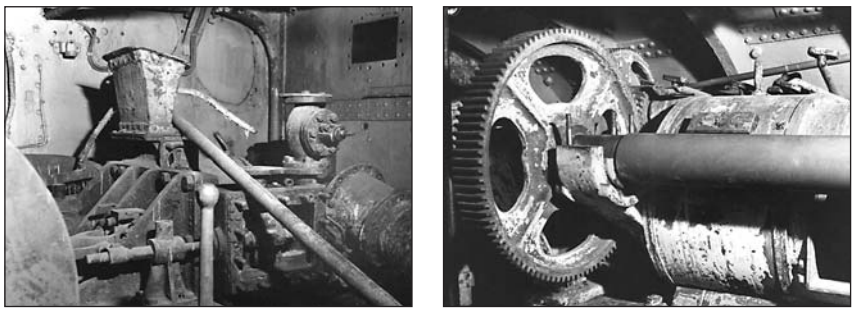


Рис. 3. **Рефрижераторная машина и электропривод рулевой машины. По состоянию на 1983 г.**

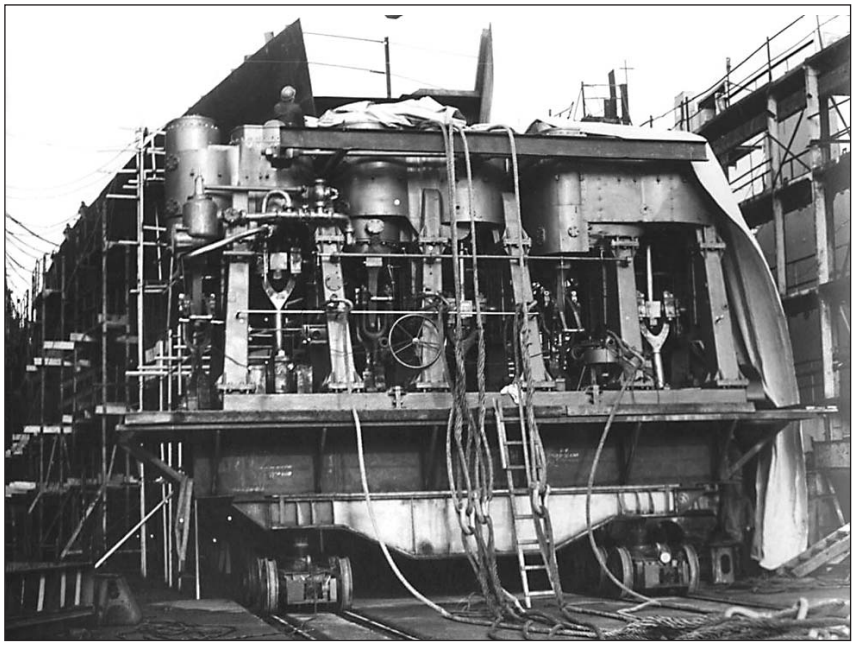


Рис. 4. **Выгрузка главной паровой машины перед отправкой для ремонта на Балтийский завод. 1986 г.**

Рис. 5. **Гребенчатый упорный подшипник Модслея и электропривод рулевой машины после восстановительного ремонта. 1987 г.**

нальной окраски помещений и механизмов. В настоящее время цвет в помещениях технической экспозиции (даже в оттенках) соответствует подлинному колеру почти 100-летней давности.

В ходе ремонта корабля на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова (в настоящее время ОАО СЗ «Северная верфь») в 1984—1987 гг. главным наблюдающим за его проведением вице-адмиралом В. Н. Буровым было принято решение распределить все исторические механизмы и корабельное оборудование по заведованиям корабля. Так , в состав энергетической установки корабля, кроме действующих дизель-генераторов и водяных котлов системы отопления, включили уникальную паровую машину и макеты паровых котлов, а в заведование БЧ-2 (кроме действующих салютных пушек) передали все четырнадцать 152-мм пушек Канэ и т. д. По предложению заместителя главного наблюдающего О. Л. Гиляровича на подобные механизмы и оборудование были разработаны паспорта, содержащие кроме исторических сведений еще и инструкции по их обслуживанию и ремонту. Таким образом, личный состав корабля получил руководство для обслуживания этих уникальных механизмов, а в 1985 г. командир крейсера «Аврора» А. А. Юдин вменил в обязанность каждому члену экипажа изучать историю корабля, проводить экскурсии по технической экспозиции и периодически сдавать экзамен на знание «Авроры» как исторического, так и технического памятника.

В настоящее время основу технической экспозиции составляют механизмы, сохранившиеся на «Авроре» с момента постройки, и ставшие по сути, единственными в мире образцами корабельной техники конца XIX века как русской, так и иностранной. Так, изначально главными двигателями крейсера служили три трехцилиндровые паровые машины тройного расширения. После демонтажа в 1946 г. двух из них, сегодня в машинном отделении располагается одна оригинальная паровая машина (рис. 4), мощность которой при давлении пара в котлах 17,2 атм составляла бы 3870 л. с. Машина имеет цилиндры — высокого (диаметр 800 мм, давление 12,9 атм), среднего (1273 мм, 5,5 атм) и низкого (1900 мм, 2,2 атм) давления и поршневые штоки из кованой стали диаметром 165 мм. Все валы для машины выкованы и обработаны на заводах во Франции. Кроме главной машины в механическую установку входят: главный хо-

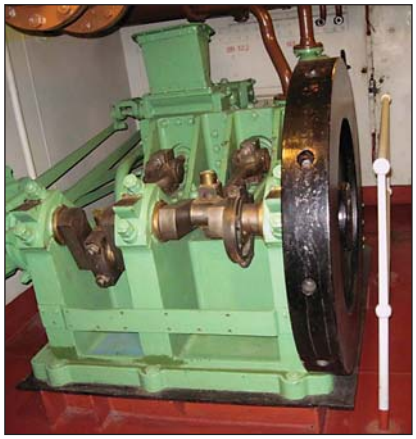


Рис. 6. **Рефрижераторная машина. 1987 г.**

лодильник (конденсатор) с 2884 трубками общей охлаждающей поверхностью 629,6 м^2, конденсатор пара вспомогательных машин и механизмов с охлаждающей поверхностью 377,6 м^2, обслуживающие их циркуляционные помпы и два вентилятора с паровыми приводами общей на три машинных отделения производительностью 60 000 м^3/ч. К сохранившимся уникальным экспонатам следует причислить упорный вал, упорный подшипник гребенчатого типа системы Модслея, разобщительную муфту Брикса, переборочные уплотнения гребных валов и многое другое. Таким образом, машинное отделение крейсера представляет экспозицию технического музея.

В период проектирования и постройки крейсеров типа «Паллада» (к которым относится и «Аврора») на кораблях многих стран мира активно внедрялись электрические приводы корабельных механизмов. С целью выбора лучшего электропривода рулевой машины для кораблей русского флота на крейсере «Паллада» установили электродвигатель разработки Балтийского завода, на крейсере «Диана» — Русского электрического общества «Унион», а на «Авроре» — фирмы «Сименс и Гальске» потребной мощностью 15,8 кВт. Наилучшим образом себя зарекомендовал авроровский электродвигатель, который прошел боевое крещение в Цусимском сражении в мае 1905 г. и надежно работал как в период первой мировой войны 1914—1918 гг., так и после —

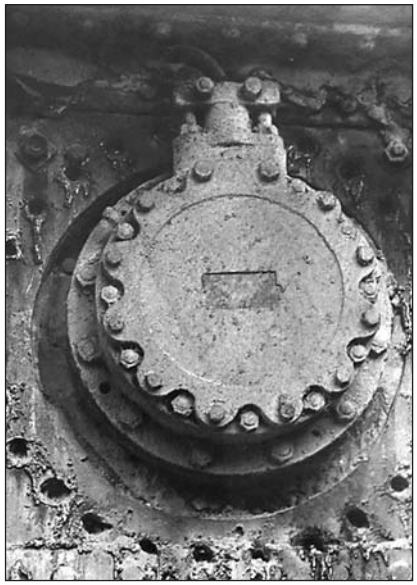


Рис. 7. **Прибор ЗПС на корпусе крейсера «Аврора». 1985 г.**

вплоть до 1935 г. В настоящее время в помещении электродвигателя рулевого устройства на кормовой платформе в районе 114—118 шп., по правому борту, можно увидеть сохранившийся «рулевой мотор» (рис. 5).

Там же, на кормовой платформе (98—103 шп.), размещалась провизионная кладовая скоропортящихся продуктов, закупаемых офицерами для кают-компании. Её функционирование обеспечивала английская воздушная рефрижераторная машина системы «Лайтифут» (рис. 6). Компрессор с паровым приводом обеспечивал сжатие воздуха, поступающего из кладовой, тем самым, повышая его температуру. В расширительном цилиндре температура воздуха сни-

Рис. 8. **Образцы подлинного электрического кабеля**

жалась и из так называемой «снеговой камеры» уже холодный воздух температурой –12 С° или –14 С° поступал в холодильную камеру. Подобная корабельная рефрижераторная машина — возможно единственная сохранившаяся в мире.

С изобретением в 1911 г. американцем Фессенденом мощного излучателя тональных незатухающих колебаний техника подводной сигнализации вступила в новый этап развития. В мае 1915 г. Морское министерство подписало с компанией «Субмарин сигнал» контракт на десять комплектов приборов Фессендена для звукоподводной связи, а затем еще на 45 с поставкой в 1916 г.

Размещением таких приборов на кораблях занимались Штаб командующего флотом, Морской генеральный штаб и минный отдел ГУК. Приборы звукоподводной связи были установлены в 1915 г. на пяти кораблях Балтийского флота и береговой станции у мыса Дагерорт, на четырёх линкорах Черноморского флота, а в 1916 г. еще на семи кораблях Балтийского фло-

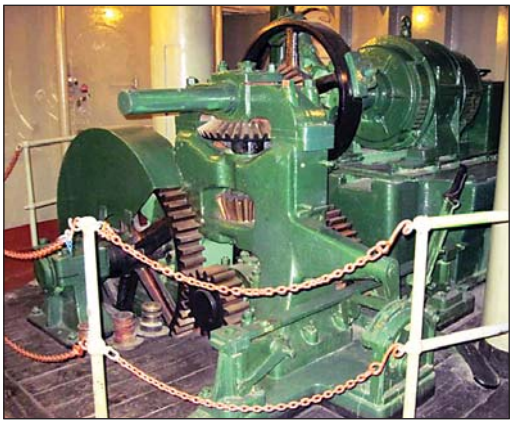


Рис. 9. **Рулевая (слева) и шпилевая машины. 1987 г.**

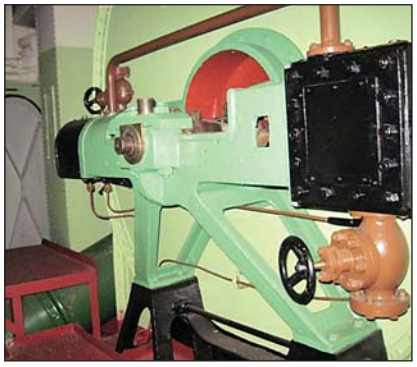


Рис. 10. **Вентилятор машинного отделения. 1987 г.**

та. Последние приборы успели установить в октябре на крейсере «Аврора» (рис. 7). В настоящее время один из них экспонируется разобранным в помещении подводных минных аппаратов.

На крейсере «Аврора» использовался постоянный ток напряжением 105 В. Электроэнергия вырабатывалась шестью паровыми динамомашинами общей мощностью 336 кВт. Канализация тока от пародинамо до распределительных ящиков осуществлялась с помощью медных шинопроводов сечением 40 х 5 мм, а к потребителям, — одножильными семипроволочными кабелями в нитяной оплетке. Цвет оплетки указывал, к какому потребителю идет кабель.

Например: проводники цепи боевых фонарей (прожекторов) были оранжевыми, вечерняя цепь — желтыми, ходовая цепь —зелеными и т. д.

В качестве изоляции применялась гуттаперча и резина из натурального каучука (рис. 8)

Основными потребителями электрической энергии на «Авроре» были электроприводы корабельных механизмов: рулевой и шпилевой машин (рис. 9), судовых вентиляторов (рис. 10), водоотливных турбин, лебедок грузовых стрел, снарядных элеваторов, а также прожекторы и лампочки судовой сети освещения. Поставщиком большей части электрооборудования для «Авроры» была немецкая фирма «Сименс и Гальске», она же поставляла и кабель.

Голосовая связь на крейсере осуществлялась посредством тонких переговорных латунных труб диаметром 38,1 мм (рис. 11). Общая длина труб на корабле составляла 816 м. Трубы в помещениях заканчивались никелированными мундштуками, а на открытых частях — эбонитовыми. Для вызова служил свисток на цепочке. Больше всего (11) переговорных труб было в центральном посту, а наиболее протяженной была голосовая связь от боевой рубки до румпельного отделения.

В 1966 г. 170 судов из 13 стран были приняты в организованную в США Ассоциацию исторических кораблей (HNSA). Всемирно известны плавучие музеи Великобритании — чайный клипер «Catty Sark» в Гринвиче, крейсер «Belfast» в Лондоне, броненосный фрегат «Warrior» и корабль адмирала Нельсона «Victory» в Портсмуте. Как уже отмечалось выше в Греции бережно сохраняется броненосный крейсер «Averof», в Японии — броненосец «Mikasa»; есть плавучие музеи в США, Польше и других странах.

Рис. 11. **Образец подлинной переговорной трубы. 1984 г.**

Технические экспонаты крейсера «Аврора», позволяющие говорить об уникальности корабля, были представлены инспекторам HNSA, которые по результатам обследования в 2002 г. вручили «Авроре» медаль о принятии крейсера в Ассоциацию кораблей-памятников.

С приходом на крейсер «Аврора» в июле 2013 г. нового командного состава, радеющего за сохранение именно техники и вооружения, появилась надежда на возрождение технической экспозиции на корабле, являющейся основой памятника отечественной кораблестроительной техники. В настоящее время корабль проходит ремонт на Кронштадтском морском заводе (рис. 12). В ходе ремонта (по документации АО «Северное ПКБ») выполняются модернизационные работы по установке систем корабельного видеомониторинга, новой пожарной сигнализации и современной системы пожаротушения. Срок окончания работ намечен на июль этого года, что позволяет наедятся, что ко Дню Военно-Морского Флота обновлённая «Аврора» займет свое место у Петроградской набережной.

С. И. Овсянников,
ведущий конструктор АО
«Северное ПКБ» по теме «Аврора»

Рис. 12. Крейсер «Аврора» в сухом доке АО «Кронштадтский морской завод» (www.kmolz.ru)

150 лет НТО

ПЛЕНУМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ им. академика А. Н. КРЫЛОВА

30 мая в АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (АО «ЦТСС») состоялся торжественный Пленум ЦП НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова, посвященный 150-летнему юбилею НТО. Возникнув в мае 1866 г. в Русском техническом обществе (его Устав 22 апреля 1866 г. подписал император Александр II) как Отдел судостроения, морской техники, артиллерии и оружейного производства, НТО на протяжении всей своей истории стремилось содействовать развитию отечественного судостроения, являясь трибуной для высказывания и обсуждения учеными и инженерами новых идей.

Открыл Пленум Президент НТО, докт. техн. наук, профессор, Герой России, Почетный гражданин Санкт-Петербурга В. Л. Александров. После поздравлений от предприятий и организаций, награждения специально выпущенной к юбилею памятной медалью, В. Л. Александров выступил с докладом «Российское и Международное НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова в развитии отечественного судостроения».

Исторический доклад к 150-летнему юбилею НТО, который подготовил В. В. Козырь, руководитель секции «История судостроения», прочел канд. техн. наук С. П. Столяров (СПб ГМТУ).

Далее были сделаны доклады по актуальным вопросам судостроения и флота:

«Современное военное кораблестроение России и перспективы его развития в 21 веке» — докт. техн. наук А. Б. Землянов (ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия);

«Научно-технический прогресс в судостроительной отрасли» — докт. техн. наук В. Н. Половинкин (ФГУП «Крыловский ГНЦ»);

«Потребности современного российского морского и речного транспорта» — канд. техн. наук А. А. Петров (АО «ЦНИИМФ»);

«Современное кораблестроительное образование и подготовка морских инженеров» — докт. техн. наук В. Н. Тряскин (СПб ГМТУ);

«Современные судостроительные материалы» — докт. техн. наук В. А. Малышевский (ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» им. академика И. В. Горынина»);

«Вопросы производства современных судов и кораблей» — канд. техн. наук А. С. Бузаков (АО «Адмиралтейские верфи»);

«Перспективы и проблемы северных заводов в процессе производства морской техники» — канд. техн. наук В. М. Попов (Архангельское региональное НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова);

«Решение задач импортозамещения при ремонте кораблей и судов иностранной постройки» — канд. техн. наук Г. Н. Муру (ОАО «51 ЦКТИС»).

Пленум принял постановление, в котором деятельность ЦП НТО признана удовлетворительной. Основная задача НТО — способствовать модернизации и инновационному развитию судостроительной отрасли. Признано целесообразным в работе НТО учитывать предложения, высказанные участниками Пленума.

Специально к Пленуму в АО «ЦТСС» были изданы труды Российского НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова в двух томах, посвященные 150-летию общества, а также сборник «Общество российских корабелов: традиции диктуют будущее».

БАЛТИЙСКОМУ ЗАВОДУ – 160 ЛЕТ!

На выставке в ЦВММ

28 апреля в Центральном военно-морском музее прошло торжественное открытие выставки «К 160-летию со дня основания Балтийского завода». Право перерезать ленточку было предоставлено директору ЦВММ Руслану Нехаю, первому заместителю генерального директора ООО «Балтийский завод — Судостроение» Владимиру Баженову и ветерану, работавшему на предприятии с 1949 г., почетному балтийцу Анатолию Мотавилову.

С момента своего создания — 13/25 мая 1856 г. — Балтийский завод занимает ведущее положение в создании кораблей и судов самых различных классов и назначений. В 1862 г. балтийцы построили первый в России железный броненосный корабль — канонерскую лодку «Опыт». Вслед за ней со стапелей завода почти ежегодно сходили на воду башенные и броненосные фрегаты, а затем броненосцы, крейсера, канонерские лодки, миноносцы и минные заградители. Многие из них оставили свой заметный след в более чем 300-летней истории Российского флота. В 1908 г. балтийцы успешно освоили производство паровых турбин, что позволило приступить к постройке линейных кораблей нового типа: в 1909 г. на заводе бы-

Корабли, построенные Балтийским заводом в конце XIX века. Крейсеры «Память Азова», «Адмирал Нахимов» и башенный фрегат «Адмирал Лазарев» (сверху вниз)

В начале XX века завод строил линейные корабли «Император Павел I» и типа «Севастополь»

В одном из залов выставки

ли заложены линкоры «Севастополь» и «Петропавловск».

Первым был завод и в области подводного кораблестроения. В 1864—1866 гг. на заводе была построена подводная лодка конструкции И. Ф. Александровского. В 1903 г. была завершена постройка уже первой боевой подводной лодки «Дельфин». Вслед за ней флоту были сданы лодки типа «Касатка», а за ними и более совершенные — «Минога» и «Акула», а в годы первой мировой войны — лодки типов «Морж», «Барс» и «АГ».

В советский период на заводе строились лесовозы, почтово-пассажирские теплоходы и мощные линейные ледоколы. Для Военно-Морского Флота балтийцы продолжили постройку подводных лодок уже по советским проектам. Одна из них, лодка Д-2 «Народоволец», в настоящее время является филиалом ЦВММ и одной из достопримечательностей Васильевского острова. В октябре 1935 г. в торжественной обстановке на заводе был заложен первенец советского крейсеростроения «Киров», а через год — второй крейсер «Максим Горький».

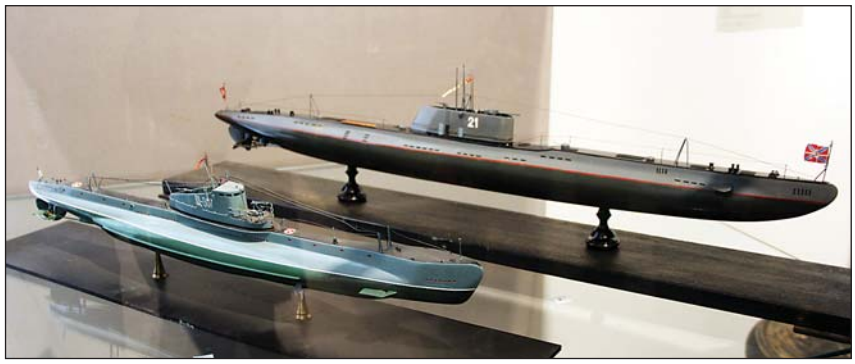
Параллельно велась постройка эсминцев пр. 7 и 7У.

В годы Великой Отечественной войны в тяжелейших условиях блокадного города балтийцы выполняли ремонтно-восстановительные работы на кораблях флота и переоборудование гражданских судов в военные, осуществляли постройку барж и тендеров для «Дороги жизни» и тральщиков — «стотонников».

В послевоенное время завод продолжил постройку как надводных кораблей, так и подводных лодок для ВМФ СССР, а также различных типов гражданских судов: танкеров, рефрижераторов, газотурбинных лесовозов и рудовозов. 1971—1980 г. знаменательны созданием атомных ледоколов типа «Арктика». В 1990 г. Балтийский завод совместно с филиалами построил еще два атомных ледокола «Таймыр» и «Вайгач».

В 1998 г вступил в строй «Петр Великий», последний из четырех построенных на заводе тяжелых атомных крейсеров пр. 1144.

О сегодняшнем дне предприятия рассказал заместитель генерального директора Владимир Баженов: «Наше предприятие — лидер надводного атомного



Модели подводных лодок типа «Д» и «Щ», строившихся на заводе в 30-х годах прошлого века

Наряду с моделью крейсера «Киров», на выставке представлены предметы судового оборудования и дельные вещи

Модель тяжелого атомного крейсера пр. 1144 типа «Киров» (с 1992 г. — «Адмирал Ушаков»), одного из четырех построенных на заводе в конце прошлого века

Модель плавучего контрольно-измерительного комплекса «Космонавт Владимир Комаров»

Модель плавучего измерительного комплекса «Урал», переданная заводом в дар музею

О сегодняшнем дне Балтийского завода рассказывают представленные им экспонаты

Модель первой в мире плавучей атомной электростанции

кораблестроения России. Сегодня на предприятии сооружается головной ледокол пр. 22220, названный «Арктика» в честь первого корабля — покорителя Северного полюса. Новой «Арктике» предстоит стать самым мощным и самым большим ледоколом в мире. Следом со стапеля завода должны сойти еще два серийных ледокола: уже заложенный атомоход «Сибирь» и «Урал». У достроечной набережной ведутся завершающие работы на первой в мире плавучей атомной электростанции».

В экспозиции выставки были представлены модели кораблей из собрания ЦВММ и модели, предоставленные непосредственно заводом, о чем сообщила собравшимся заместитель директора ЦВММ по научно-экспозиционной и выставочной работе Надежда Морозова, подчеркнув, что на выставке «собраны жемчужины сразу двух коллекций — собрания ЦВММ и собрания Балтийского завода». При этом ряд моделей, представленных на выставке, в свое время были переданы музею Балтийским заводом и, по словам директора музея Руслана Нехая, служат украшением многих залов, особенно переданная Балтийским заводом в дар ЦВММ модель атомного корабля-разведчика «Урал».

Наряду с моделями кораблей, посетители выставки могли увидеть и другие экспонаты, относящиеся к деятельности Балтийского завода. Это серебряные закладные доски кораблей, чертежи, по которым строились линкоры типа «Севастополь», картины известного художника-мариниста А. А. Троня, запечатлевшие под-

водную лодку И. Ф. Александровского во время высочайшего смотра на Транзундском рейде в 1869 г. и подводную лодку «Дельфин» на испытаниях летом 1903 г. Отдельные стенды рассказывают о кораблях, ставших визитной карточкой предприятия: тяжелым атомном крейсере «Киров», атомном ледоколе «Россия», кораблях науки — плавучих командно-измерительных комплексах «Космонавт Владимир Комаров», «Космонавт Юрий Гагарин» и др.

Сегодняшний день представляли модели новейшего атомного ледокола пр. 22220, а также первой в мире плавучей атомной электростанции «Академик Ломоносов». Эти и другие заказы являются убедительным свидетельством высокого технического и организационного потенциала предприятия и его уверенности в завтрашнем дне.

Н. Н. Афонин
Фото А. Н. Хаустова

К 150-летию Русского технического общества и Российского НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова

ИТОГИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОНКУРСОВ И КОНФЕРЕНЦИЙ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

22 апреля по старому стилю 1866 г. император Александр II подписал представленный Кабинетом министров Указ об утверждении Русского технического общества, целью которого было «содействие технике и технической промышленности России». По этому указу был создан отдел судостроения, морской техники, артиллерии и оружейного производства, который в 1896 г. трансформировался в Общество морских инженеров в Кронштадте, а в 1932 г. (после ряда преобразований) — во Всесоюзное научное инженерно-техническое общество судоходства и судостроения (ВНИТОСС), с 1954 г. — НТО им. академика А. Н. Крылова.

С момента основания Русского технического общества и до наших дней НТО судостроителей возглавляли выдающие русские ученые В. Л. Поздюнин, Ю. А. Шиманский, П. П. Пустынцев, И. В. Горынин, В. М. Пашин. С 2001 г. Обществом руководит Герой России, доктор технических наук, профессор, почетный гражданин Санкт-Петербурга В. Л. Александров.

В 2014 г. в составе Центрального правления НТО впервые был образован Комитет по молодежной политике и связям со СМИ, на который была возложена задача консолидации усилий молодых ученых и инженеров судостроительной отрасли на решении актуальных задач военного и гражданского судостроения, создания техники для освоения морских ресурсов, новых материалов, комплексов приборостроения, энергетики и машиностроения.

Проводимые с 2000 г. Российским союзом научных и инженерных общественных организаций с привлечением НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова ежегодные научно-технические конкурсы способствуют росту инициативы и квалификации технической молодежи.

К 150-летию Русского технического общества проведен ряд масштабных конкурсов, на итогах которых остановимся ниже.

Наиболее трудным и престижным для участников оказался конкурс РосНИО «Надежда России», на котором рассматривались крупные законченные работы молодых ученых и инженеров, решающие важные научно-технические проблемы.

АО «ЦТСС» и ЦП НТО представили работу молодых сотрудников: «Исследование, разработка, изготовление и внедрение на предприятиях высокоэффективных лазерных технологий и оборудования для судо- и машиностроения». Авторы — В. К. Букато, Н. А. Носырев и А. Г. Жмуренков. Её основной целью являлось создание высокотехнологичного, наукоемкого комплекса лазерного технологического оборудования. В настоящее время оборудование передано для опытно-промышленного внедрения в АО «ЦС «Звездочка» и АО «Буревестник».Постановлением координационного совета РосНИО от 28.12.2015 г. эта работа удостоена I премии, а ее авторы получили денежное вознаграждение, дипломы и памятные медали лауреатов премии «Надежда России». Всего было присуждено только три премии. Лауреатов тепло поздравил Президент РосНИО, член Президиума РАН, академик Ю. В. Гуляев.

Массовым общероссийским конкурсом для молодых ученых и инженеров является конкурс «Инженер года», который проводится с 2000 г. XVI конкурс был посвящен 150-летию Русского технического общества. Его итоги были подведены 25 января 2016 г. Российским и Международным союзами научных и инженерных общественных объединений при участии Академии инженерных наук им. академика А. М. Прохорова и Межрегионального Фонда содействия научно-техническому прогрессу. Торжественное вручение наград победителям состоялось 17—18 февраля 2016 г. в Москве, заседания вел академик Ю. В. Гуляев.

Ранее в декабре 2015 г. по итогам первого тура конкурса — «Инженерное искусство молодых» — награждены дипломами молодые специалисты судостроительных предприятий: Е. Н. Афанасьев, К. Г. Бережной, Д. Е. Козлов, П. А. Кузьменко (ФГУП «Крыловский ГНЦ), Р. П. Животовский, А. А. Павлов (АО «ЦТСС»), А. О. Звонов (ФГУП «НПП «Прог-

ресс»), А. Ю. Спиридонов, А. М. Полозов, Д. Л. Деснев (АО «ПО «Севмаш»).

Победители II тура конкурса получили дипломы и памятные медали «Лауреат конкурса», а их фамилии занесены в реестр профессиональных инженеров России. Это — Ю. С. Некрылова (АО «СПМБМ «Малахит»); К. А. Глеб (ФГУП «Крыловский ГНЦ»); И. И. Мурзаев (АО «Зеленодольский завод им. А. М. Горького»); О. Д. Хаютин (филиал СРЗ «Нерпа» АО «ЦС «Звездочка»); Д. Ю. Шалаев (ФГУП «Крыловский ГНЦ»); Р. Э. Данилин (АО «ПО «Севмаш»).

Отраслевой конкурс «Молодой кораблестроитель — инженер года 2016», проведенный Комитетом по молодежной политике и связям со СМИ РосНТО, проходил с января 2015 г. по февраль 2016 г. Следует отметить высокую активность молодых специалистов, представивших 72 конкурсные работы от 23 НИИ, КБ и заводов.

Работы рассматривались и оценивались ведущими учеными и специалистами по тематике конкурса. В числе которых — член-корреспондент РАН, докт. техн. наук, проф. Л. И. Чубраева, докт. техн. наук, проф. А. И. Гайкович, докт. техн. наук, проф. Ю. И. Нечаев, докт. техн. наук, проф. П. А. Шауб, докт. техн. наук, проф. М. А. Кутейников, канд. техн. наук Л. Г. Горбов, канд. техн. наук В. В. Мурзин, канд. техн. наук Н. А. Вельдман, канд. техн. наук Л. А. Промыслов.

Рецензенты дали общую хорошую оценку работам, подчеркнули их актуальность и целевую направленность на решение научных, технологических, конструкторских и производственных задач в рамках Гособоронзаказа и Федеральных целевых программ. Значительное число конкурсантов имеют научные печатные работы, патенты на изобретения и свидетельства на Государственную регистрацию программ для ЭВМ и баз данных. Большое внимание конкурсанты уделили САПР и 3D-моделированию, новым материалам и технологиям.

Окончательные итоги конкурса были подведены 26 февраля 2016 г. Денежными премиями и памятными медалями «150 лет Российскому обществу судостроителей А. Н. Крылова» награждены 22 конкурсанта.

Вручение наград и научно-техническая конференция состоялись 18 марта 2016 г.

На подлинномъ написано: «Государь Императоръ Уставъ сей разсматривать и Высочайше утвердить соизволилъ, въ Царскомъ Селѣ, въ 22-й день апрѣля 1866 года».
Подписалъ: Управляющій дѣлами Комитета Министровъ, Статсъ-Секретарь Горчаковъ.
УСТАВЪ
РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

I премии удостоены: Н. А. Афанасьев (АО «ЦТСС») за работу «Технология и оборудование для гибридной лазерно-дуговой сварки высокопрочных сталей горизонтальным лучом»; М. В. Сергеев (АО «Концерн «НПО «Аврора») — «Исследование и разработка технологии создания технической документации модельной структуры с использованием системы автоматизированного проектирования»; Н. С. Дружинин (АО «ЦС «Дальзавод») — «Совершенствование направляющего аппарата судовой ветротурбинной установки».

II премии удостоены: Д. П. Елисеев (АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор») за работу «Повышение виброустойчивости микромеханического гироскопа RR-типа»; А. К. Мазеева (ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей») — «Защита судового оборудования и экипажа от негативного воздействия электромагнитного излучения промышленной частоты с использованием нанокристаллических материалов на основе кобальта»; П. В. Егоров (ЗАО «Чебоксарский электроаппаратный завод») — «Разработка и поставка заказчикам высоковольтных ячеек типа КНВ-10М для использования в судовых электроэнергетических системах».

III премии удостоены: Т. Т. Гайнуллин (СРЗ «Нерпа» АО ЦС «Звездочка») за работу «Использование портативного токарного станка при ремонте валопроводов подводных лодок»; Р. А. Сахаров (ЗАО «ЦНИИСМ») — «Разработка методики оценки предпроектного состояния металлических конструкций»; А. А. Клыгина (АО «ПО «Севмаш») — «Реконструкция линии по обезвреживанию хромсодержащих сточных вод».

Поощрительные премии получили: П. А. Яковлев (ОАО «51 ЦКТИС»), И. И. Зайцев (АО «СПМБМ «Малахит»), В. Р. Саймойлов (Российский морской регистр судоходства), А. В. Першин (ОАО «КБ «Вымпел»), И. В. Гаген (АО «ЦМКБ «Алмаз»), А. Н. Гаврилова (ООО «Винета»), А. В Рубкалева (АО «ЦКБ МТ «Рубин»), К. Г. Шмагин (АО «Адмиралтейские верфи»), И. В. Солдатов (АО «СНСЗ»), Е. Е. Ляховский (АО «Арктика»), А. В. Кошелев (ПАО «Выборгский судостроительный завод»), Е. В. Малов (ФГУП «Крыловский ГНЦ»), М. В. Горячев (АО «Северное ПКБ»). Остальные конкурсанты были награждены памятной медалью, их вручали руководители организаций.

В период подготовки конкурса прошли научно-технические конференции с приглашением представителей родственных организаций в АО «СПМБМ «Малахит», АО «ЦКБ МТ «Рубин», концерне «Морское подводное оружие — Гидроприбор», АО «ЦМБМ «Алмаз», АО «ПО «Севмаш» и ряде других предприятий.

После вручения наград состоялась научно-техническая конференция, на которой выступили с докладами все 22 победителя конкурса. Целью конференции было ознакомление молодых специалистов с широким спектром работ ведущих организаций, участвующих в создании кораблей и судов. Докладчикам задавалось большое количество вопросов, проходила оживленная дискуссия.

Важно отметить, что в научных журналах опубликовано девять статей, отобранных из конкурсных работ.

В 2017 г. планируется проведение 3-го научно-технического конкурса молодых судостроителей и научно-технической конференции. Прорабатывается вопрос о проведении семинаров по актуальным проблемам, а также совещания по обмену опытом работы представителей ведущих вузов и предприятий отрасли, на которых работают базовые кафедры.

Планируется расширение состава Комитета НТО по молодежной политике и связям со СМИ за счет включения в его состав представителей Советов молодых специалистов НИИ, КБ и заводов отрасли.

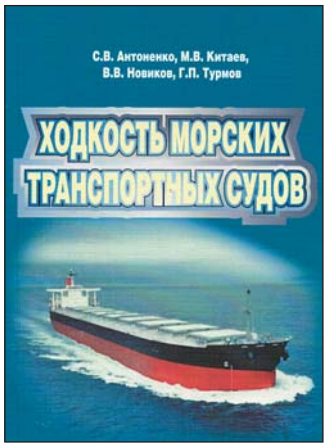
Б. А. Барбанель,
председатель Комитета
РосНТО судостроителей
им. академика А. Н. Крылова
по молодежной политике
и связям со СМИ, академик РАЕН,
заслуженный изобретатель РФ

НОВЫЕ КНИГИ

Технология и технологическое оборудование корпусообрабатывающих цехов судостроительных предприятий. Васильев А. А., Догадин А. В., Левшаков В. М., Невская А. Н. — СПб.: АО «ЦТСС», 2016 (200 с.).

ISBN 978-5-902241-30-0.

В книге авторов из АО «ЦТСС» и СПб ГМТУ рассмотрены современные технологии и новейшие образцы отечественного и зарубежного технологического оборудования для корпусообрабатывающих цехов. Представлены разработки специалистов АО «ЦТСС» в области автоматизации изготовления корпусных деталей, в частности, машины тепловой резки с ЧПУ и многофункциональные гибочно-правильные станки. Приведены типовые планировочные решения корпусообрабатывающих цехов и технические характеристики технологического оборудования. Иллюстрируют текст многочисленные цветные фотоснимки. Книга предназначена для специалистов судостроительных и судоремонтных предприятий и может использоваться студентами в качестве учебного пособия.



Ходкость морских транспортных судов. Антоненко С. В., Китаев М. В., Новиков В. В., Турмов Г. П. — Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т. 2015 (154 с.).

ISBN 978-5-7444-3613-1.

В книге рассмотрены практические методы расчета ходовых качеств морских судов различных типов. При этом методы расчета сопротивления воды движению судов и проектирования судовых движителей основаны на использовании диаграмм серийных испытаний моделей судов и гребных винтов, проводимых в нашей стране и за рубежом. Рассмотрены методы расчета дополнительного сопротивления от воздействия ветра, волнения, а также при движении во льдах. Это учебное пособие рекомендовано ДВ РУМЦ для студентов, проходящих подготовку по направлению «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры». Пособие снабжено примерами расчета.

Корабли и суда на подводных крыльях. Пассажирские теплоходы и газотурбоходы ЦКБ по судам на подводных крыльях. Панов А. Ю. — Н. Новгород. 2015 (480 с.).

ISBN 978-5-7493-1829-6.

Монография знакомит читателей с историей создания пассажирских судов на подводных крыльях (СПК). Серийное строительство СПК в нашей стране во второй половине XX века обеспечило развитие скоростных пассажирских перевозок по внутренним водным путям и в прибрежных районах морей. В книге прослеживается судьба, в том числе за рубежом, конкретных СПК типа «Ракета», «Метеор», «Спутник», «Чайка», «Комета», «Вихрь», «Беларусь», «Полесье», «Восход», «Колхида», «Альбатрос», «Катран», «Олимпия», «Валдай», «Буревестник», «Циклон». При этом использован большой библиографический материал — 676 названий. Книга снабжена многочисленными иллюстрациями. Она будет интересна специалистам-судостроителям и любителям истории флота и судостроения.

Вопросы прочности судовых конструкций при сложном нагружении. Горетый О. А., Новиков В. В., Суров О. Э., Турмов Г. П. — Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т. 2016 (158 с.).

ISBN 978-5-7444-3696-4.

В монографии рассмотрены эксплуатационные повреждения конструкций морских судов и вопросы обеспечения ресурса корпусов. Представлены результаты анализа и систематизации материалов в ходе исследований прочности судов открытого типа в условиях скручивания и общего изгиба корпуса. Приведены расчетный анализ и оценка напряженно-деформированного состояния палубных конструкций с учетом изменения характеристик поперечного сечения корпуса. Показано существенное увеличение напряжений в палубах при одновременном продольном изгибе и скручивании корпуса. Даны зависимости, позволяющие на ранних стадиях проектирования судить об ограничении ширины палубных вырезов с точки зрения прочности. Представлены также графики для определения характеристик связей соединительных конструкций («моста») корпусов катамарана при предельном нагружении. Книга предназначена для инженеров-проектировщиков и может быть также полезна студентам кораблестроительных специальностей.

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СТАТИСТИКА СУДОСТРОЕНИЯ

В 2015 г. заказ новых морских судов коммерческого флота (учитываются суда валовой вместимостью 100GT и более) уменьшился по сравнению с 2014 г. по количеству и вместимости (таблица) — соответственно с 2888 до 2197 ед. и с 81 600 до 76 570 тыс. GT. Лидеры остались прежние: Китай на первом месте (33%), затем Южная Корея (30,9%) и Япония (26,9%). Европейские судостроители увеличили свою долю с 2,4% до 3,7%. На этом же уровне оказались Филиппины — 3%; остальные страны — менее одного процента по суммарной валовой вместимости заказанных в 2015 г. новых судов.

По суммарному портфелю заказов к концу 2015 г. у Китая и Южной Кореи показатели уменьшились, а у Японии увеличились. Тем не менее, тройка лидеров та же: Китай — 38,5%, Южная Корея — 29,5%, Япония — 20,2%. Европейские страны показали рост с 2,4 до 3,3%. После Европы идут Филиппины (2,6%), Бразилия (1,5%) и Румыния (1%). У остальных стран — менее 1%.

По сданным заказчикам судам в 2015 г. первая тройка по валовой вместимости не изменилась, хотя по количеству судов Япония с 520 ед. обошла Южную Корею с 358 ед. На четвертом месте Филиппины (42 ед., 1865 тыс. GT), опередившие Европу (118 ед., 925 тыс. GT) и Тайвань (56 ед., 749 тыс. GT).

Страны регистрации коммерческих судов ранжируются по валовой вместимости. Первые три места в 2015 г., как и прежде, занимают Панама (8026 ед., 216 806 тыс. GT), Либерия (3136 ед., 131 044 тыс. GT) и Маршалловы Острова (2905 ед., 120 883 тыс. GT). В России зарегистрировано солидное число судов — 3571 ед., но по их суммарной вместимости (8508 тыс. GT) это 24 место.

На слом в 2014 г. было сдано 1237 судов (22 765 тыс. GT). Эта работа осуществляется главным образом в Индии, Бангладеш, Китае и Пакистане. (Shipbuilding Statistics. 2016. March. The Shipbuilders' Association of Japan. www.sajn.or.jp).

БЕСПИЛОТНИК «МОРСКОЙ ОХОТНИК»

В США начались морские испытания беспилотного надводного корабля «Sea Hunter». Он был спущен на воду 7 апреля в Портленде, шт. Орегон.

Построенный компанией Leidos по заказу агентства Министерства обороны США DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), занимающегося разработкой новых технологий для использования в вооружённых силах, корабль предназначен для поиска, обнаружения и слежения за малошумными дизель-электрическими подводными лодками противника и передачи соответствующих данных в центр управления. Этот двухвинтовой автономный корабль-прототип тримаранного типа разработан по программе ACTUV — Anti-submarine warfare Continuous Trail Unmanned Vessel. По данным www.digitaltrends.com длина его корпуса из стеклопластика составляет 40,2 м, полное водоизмещение 145 т, запас топлива 40 т, максимальная скорость хода 27 уз, мореходность до 5—7 баллов, дальность обнаружения подлодки 2 мили, стоимость постройки 23 млн дол. Поскольку в ходе испытаний, которые должны продлиться два года, на

Беспилотный корабль «Sea Hunter» (www.digitaltrends.com)

Статистика по гражданскому судостроению в 2014/2015 гг.

Страна	Новые заказы			Всего заказов на конец года			Сдано заказчикам		
	No	000GT	%	No	000GT	%	No	000GT	%
Китай	1164/730	31 372/25 284	38,4/33,0	2454/2334	80 452/77 593	40,8/38,5	914/949	22 707/25 160	35,1/37,2
Южная Корея	340/276	24 594/23 634	30,1/30,9	865/769	61 080/59410	30,9/29,5	343/358	22 595/23 272	35,0/34,4
Япония	604/540	19 314/20 579	23,7/26,9	941/991	32 875/40 585	16,7/20,2	522/520	13 421/13 005	20,8/19,2
Европа	132/115	1944/2807	2,4/3,7	247/265	4731/6612	2,4/3,3	122/118	1185/925	1,8/1,4
Всего в мире	2888/2197	81 600/76 570	100/100	6148/6007	197 389/201 397	100/100	2963/2870	64 618/67 566	100/100

Проектное изображение многофункционального ледокольного судна, строящегося для ПАО «Совкомфлот» (www.arctech.fi)

борту должны присутствовать специалисты, на палубе предусмотрена временная рубка.

ФИННЫ СТРОЯТ СЕРИЮ

Финская верфь Archtech Helsinki Shipyard (входит в АО «ОСК») строит для ПАО «Совкомфлот» многофункциональные ледокольные суда пр. Р-71014. Закладка головного в серии из 4 ед. состоялась 17 декабря 2015 г. Судно, строящееся на класс Российского морского регистра судоходства, предполагается эксплуатировать в рамках проекта «Сахалин-2». Символ класса: КМ ✪ Icebreaker6 AUT-1 OMBO FF3WS DYNPOS-2 ANTI-ICE ECO Winterization(-35) Passenger ship Supply vessel Oil recovery ship. Судно будет использоваться для доставки грузов и персонала (42 чел.) на морские добывающие платформы, а также бороться с разливами нефти. Основные характеристики: дедвейт 3000 т, наибольшая длина 100 м, ширина 2,71 м, осадка 7,6 м, ледопроходимость 1,5 м, экипаж 28 чел. Судно планируется передать заказчику летом 2016 г. Аналогичное второе дежурное (stand-by) судно, стр. № 512, заложили 4 февраля 2016 г. Объявленный срок сдачи — конец 2016 г.

12 ПЛ ДЛЯ АВСТРАЛИИ

В конце апреля правительство Австралии приняло решение о заказе во Франции 12 дизель-электрических подводных лодок (ПЛ) для своего флота. Подлодки построит компания DCNS. Стоимость контракта 50 млрд австралийских долларов (около 40 млрд дол. США). За этот крупный заказ боролись также Япония (компании Mitsubishi Heavy Industries и Kawasaki Heavy Industries) и Германия (ThyssenKrupp AG). По заявлению австралийского правительства, при выборе компании-строителя учитывались готовность обеспечить требуемые тактико-технические характеристики ПЛ, стоимость и график постройки, возможность технической поддержки ПЛ в течение жизненного цикла, а также участия австралийских компаний в проекте. Новая австралийская ПЛ обозначается как Shortfin Barracuda Block 1A. По данным DCNS ее длина 97 м, подводное водоизмещение более 4000 т. Сообщается, что на ПЛ будет установлена очень мощная гидроакустическая станция, водометная пропульсивная установка заменит устаревший гребной винт, втягивающиеся рули уменьшат сопротивление движению и шум, а наличие специальных люков облегчит доступ к механизмам и оборудованию при модернизации. По условиям контракта ПЛ должны строиться в Австралии, на верфи в Аделаиде.

Французская подводная лодка для Австралии (www.dcnsgroup.com)

ПЕРЕХОД НА СПГ ЗАМЕДЛИЛСЯ

В связи с падением цен на нефть со 100 дол. в середине 2014 г. примерно до 40 дол. за баррель в апреле 2016 г. в СМИ отмечается падение интереса к сжиженному природному газу (СПГ) как топливу для судовых двигателей. Ценовые преимущества СПГ в этом качестве исчезли, и переход на СПГ из-за дополнительных затрат может не окупаться, особенно этого опасаются некрупные компании. Не отрицая СПГ в качестве топлива будущего, обеспечивающего резкое снижение вредных газообразных выбросов (по некоторым подсчетам СПГ снижает выделение NOx и SOx на 90—95%, а CO_2 — на 20—25%), представители судоходных компаний хотят сейчас взять тайм-аут в его расширенном применении. В частности, есть примеры, когда судовладельцы откладывают соответствующее переоборудование своих судов на два года. По данным DNV-GL по состоянию на март этого года СПГ использовалось на 77 судах (в основном паромы, буксиры, суда снабжения) из свыше 50 000 морских судов, эксплуатирующихся в мире. (*Maritime Global News. Apr. 18. 2016*).

NORDIC YARDS: СМЕНА ВЛАДЕЛЬЦА

Немецкая судостроительная компания Nordic Yards, принадлежавшая Виталию Юсуфову, сменила

владельца. Теперь она входит в малазийскую компанию Genting Group. 23 февраля в Гамбурге был подписан соответствующий контракт, а закрытие сделки состоялось в апреле. Ранее, перед Новым годом были выкуплены 100% акций верфи Lloyd Werft в Бремерхафене. Таким образом, в результате на севере Германии создана группа из четырех верфей, контролируемых новым владельцем из Малайзии. В сферу деловых интересов компании Genting Group, созданной в 1965 г. для организации игорного (казино) и курортного бизнеса, теперь входят туризм, отели, круизные суда, плантации, недвижимость, электроэнергия, нефть и газ, информационные технологии, е-коммерция, биотехнологии. Ее персонал насчитывает 60 000 человек.

Американский многоцелевой эсминец нового поколения «Zumwalt» в Атлантическом океане, 21 апреля 2016 г. (www.navy.mil)

«ZUMWALT» ПЕРЕДАН ВМС

20 мая на верфи Bath Iron Works (входит в General Dynamics) головной 186-метровый многоцелевой эсминец нового поколения «Zumwalt» (DDG-1000) водоизмещением около 15 000 т после интенсивных испытаний был передан ВМС США. В носовой части корабля расположены две 155-мм артустановки с убирающимися стволами, а в вертикальных шахтах — управляемые ракеты для поражения воздушных, надводных, подводных и наземных целей. После сертификации экипажа, состоящего из 143 мужчин и женщин, 15 октября этого года должна состояться церемония официального ввода в эксплуатацию этого корабля — почти на три года позже первоначально запланированного срока. По данным Пентагона наибольший вклад в задержку сдачи корабля внесла, в частности, отработка интегрированной энергетической системы, которая предусматривает снабжение электроэнергией всех корабельных систем и устройств, включая вооружение. Строительство эсминца «Zumwalt» началось в феврале 2009 г., спуск на воду состоялся в октябре 2013 г., к ходовым испытаниям приступили в декабре 2015 г. Постройка второго «Michael Monsoor» (DDG-1001) и третьего «Lyndon B. Johnson» (DDG-1002) кораблей серии продолжается. По данным СМИ закупка трех судов в общей сложности обойдется, по оценкам, в 13,2 млрд дол., а при характеристике всей программы упоминается цифра в 22,4 млрд. (*Подробнее об эсминце «Zumwalt» — см. «Судостроение», 2015 г., № 5, стр. 19—22*).

БЮДЖЕТ ФЛОТА И КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ США

Американский Президент Барак Обама на 2017 финансовый год, который начнется 1 октября 2016 г., запросил у Конгресса 165 млрд дол. для ВМС США. Из них 45 млрд должно быть направлено на кораблестроение. В частности, планируется достроить и передать флоту (закупить) семь кораблей и подводных лодок, находящихся сейчас в высокой степени строительной готовности. Это два эсминца типа «Arleigh Burke», две атомные подводные лодки типа «Virginia», два «литоральных» (прибрежных) боевых корабля и десантный корабль типа «America». Будет также полностью обеспечено финансирование программы замены атомных подводных лодок с баллистическими ракетами типа «Ohio». При этом сохраняется план увеличить флот ВМС США до 308 кораблей к 2021 г. На поддержку действующего флота запрошено 55 млрд дол., а на научные исследования и разработки техники будущего для морской пехоты — 17,3 млрд дол. (*Sea Technology. 2016. May. Vol. 57. No 5. P. 13—16*).

ПЛАНЫ КИТАЯ

Китай планирует постройку около двух десятков плавучих атомных электростанций (ПАЭ), сообщают СМИ, которые могут стоить десятки миллиардов долларов. Еще в 2015 г. Национальная комиссия по развитию и реформам (China's National Development and Reform Commission) одобрила начало исследовательских работ на верфи Bohai Shipbuilding Heavy Industry (входит в CSIC — China Shipbuilding Industry Corporation) по разработке «демонстрационного проекта» атомной плавэлектростанции. CSIC стала первой компанией, получившей от властей разрешение на постройку ПАЭ. Стоимость головного сооружения оценивается в 3 млрд юаней (461 млн дол.). В этом году China Central Nuclear Power Group заключила с судостроителями соглашение о сотрудничестве по созданию для «атомной оффшорной платформы» ядерного реактора ACPR50S мощностью 200 МВт. Его изготовление планируется начать в 2017 г., а завершить — к 2020 г. Руководители CSIC объявили, что компания станет крупнейшим строителем ПАЭ в течение пяти лет.

Подготовил А. Н. Хаустов

ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЧЕРНОВЕРХСКИЙ

К 100-летию со дня рождения

П. А. Черноверхский (1916—2006)

Во второй половине XX века в СССР был создан мощный океанский ракетоносный подводный атомный флот под руководством талантливых и высокопрофессиональных организаторов и специалистов. Одним из них, безусловно, был инженер-кораблестроитель П. А. Черноверхский.

Павел Александрович Черноверхский родился 22 июля 1916 г. в Нижнем Новгороде в семье инженера Сормовского завода Александра Михайловича Черноверхского.

После окончания в марте 1939 г. кораблестроительного факультета Горьковского политехнического института его направили на завод «Красное Сормово», где в то время строились подводные лодки IX-бис серии типа «С», сначала мастером на участок главных машин в монтажно-сдаточный цех, затем помощником строителя на эти лодки.

После обучения на шестимесячных курсах повышения квалификации по подводным лодкам Павел Александрович был направлен в Кронштадт на сдаточную базу помощником, а с осени 1940 г. ответственным сдатчиком ПЛ С-11.

За время войны он участвовал в достройке и сдаче Военно-Морскому Флоту ПЛ С-16 и С-22 в Баку на Каспии, а С-17 в Молотовске на Белом море и в Полярном на Баренцевом море. Так проходило его становление как корабела-подводника.

В 1946 г. Павел Александрович назначается начальником судомонтажного цеха на заводе «Красное Сормово». В апреле 1949 г. за скоростное строительство речных судов ему с группой работников завода было присвоено звание лауреата Государственной премии, а в связи со 100-летием завода он был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

С мая 1950 г. П. А. Черноверхский в течение двух лет работает главным инженером Навашинского судостроительного завода, а с мая 1952 г. — главным инженером завода «Ленинская Кузница» в Киеве.

В июле 1954 г. он в должности главного инженера возвращается на «Красное Сормово», где в это время шло интенсивное строительство подводных лодок пр. 613, требовалось совершенствование организации производства, наращивание производственных мощностей, техническое переоснащение цехов. В эту работу активно включился и Павел Александрович, проявив высочайшие ответственность, профессиональные знания и организаторские способности. Ему приходилось и непосредственно руководить в декабре 1954 г. на сдаточной базе испытаниями, когда потребовалась сдача пяти ПЛ пр. 613, кроме двадцати четырех ПЛ, уже сданных в этом году. При его участии шли подготовка и строительство более совершенных ПЛ пр. 633, модернизация ПЛ пр. 613, строительство серии ДПЛ пр. 651 с крылатыми ракетами В. Н. Челомея с надводным стартом.

Строительство АПЛ пр. 670 второго поколения с крылатыми ракетами «Аметист» с подводным стартом потребовало реконструкции производства завода, постройки не только нового эллинга для АПЛ и усиления слипа, но и создания новых плавмастерских, энергоблоков и КДП, специальных стендов, оснастки и специальных производств, в том числе отдела автоматики для выполнения наладочных и сдаточных работ. Вся эта работа требовала повышенного внимания Павла Александровича к совершенствованию технологий производства, к обучению работников отделов и цехов, к освоению атомной энергетики.

Его опыт, знания и работа, проделанная на заводе «Красное Сормово», были по достоинству оценены руководством Министерства судостроительной промышленности, и в начале 1965 г. его назначают сначала первым заместителем, а затем начальником технического управления министерства. А в ноябре 1966 г. П. А. Черноверхский возглавил 1-е Главное управление Минсудпрома, которому подчинялись все заводы, строящие и ремонтирующие атомные подводные лодки, все ЦКБ по проектированию ПЛ.

За время руководства П. А. Черноверхским с 1966 по 1985 гг. ведущим главком министерства (объем производства которого составлял четверть всего производства отрасли) флот пополнялся новыми АПЛ 2-го и 3-го поколений, продолжалось строительство ДПЛ, в том числе и на экспорт. Позднее это время — 60—80-е годы — стали называть «золотым временем кораблестроения».

Родина высоко оценила самоотверженный и плодотворный труд Павла Александровича Черноверхского. Кроме уже упомянутых наград он был удостоен Государственной премии (1977 г.), Ленинской премии (1984 г.), награжден тремя орденами Ленина.

Скончался Павел Александрович 9 мая 2006 г., немного не дожив до своего 90-летия, и похоронен в Москве.

И. В. Иванов,
член секции истории
ЦП НТО судостроителей
им. академика А. Н. Крылова

ЧЕТЫРЕ ПЕРИОДА МОЕЙ РАБОТЫ В ПОДВОДНОМ СУДОСТРОЕНИИ

П. А. Черноверхский

В связи со 100-летием со дня рождения П. А. Черноверхского, занимавшего ряд ведущих должностей в Минсудпроме СССР, вашему вниманию предлагаются его воспоминания, впервые напечатанные в сборнике «Флагман отрасли: очерки, статьи, воспоминания» (Кн. 3 — Северодвинск, ПО «Севмашпредприятие», 1998). Доработанные автором, они в 2005 г. были подарены В. М. Вершинину в память об их совместной работе. Копию этих воспоминаний передал в редакцию для публикации в журнале президент НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова профессор В. Л. Александров. Со своей стороны редакция сочла возможным проиллюстрировать воспоминания фотографиями из собрания Н. Н. Афонина.

По окончании кораблестроительного факультета Горьковского политехнического института в марте 1939 г. я был направлен на завод «Красное Сормово».

К этому времени основной номенклатурой завода после завершения строительства серии средних подводных лодок (ПЛ) типа «Щ» (так называемые «Щуки») были подводные лодки IX-бис серии типа «С», серийное строительство которых было развернуто на заводе. Вот на эти лодки меня и назначили мастером на участок линии вала и дизельных систем.

Кроме этих лодок, завод строил еще малые однокорпусные подводные лодки XII серии («Малютки») водоизмещением около 200 т.

Несмотря на отсутствие на заводе в то время сборочно-сдаточных цехов, стапельных мест, спусковых устройств и набережных, завод уверенно вышел в 1939 г. на строительство и сдачу не менее пяти-шести ПЛ каждого проекта в год.

Технология постройки ПЛ была элементарно проста. Закладывались и собирались корпуса ПЛ в так называемой «судояме» (прообраз сухого дока), которая отделялась от затона реки Волги перемычкой. В весенний паводок при достаточном уровне воды в Волге перемычки взрывали, и заложенные корпуса всплывали и выводились из судоямы для достройки на плаву.

В судояме было два башенных 5-тонных и два-три железнодорожных крана.

Для достройки на плаву использовался несамоходный 40-тонный плавучий кран и один береговой 5-тонный башенный. При необходимости для достройки на плаву ПЛ заводили в плавучие транспортные доки.

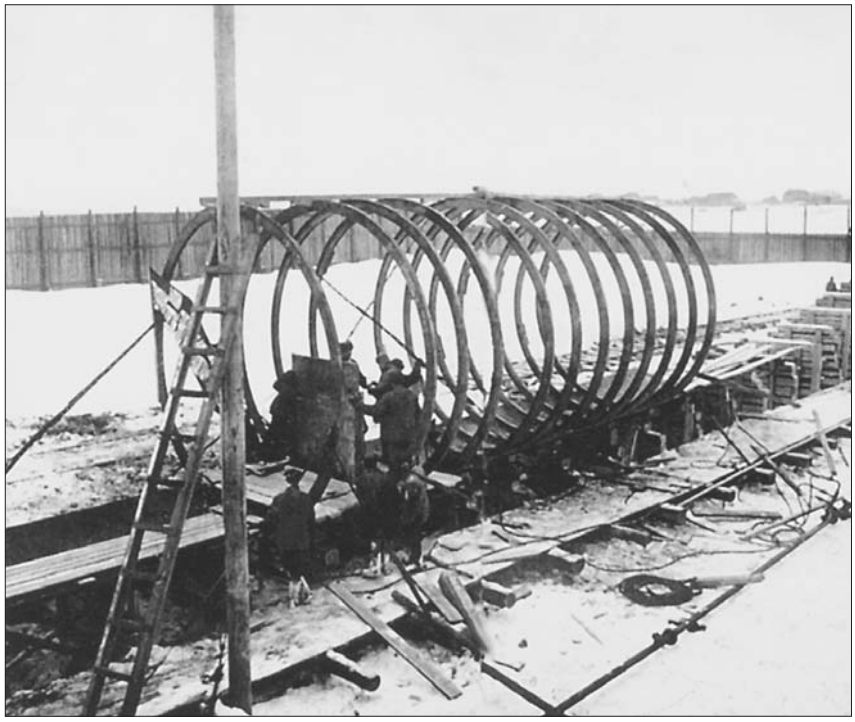
После заводских швартовных испытаний, а иногда и до их завершения в связи с окончанием навигации на Беломорско-Балтийском канале, ПЛ IX-бис серии в плавучих транспортных доках отправляли для выполнения всех видов испытаний и сдачи флоту в Кронштадт, где у завода была сдаточная база (в виде плавмастерской) на судоремонтном заводе ВМФ.

Технология строительства малых ПЛ XII серии была еще проще. Их строили на площадке перед цехом, а затем на специальных железнодорожных трансбордерах (платформах) отправляли на сдаточную базу.

История создания проекта подводной лодки серии IX-бис представляет определенный интерес. Надо сказать, что сначала номер проекта содержал букву Н, и ПЛ называли «немками»; затем букву Н заменили на С, и ПЛ стали называть «сталинцы».

После первой мировой войны согласно Версальскому договору о мире немцам было запрещено не только производство военной техники, но и проектирование её. С целью сохранения кадров конструкторов-подводников и их квалификации немцы организовали в Голландии как частную фирму бюро по проектированию подводных лодок. В обязанность фирмы входило размещение и поставка заказчику основного, наиболее сложного, оборудования на первую партию строящихся ПЛ: главных двигателей, гребных электродвигателей с главными станциями, батарейных автоматов и др. Это было осуществлено на первых четырех ПЛ этого проекта, строившихся на Балтийском заводе.

Рабочие чертежи перерабатывали (или разрабатывали) в ЦКБ-18,



Постройка подводных лодок типа «Щ» на заводе «Красное Сормово». Начало 30-х годов

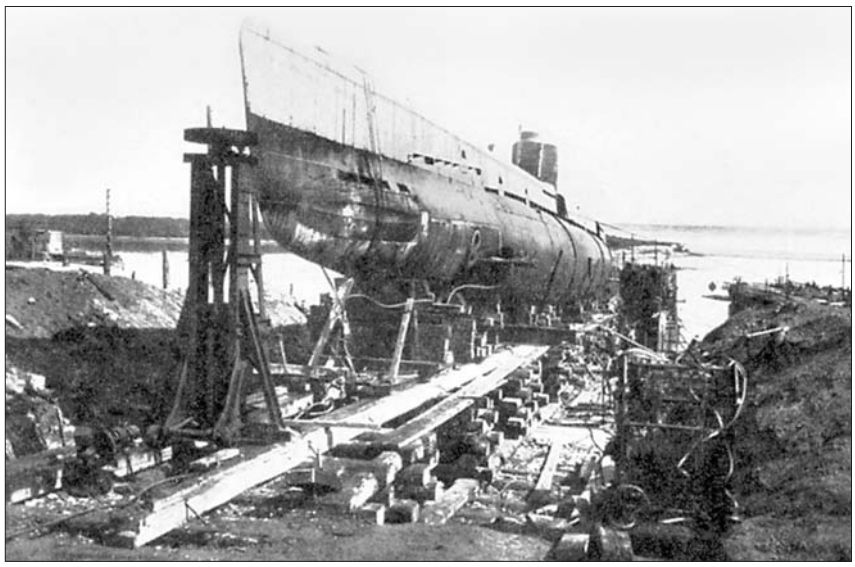
подписывали их работники ЦКБ, а также «представитель фирмы» — немец. Это я сам видел, когда пришел на завод в марте 1939 г. Строили ПЛ по этому проекту на Балтийском, Николаевском, Сормовском заводах, а также на Дальнем Востоке.

По всем тактико-техническим элементам ПЛ серии IX-бис значительно превосходили своих предшественников — подводные лодки типа «Щука». Скорость надводного хода 20 уз вместо 12, увеличенный запас торпед, 100-мм пушка, удачное размещение оборудования в жилых и служебных помещениях, безотказность в боевой обстановке, повышенная ремонтопригодность.

В августе 1939 г. я был назначен помощником строителя на эти ПЛ. По мере развертывания строительства ПЛ серии IX-бис на заводе все сильнее ощущалось отсутствие квалифицированных инженеров, конструкторов, технологов и производственников, особенно на достройке, испытаниях и сдаче. В связи с этим Минсудпром решил направить группу инженеров завода на 6-месячные курсы повышения квалификации по подводным лодкам в Ленинград. В состав группы попал и я. Для меня, молодого инженера, это было очень полезно, так как ни опыта, ни знаний по ПЛ тогда я ещё не имел.

Группа состояла из 30—35 человек. В нее входили конструкторы, производственники, а почему не было технологов, непонятно, это была ошибка. Занимались мы в ЦКБ-18 и в Кораблестроительном институте с ноября 1939 по июнь 1940 г. Проводились занятия и на заводах.

Программа курсов предусматривала все сведения по подводным лодкам. Читались курсы по энциклопедии ПЛ, устройствам и системам, конструкции корпуса, строительной механике, сварке корпуса, главным механизмам, торпедам, электрооборудованию, технологии судостроения, сопротивлению воды движению ПЛ. Преподавали лучшие специалисты по ПЛ из институтов, ЦКБ и заводов Ленинграда. Достаточно сказать, что курс по энциклопедии подводных лодок читал сам Б. М. Малинин — профессор, доктор технических наук, бывший до этого начальником ЦКБ-18. Под его руководством разрабатывались проекты отечественных ПЛ — «декабристов», «ленинцев», «малюток» и «щук», через его руки прошел проект ПЛ серии IX-бис.



Постройка подводных лодок XII серии на заводе «Красное Сормово» велась на площадке перед цехом

Технологию судостроения, уделяя особое внимание испытаниям и сдаче ПЛ, нам читал М. А. Рудницкий — инженер, контр-адмирал, главный конструктор проекта большой крейсерской ПЛ XIV серии.

Подводные лодки типа «К» XIV серии конструкции М. А. Рудницкого были самыми совершенными подводными крейсерами того времени. Они имели водоизмещение 1500 т, шесть носовых и четыре кормовых торпедных аппарата, могли взять на борт 24 торпеды и 20 мин, имели две 100-мм и две 45-мм пушки. Скорость надводного хода достигала 23 уз, подводного — 10 уз.

Эти подводные лодки с большим успехом участвовали в боевых действиях в войну на Севере и Балтике. Впоследствии, с 1946 г., М. А. Рудницкий работал в УК ВМФ, занимая до 1958 г., должность начальника Управления подводных лодок ГУК ВМФ.

Помимо прослушивания лекций, мы имели доступ к архивным материалам ЦКБ-18, что также помогало в ознакомлении с ПЛ. После завершения учебы по всем предметам мы сдавали экзамены.

Летом 1940 г. я был направлен руководством в Кронштадт на сдаточную базу завода, где работал сначала помощником ответственного сдатчика на лодки IX-бис серии, а затем осенью 1940 г. назначен ответственным сдатчиком на С-11, которая находилась на швартовных испытаниях, а с открытием навигации, с мая 1941 г., — на ходовых.

Рядом с С-11 стояла и достраивалась знаменитая позже С-13. В начале 1945 г. капитан 3-го ранга А. И. Маринеско, командуя ПЛ С-13 постройки завода «Красное Сормово», потопил один за другим два крупных фашистских корабля — «Вильгельм Густлов» и «Генерал фон Штойбен».

Заводские и государственные ходовые испытания на С-11 мы завершили в июне 1941 г. С последнего выхода на испытания гидроакустического комплекса вернулись к концу дня 21 июня.

Утром 22 июня над Кронштадтом появился немецкий самолет-разведчик. Зенитные установки открыли по нему шквальный огонь, и он тут же был вынужден улететь назад.

Военно-Морской Флот встретил начало войны наиболее подготовленным к ней по сравнению с другими родами войск. Командующий флотом Н. Г. Кузнецов оценил обстановку, своевременно принял решение о введении на флотах и кораблях боевой готовности. Благодаря этому на флоте в начале войны потерь почти не было.

В недельный срок была завершена ревизия механизмов, отделка и окраска, 1 июля подписан приемосдаточный акт и поднят Военно-морской флаг. На следующий день С-11 ушла в Ораниенбаум на погрузку боевых торпед и артснаря-

дов. А мы, закончив все дела и распрощавшись с личным составом, отправились в Сормово на завод.

На заводе полным ходом круглосуточно шла подготовка к производству и выпуску танков Т-34. Работа по судостроению свертывалась. Четыре ПЛ серии IX-бис (С-103, С-104, С-14, С-15), имевшие хорошую готовность, были переведены для испытаний и сдачи на Каспий. Остальные корпуса ПЛ законсервировали и с целью рассредоточения перевели с территории завода в затоны Волги, расположенные в 40—50 км от завода.

Всех работников завода перевели на танковое производство. Это коснулось, естественно, и меня. В сентябре—октябре завод начал выпуск танков. Немцы в октябре подходили к Москве.

Так закончился мой первый период работы в подводном судостроении — с марта 1939 г. по октябрь 1941 г.

Подводная лодка типа «С» IX-бис серии

С началом боевых действий представление о задачах подводных лодок существенно изменилось. Ранее война на море предполагалась в виде артиллерийских и торпедных атак, и считалось, что основным назначением ПЛ будет нанесение ударов по линкорам, крейсерам, эсминцам. В действительности же основной задачей подводников стала борьба на коммуникациях и главной целью — транспорты, поражать которые следовало залповой стрельбой, а не одиночной торпедой, так как последнее оказалось малоэффективным.

По мере развертывания военных действий на Северном и Балтийском флотах потребность в подводных лодках возрастала. В 1942 г. вышло постановление Государственного комитета обороны о переводе с Дальнего Востока на Северный флот четырех ПЛ (С-51, С-54, С-55, С-56), а также двух ПЛ — минных заградителей (Л-15 и Л-16) через Панамский канал и Атлантический океан в Полярное. На завод «Красное Сормово» возлагалось возобновление строительства и сдачи законсервированных подводных лодок серии IX-бис. Для завода эта была чрезвычайно сложная задача: с одной стороны, требовалось увеличить выпуск танков при явной нехватке кадров, а с другой стороны, были потеряны межотраслевые и внутриотраслевые связи по поставкам оборудования для лодок. Необходимо было их срочно восстанавливать.

Я был назначен ответственным сдатчиком на головную достраивающуюся ПЛ С-16. Осенью 1943 г. её в плавдоке отправили на Каспий, в Баку, на ходовые испытания и сдачу.

После испытаний и сдачи этой ПЛ зимой 1944 г. я вернулся на завод, где меня ждала очередная ПЛ, С-17, с очень низкой степенью готовности. Достраивать её предстояло в Молотовске, на заводе № 402. Причем сделать это можно было только весной, с началом навигации, так как Беломорканал не был еще восстановлен, и плавдок с ПЛ можно было провести только окольным путем по реке Сухоне и старой Мариинской системе в весенний паводок.

ПЛ была недостроена, многие механизмы и системы не смонтированы, часть оборудования вообще отсутствовала. Прибыли мы в Молотовск в конце мая и расположились на судоремонтном причале. Вот тогда состоялось мое первое знакомство с заводом № 402 и с работающими на нем. Директором завода был С. А. Боголюбов, главным инженером П. В. Фролов, руководителем военной приёмки И. Д. Замчалов. Большинство работающих на заводе были ленинградцы с Северной верфи и часть — николаевцы.

Основной серийной продукцией завода тогда были большие охотники. Их выпускали групповым методом — тройками. Кроме того, были единичные заказы — эсминцы, подводные лодки — и довольно большой объем судоремонта, главным образом ледоколов.

На заводе № 402 нам во всем старались помочь, учитывая наше тяжелое положение. Правда, мы и сами работали не жалея сил.

В войну все работали, как известно, по 12 ч в смену. Учитывая, что летом на Севере светло круглые сутки, а делать вечером после 20 ч было нечего, мы решили с согласия всего коллектива (порядка 80 человек) работать до 11 ч вечера, т. е. ежедневно по 15 ч.

Питание мы организовали коллективное, в мастерской на пирсе. В дополнение к карточному снабжению флот нам через Москву выделил около 60 береговых пайков.

Объем работы на ПЛ был настолько велик, что до ледостава в Белом море провести ходовые испытания мы не успевали, пришлось с ледоколом переходить в Баренцево море.

На чистой воде шли в подводном положении, так как несмотря на сопровождавший конвой около нас крутилась немецкая подводная лодка. Командиром нашей экспедиции была дана команда атаковать

Подводные лодки типа «С» в составе Северного флота

её. Не знаю, на каком расстоянии от нас рвались глубинные бомбы и повредили ли они немецкую субмарину, но ощущение в нашей лодке было весьма неприятное: будто кувалдой бьют по прочному корпусу.

Местом нашего базирования на флоте определили плавбазу «Память Кирова» в Оленьей губе. После перехода в Полярное мы довольно быстро приступили к ходовым испытаниям, но вынуждены были их прервать из-за попадания в аккумуляторную яму дизельного топлива (соляра) вследствие неплотности топливной цистерны, находящейся под аккумуляторной ямой. Устранение этого дефекта потребовало выгрузки аккумуляторных батарей, пропаривания топливной цистерны, устранения течи, испытаний цистерн на плотность и других демонтажных и монтажных работ. Эти работы, а также заводские, государственные испытания, отделка и окраска были закончены только в начале апреля.

В Сормово я вернулся к 1 мая 1945 г. Там меня уже ждала очередная ПЛ С-22, которую надо было вести осенью в Баку, чтобы сдавать на Каспии. Получалось что-то вроде «челночного метода», но на душе уже было легче: кончалась война.

Срок отправки на Каспий определялся завершением навигации на Волге (до 10 ноября), поэтому приходилось отправлять недостроенные ПЛ. Сам переход, проведение швартовных, заводских и государственных испытаний, отделка, окраска в отрыве от завода — все это требовало довольно длительного времени, и подписать приемный акт удалось только в апреле 1946 г.

В августе 1946 г. меня назначали начальником судомонтажного цеха № 2. Этот цех вел монтажные и трубопроводные работы на всех строящихся объектах завода. Но на этом мои поездки на сдачу ПЛ не закончились. Пришлось ездить и в Полярный, и в Либаву помогать сдавать ПЛ.

19 мая 1947 г. Совет Министров СССР принял постановление о возобновлении на заводе «Красное Сормово» речного судостроения и производства пассажирских паровозов.

Основную продукцию речного судостроения составляли 600-сильные буксиры и сухогрузные теплоходы грузоподъемностью 2000 т. Проект их был разработан конструкторским бюро завода. Наш судомонтажный цех был выпускным.

В первой послевоенной пятилетке речной флот получил от завода больше сотни буксиров и несколько десятков сухогрузных теплоходов типа «река—море», не считая землесосов и других судов. За скоростное строительство речных судов группе работников завода, в том числе и мне, было присвоено звание лауреатов Государственной премии. В связи со 100-летием завода в 1949 г. завод наградили орденом Ленина. Большая группа работников завода также была награждена орденами и медалями, в том числе и я — орденом Трудового Красного Знамени.

Все годы войны Сормовский завод оставался в составе Наркомата танковой промышленности, переименованного после войны в Министерство транспортного машиностроения. В составе министерства 20 июня 1947 г. было образовано Главное управление речного судостроения, возглавленное И. Л. Говором. Наряду с заводом «Красное Сормово» в него вошли судостроительные заводы, расположенные по Волге, Оке, Каме и Днепру, в том числе и Навашинский завод на реке Оке, около Мурома, на территории, входящей в Горьковскую область. Выпускал завод речные и морские нефтеналивные несамоходные суда и понтонные мосты для инженерных войск Минобороны (последнее было монопольной продукцией). Вот на этот завод меня совершенно неожиданно летом 1950 г. и назначили главным инженером.

При назначении я сказал Ю. Е. Максареву — министру транспортного машиностроения, что на заводе «Красное Сормово» развертывается серийное производство ПЛ 613-го проекта, и я как подводник, наверное, более нужен там. Он по-

Подводная лодка пр. 613

звонил начальнику главка И. Л. Говору и спросил, правильно ли они делают. Тот ответил, что в Сормове народу много, а им надо вытаскивать из прорыва Навашинский завод. И приказ был подписан.

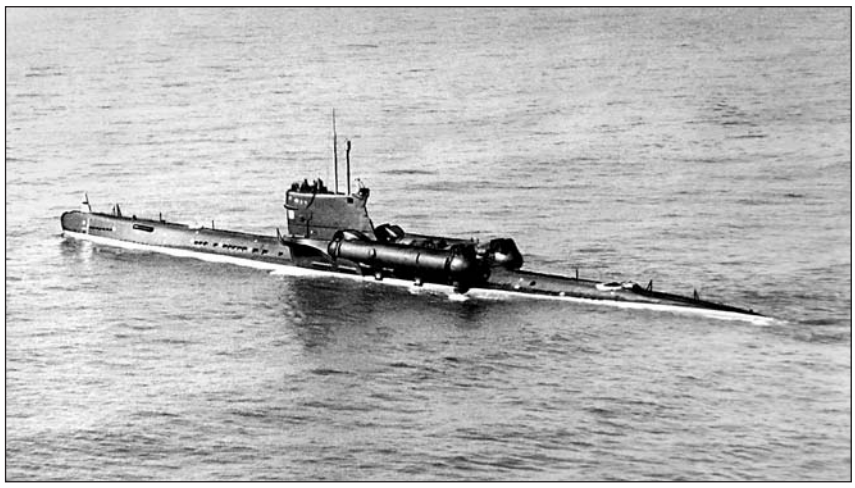
Таким образом, закончился второй период моей работы в подводном судостроении — в мае 1950 г.

Около двух лет проработал я на Навашинском заводе. Однажды (в мае 1952 г.) звонит в Навашино зам. министра М. Н. Попов из Сормова, где он был в командировке, и просит меня приехать на завод в Сормово.

Когда я приехал, он мне задал неожиданный вопрос: «Кого будем назначать главным инженером на Навашинский завод?» Я спросил: «Михаил Николаевич, а что решили делать со мной?» — «А тебя, — отвечает, — решили назначить директором завода, так как Шишков не справляется с этой работой». Я стал защищать Шишкова, убеждать, что дело не в нем: он старается изо всех сил, ему надо помочь. Михаил Николаевич задумался. В это время раздается звонок из Москвы. Из министерства ему сообщают о выходе постановления об образовании в Главречпроме Управления по подводным лодкам. Разговор наш переключился на эту тему. Он стал расспрашивать о моей работе по ПЛ. В итоге вопрос: «А ты пошел бы работать в это управление?» Я ответил положительно.

Через неделю в Навашино приходит правительственная телеграмма о назначении меня начальником названного выше управления. Мне предлагается прибыть в Москву и приступить к работе.

В главке работа в основном сводилась к развертыванию в Сормове строительства ПЛ пр. 613, обеспечению комплектующим оборудованием, контролю за своевременным выполнением основных этапов постройки и решением вопросов с заказчиком и смежниками — поставщиками оборудования. Работа в Главречпроме продолжалась всего год: с мая 1952 до апреля 1953 г., когда министерства были объединены и работники Главречпрома перешли в объединенное министерство. Я стал главным технологом по ПЛ в IV Главном управлении, которым руководил Б. Е. Бутома и в которое входили все «лодочные» заводы.



В 1959—1960 гг. шесть подводных лодок пр. 613 были переоборудованы по проекту 644

К этому времени было принято решение строить на киевском заводе «Ленинская Кузница» ПЛ пр. 615 с так называемым единым двигателем на водородно-кислородной смеси — для работы и над водой, и под водой.

Идея сама по себе была заманчива, но от нее быстро пришлось отказаться. Тем не менее я был назначен главным инженером на завод «Ленинская Кузница» в Киев и проработал там до июля 1954 г. К этому времени решение о строительстве ПЛ пр. 615 было отменено, и заводу поручили строить средние рыболовные траулеры.

По моей инициативе на заводе были построены плавучие пирсы и плавмастерские для достройки и сдачи судов, которые и при строительстве траулеров сослужили заводу добрую службу. Что касается заделов по ПЛ пр. 615 и оснастки для них, то все заделы и 14 вагонов оснастки были отправлены в Ленинград Адмиралтейскому заводу, который построил 15 ПЛ этого проекта, однако в эксплуатации они себя не оправдали.

В июле 1954 г. я был назначен главным инженером завода «Красное Сормово». К этому времени завод широко развернул строительство ПЛ пр. 613. Благодаря специализации как завода в целом, так и цехов и участков, а также внедрению высокопроизводительной технологии, сдача ПЛ была доведена до 24 ед. в год. Создание предметно-замкнутых участков и цехов свело к минимуму зависимость цехов друг от друга. Например, корпусные цехи прочного и легкого корпуса не зависели от заготовительного цеха, так как имели свои металлообрабатывающие участки и, получив металл, отдавали в стапельный цех секции и блоки соответственно прочного и легкого корпусов. Строительству такого количества ПЛ способствовало также наличие 16 стапелей и развитое машиностроительное производство из шести-семи небольших специализированных механических цехов.

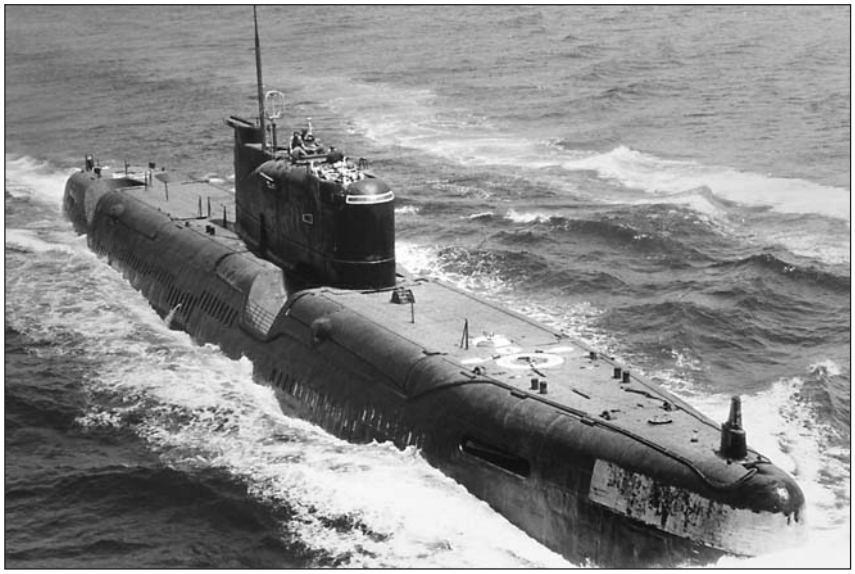
На заводе в 50-х годах активно наращивались производственные мощности: ввели в эксплуатацию спусковой слип трансбордерного типа, приобрели гибочные гидравлические прессы.

В декабре 1954 г. завод сдал пять ПЛ пр. 613, поставив своеобразный рекорд в подводном судостроении. В этой сдаче я принял непосредственное участие, так как находился весь месяц на сдаточной базе.

Всего за период с 1951 по 1956 гг. заводом «Красное Сормово» было построено 113 ПЛ пр. 613.

В связи с резким сокращением потребности ВМФ в ПЛ этого проекта заводу было предложено использовать мощности для выпуска сухогрузных теплоходов типа «река—море» грузоподъемностью 2700 т. Поступили заказы от ВМФ модернизировать ПЛ пр. 613 под разного рода спасателей, а также для отработки и запуска с них крылатых ракет конструкции В. Н. Челомея.

Предчувствуя завершение серии ПЛ пр. 613, ЦКБ «Лазурит» совместно с заводом вышли с предложением взамен ПЛ пр. 613 создать серию улучшенных средних ПЛ пр. 633. Это были ПЛ, имеющие



Подводная лодка пр. 651

шесть торпедных аппаратов в носу, улучшенные гидроакустику и радиоэлектронное оборудование.

ВМФ поддержал завод и ЦКБ в создании серии этих ПЛ. Поскольку Госпланом не предусматривалось выделение металла, пришлось взять на себя обязательство компенсировать металл своим сверхплановым прокатом, и вопрос был решен: в первую очередь включили в план 10 ед., а затем и во вторую — тоже 10 ед. ПЛ пр. 633 были построены и сданы заказчику: в 1959 г. — семь, в 1960 г. — семь и в 1961 г. — шесть единиц.

В 1959—1960 гг. шесть ПЛ пр. 613 были переоборудованы в ракетные ПЛ по пр. 644 с двумя контейнерами для крылатых ракет П-5, а затем шесть ПЛ по пр. 665 с четырьмя контейнерами с крылатыми ракетами П-5.

Затем заводу «Красное Сормово» было поручено строительство серии новых ПЛ пр. 651 с крылатыми ракетами П-6 с надводным стартом из четырех контейнеров. Это уже был конец 50-х — начало 60-х годов. Между тем в подводном судостроении происходил резкий переход от строительства дизельных ПЛ к ПЛ с атомной энергетикой.

В отличие от боевых надводных кораблей, по которым длительное время (до 60-х годов) в военно-политическом руководстве страны шли дебаты и обсуждения о путях развития оружия и типов кораблей, по подводным лодкам направление было вполне определенным: ядерная энергетика и наряду с торпедным ракетное вооружение в виде баллистических и крылатых ракет, максимальное уменьшение шумности, увеличение глубины погружения и совершенствование радиоэлектронного вооружения, главным образом гидроакустического.

9 сентября 1952 г. вышло постановление правительства о проектировании и строительстве первой атомной ПЛ пр. 627. Минсудпром определил проектантом ленинградское СКБ-143 (ныне СПМБМ «Малахит»), занимавшееся до этого отдельными проектами ПЛ с опытными видами энергетики. Бюро было значительно расширено, ему были даны серьезные привилегии по зарплате и право перевода к себе любых работников из ЦКБ и институтов Минсудпрома, расположенных в Ленинграде.

Заводом-строителем было определено Севмашпредприятие (СМП), как наиболее отвечающее по всем данным этой большой задаче.

При переходе в 1957 г. на территориальный принцип организации народного хозяйства в стране (совнархозы) и создании госкомитетов по оборонной технике, в том числе и по судостроению, было принято совершенно правильное решение — оставить СМП в составе Госкомитета по судостроению. Это создавало наилучшие условия для строительства, испытаний и сдачи головной АПЛ пр. 627, так как в Госкомитете оставались все отраслевые организации по науке, проектированию и конструированию.

Серия торпедных АПЛ пр. 627 строилась на СМП в цехе 42. А в цехе 50 с некоторым смещением по времени развернулось строительство АПЛ пр. 658 с баллистическими ракетами, а позднее — АПЛ пр. 675 с крылатыми ракетами П-6.

В начале 60-х годов на заводе в Комсомольске-на-Амуре строились АПЛ пр. 659 с шестью контейнерами под крылатые ракеты П-5, а затем заменившие их АПЛ пр. 675 с восемью контейнерами для ракет П-6.

В это же время (конец 50-х — начало 60-х годов) принимается решение о строительстве атомных ПЛ пр. 671 на Адмиралтейском заводе и пр. 670 на заводе «Красное Сормово». В 1960 г. были утверждены проекты этих ПЛ, разработанные соответственно СПМБМ «Малахит» и ЦКБ «Лазурит».

ПЛ пр. 671 была многоцелевой торпедной, а ПЛ пр. 670, помимо торпедных аппаратов, имела на вооружении сначала крылатые ракеты с подводным стартом «Аметист», а затем — П-120.

Параллельно с разработкой проектов проводилась подготовка производства и создание необходимых мощностей для строительства этих АПЛ. На ленинградском Адмиралтейском заводе на базе старых пролетов был создан новый блочно-стапельный цех с трансбордером для связи между собой пролетов и обеспечения спуска. На «Красном Сормове» строился трехпролетный эллинг, усиливался слип.

Для обеспечения испытаний энергетики АПЛ на внутренних заводах и их сдаточных базах требовались помимо плавмастерских энергоблоки и корабли контроля (КДП).

Задачу эту удалось решить в нужные сроки на заводе «Красное Сормово» с привлечением Гороховецкого завода и сдаточных баз. Причем финансирование этих работ удалось провести за счет заказчика, что также было немаловажно. Эта работа была начата мною на заводе «Красное Сормово», а завершил я ее, работая в Российском Совнархозе в 1962—1964 гг.

В 1962 г., помимо СМП, входившего в состав Госкомитета по судостроению, АПЛ строили Комсомольский завод, оба ленинградских завода и «Красное Сормово», входящие в совнархозы. Судоремонтом

АПЛ занимались заводы «Звездочка» и «Звезда», также подчинявшиеся совнархозам.

Фронт работ по АПЛ увеличивался, и в связи с этим в Главном управлении судостроения Совнархоза РСФСР была образована должность первого заместителя начальника Главного управления по АПЛ. Вот на эту-то должность я и был назначен в конце 1962 г., о чем жалел потом. Во-первых, потому, что был «сорван» с завода, а во-вторых, из-за неоправданно сложной структуры управления созданием АПЛ через совнархозы.

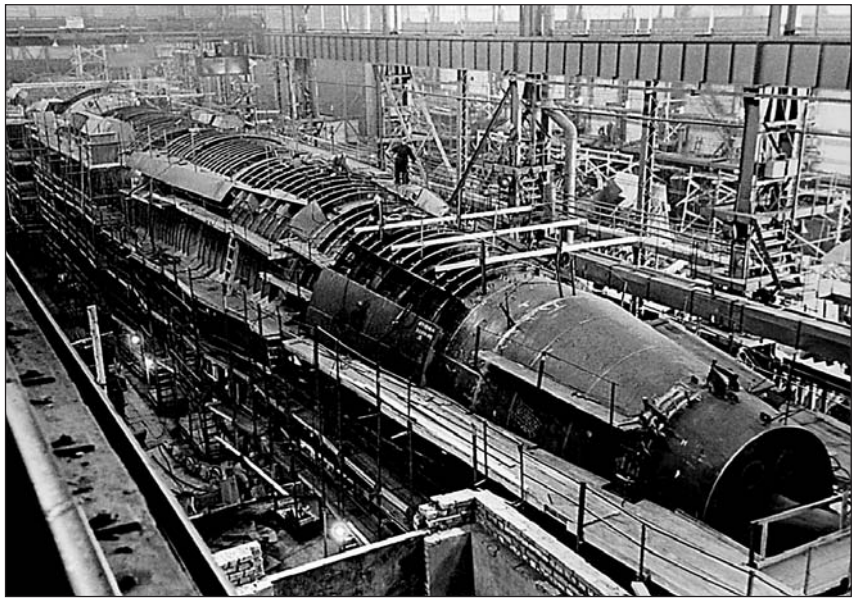
Начать с того, что заводы (кроме СМП) были в совнархозах, а ЦКБ — в Госкомитете.

Над заводами были по восходящей: совнархоз, обком КПСС, Совнархоз РСФСР, Госплан РСФСР и Госплан СССР, ВПК Совмина СССР, оборонный отдел ЦК КПСС и Госкомитет по судостроению, так как в его ведении были ЦКБ. Ну и, разумеется, заказчики, местные и московские. Если по указанию верхнего начальства командировались из Москвы работники для помощи на месте, то набиралась команда человек в 20—25, не считая работников ЦКБ, институтов и из других ведомств. Очевидно, что условиях территориального принципа организации производства (совнархозов) иначе было невозможно.

То, что строительство АПЛ на других заводах проводилось после того, как была сдана головная АПЛ на СМП, было оправдано, так как дело было совершенно новое и требовало отработки и приобретения соответствующего опыта и в проектировании, и в производстве.

Опыт работы СМП и заводов, входящих в совнархозы, по созданию таких сложных оборонных объектов, как АПЛ, убедительно показал преимущество отраслевого принципа организации производства.

В 1964 г. было принято решение о возвращении к отраслевой схеме управления народным хозяйством. В первую очередь это касалось оборонных отраслей промышленности. В начале 1965 г. было образовано Министерство судостроительной промышленности (МСП), в которое вошли все заводы и организации этой отрасли. При этом было принято правильное решение о включении ЦКБ по проектированию ПЛ в состав производственных главков, в отличие от досовнархозовской схемы, когда все ЦКБ входили в состав отдельного, проектного главка, независимо от их специальности.



Формирование корпуса атомной подводной лодки пр. 671 в цехе Адмиралтейского завода

Было создано 1-е Главное управление; к нему отнесли семь заводов и четыре ЦКБ, занимавшихся проектированием, строительством и ремонтом подводных лодок.

Всех работников Главсудпрома Совнархоза РСФСР перевели во вновь образованное МСП. Сначала я был назначен первым заместителем начальника технического управления, а затем — начальником.

Хотя техническое управление было и в Госкомитете, но в связи с образованием министерства его функции и объем работы значительно расширились. Пришлось заново утверждать его структуру и численность, а также подбирать и назначать новых работников. Работа в техническом управлении была значительно интереснее и конкретнее, чем в совнархозе.

В непосредственном подчинении техническому управлению находились технологические институты и ЦКБ по стандартизации в Ленинграде, а также филиалы институтов в Хабаровске, Горьком и Севастополе.

Мы организовали Институт информации и экономики в Ленинграде[1] и Технологический институт по машиностроению в Горьком — «Сириус».

Так продолжалось до начала ноября 1966 г., пока начальника I ГПУ В. И. Вашанцева не перевели зам. зав. оборонным отделом ЦК КПСС, а на его место назначили меня.

В 1-е Главное управление тогда входили: СМП, Адмиралтейский и Новоадмиралтейский, Сормовский и Комсомольский заводы, судоремонтные заводы «Звездочка» в Северодвинске и «Звезда» в Большом Камне, а также четыре ЦКБ — ленинградские «Рубин», «Малахит», «Волна»[2] и горьковское «Лазурит».

Объем производства заводов I ГПУ составлял более 25% от всего объема производства министерства, а номенклатура являлась самой сложной.

В производственную программу Адмиралтейского, Сормовского и Комсомольского заводов входило и гражданское судостроение. Адмиралтейский завод имел уникальные наклонные стапеля, позволявшие строить и спускать на воду суда водоизмещением до 12—13 тыс. т. На Комсомольском заводе строились ледокольные транспортные суда. На заводе «Красное Сормово» — сухогрузные суда типа «река—море». Но основной продукцией заводов I ГПУ были подводные лодки и глубоководные аппараты.

[1] Имеется в виду ЦНИИ «Румб» (*прим.ред.*).
[2] ЦКБ «Волна» позже было включено в состав СПМБМ «Малахит» (*прим. ред.*).

В 1966 г., наряду со строительством и сдачей серийных АПЛ 1-го поколения пр. 659, 675 и 658 на Комсомольском и Северодвинском заводах, на Адмиралтейском, Сормовском и Северодвинском заводах строились АПЛ II поколения пр. 667А, 671 и 670. При этом головные ПЛ этих проектов следовало сдать всем заводам в 1966 г. Но осуществить это не удалось, и сдача их была перенесена на 1967 г.

В середине 60-х годов подводные лодки продолжали прочно удерживать ведущее место в ВМФ в соответствии с принятой военно-морской доктриной. При этом с наибольшей интенсивностью шло строительство АПЛ стратегического назначения, вооруженных баллистическими ракетами, и многоцелевых АПЛ с крылатыми ракетами. Ведущая роль здесь принадлежала в проектировании ЦКБ «Рубин», а в строительстве — СМП.

Очередной подводный атомный крейсер готов к спуску на воду

Подводные ракетоносцы были представлены семейством АПЛ пр. 667, поступавших на флот с 1967 г., несколько позднее к строительству АПЛ этой серии подключился и Комсомольский завод.

В 60—80-х годах было построено около 80 АПЛ пр. 667, 667Б, 667БД, 667БДР, 667БДРМ и 941, причем основной объем был выполнен СМП.

Одновременно с этим на СМП создавались АПЛ пр. 949 с крылатыми ракетами дальнего действия с подводным стартом для борьбы с авианосными соединениями противника и нанесения ударов по береговым целям.

К началу 70-х годов сложилась специализация ЦКБ в составе главка. В итоге, несмотря на все сложности, она свелась к следующему:

ЦКБ «Рубин» — проектирование АПЛ с баллистическими ракетами и дизельных ПЛ;

СПМБМ «Малахит» — многоцелевые торпедные АПЛ, глубоководные аппараты и торпедные аппараты для выпуска как торпед, так и ракет;

ЦКБ «Лазурит» — АПЛ для завода «Красное Сормово».

Что касается многопроектности и мелкосерийности, то это определялось задачами флота, исходя из военно-морской доктрины и наличия мощностей заводов. Например, после создания на СМП мощностей для АПЛ больших габаритов (пр. 941 и 949) освободившиеся стапельные места в цехе 50 использовались для строительства АПЛ пр. 971.

Работа по созданию новых проектов АПЛ проводилась в тесном контакте институтов ВМФ, ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова и заводов-строителей.

Каким образом удалось выполнить такой объем работ на СМП? Объяснение этому следующее.

1. Прежде всего своевременное создание необходимых мощностей, позволяющих вести работы на АПЛ всех размеров. В этом заслуга ГСПИ-2, главного инженера проекта И. А. Микулина, технологических служб завода (С. В. Слесаревич, Ф. Н. Шушарин, В. А. Бородин) и мощной подрядной организации. Приобретение уникального металлорежущего оборудования для корпусных работ, как отечественного, так и импортного, своевременное изготовление высокопроизводительного нестандартного оборудования и оснастки.

2. Совместная работа технологов завода с конструкторами ЦКБ «Рубин» в процессе проектирования. Постоянное нахождение технологов в ЦКБ, минимально необходимое время на разработку технологии, максимальное совмещение работ (детальные описи и т. д.), что позволило значительно сократить время на подготовку производства.[1]

3. Создание в ЦНИИ «Прометей» высокопрочных марок корпусных сталей, освоение их производства на металлургических заводах и совместно с НПО «Ритм» освоение всех видов сварки, как механизированной, так и ручной.

4. Внедрение агрегатирования узлов при монтажных и трубопроводных работах.

5. Большая повседневная работа руководителей завода и соответствующих служб снабжения по своевременному обеспечению производственных цехов материалами и оборудованием, особенно головными образцами, как по линии внутриотраслевой кооперации, так и внешних поставок.

За почти 20 лет работы с АПЛ в 1-м Главном управлении аварийный случай с энергетикой произошел только один раз на заводе «Красное Сормово» — в 1974 г. на ПЛ пр. 670.

При гидравлических испытаниях реактора с погруженной активной зоной в стапельном цехе, по небрежности работников цеха, не

[1] Руководители и генеральные конструкторы — академики И. Д. Спасский, С. Н. Ковалев.

поставивших штатные заглушки в отверстия крышки реакторов, произошел самопроизвольный несанкционированный пуск реактора, и через нештатные заглушки в цех выплеснулась часть радиоактивной воды из реактора.

В целях недопущения впредь подобных случаев и на других заводах, по результатам работы межведомственной комиссии по аварии был издан приказ министра. Этим приказом работникам ЦКБ и соответствующим службам заводов поручалось внимательно рассмотреть состояние документации в части конструкции всех узлов, технологии работ заводов с реакторами, документации по контрольным операциям выполняемых работ, а также организации работ на заводе с реакторами, убедиться, что повторение подобных аварийных ситуаций исключено, и в месячный срок доложить о проделанной работе в министерство, что и было сделано.

Все новые проекты АПЛ рассматривались на президиуме НТС министерства при наличии заключения всех ведущих институтов и заводов-строителей и, кроме того, у командования ВМФ и на заседаниях ВПК, после чего принимались решения об утверждении проектов.

Сроки строительства и сдачи АПЛ определялись соответствующими постановлениями правительства. Для контроля за ходом строительства и сроками поставки оборудования ВПК образовал так называемые оперативные группы из руководящих работников министерств, поставляющих головные образцы оборудования для головных АПЛ.

За период работы с 1966 по 1985 гг. ни разу не был сорван годовой план сдачи АПЛ. Вместо сормовской аварийной АПЛ пр. 670 1974 г. была сдана следующая за ней АПЛ, и план, таким образом, не был сорван.

Успешная работа по проектированию и строительству АПЛ в 1960—1980 гг. в ЦКБ и на предприятиях I ГПУ осуществлялась талантливыми главными конструкторами и высококвалифицированными руководителями и организаторами производства:

в ЦКБ «Рубин» — П. П. Пустынцевым, С. Н. Ковалевым, И. Д. Спасским, Н. Л. Барановым, Ю. Н. Кормилицыным, О. Я. Марголиным, Н. А. Климовым, А. С. Кассациером;

в ЦКБ «Малахит» — Н. Н. Исаниным, Н. Д. Шульженко, Б. К. Разлетовым, Г. Н. Чернышевым, А. В. Кутейниковым, Л. А. Самаркиным;

в ЦКБ «Лазурит» — В. П. Воробьевым, С. А. Лавковским, Н. И. Квашой;

на СМП — Е. П. Егоровым, Г. Л. Просянкиным, А. И. Макаренко;

на заводе «Красное Сормово» — Н. С. Жарковым, М. А. Юрьевым;

в Ленинградском Адмиралтейском объединении — В. Н. Дубровским, В. Л. Александровым;

на Комсомольском заводе — А. Т. Деевым, Ю. З Кучминым.

За три десятилетия в СССР была создана и отработана мощная и стройная система проектирования и строительства атомных и дизельных подводных лодок всех классов и назначений, охватывающая работу сотен заводов, научно-исследовательских институтов и проектных организаций.

Строки из архива

К ВОПРОСУ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК БАЛТИЙСКОГО ФЛОТА. 1906—1917 гг.

УДК 629.5

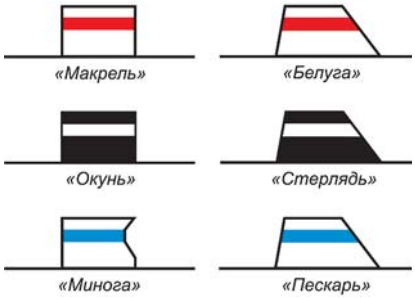
Д. М. Васильев, e-mail: dmv48@/вк.ru

Новый 1906-й год на Балтийском море встретили немногочисленные корабли, оставшиеся после неудачной для России войны с Японией — не было ни корабельных соединений, ни надежного и обученного личного состава. В первую очередь это касалось новейшего оружия — подводных лодок, еще числившихся в составе флота как миноносцы.

6 марта 1906 г. «высочайшим указом» императора Николая II в классификации кораблей русского военного флота был «установлен» разряд «подводные лодки». В том же месяце существовавший отряд подводного плавания преобразовали в Учебный отряд подводного плавания (УОПП) с главной задачей — готовить офицеров и команды подводного плавания для Балтики, Дальнего Востока, а потом и Черного моря. В состав УОПП включили лодки «Белуга», «Пескарь», «Стерлядь», «Сиг», «Лосось», транспорт «Хабаровск» и пароход «Славянка». Но в таком составе отряд просуществовал недолго. Приказом по Морскому ведомству № 273 от 8 декабря 1907 г. «О распределении судов флота по разрядам и отрадам» в состав действующего флота вошел отряд подводного плавания в составе подводных лодок «Стерлядь», «Белуга», «Пескарь», «Сиг», «Карп», «Камбала» и «Карась». При отряде оставался транспорт «Хабаровск», конвоиры лодок — посыльные суда «Воевода» и «Славянка».

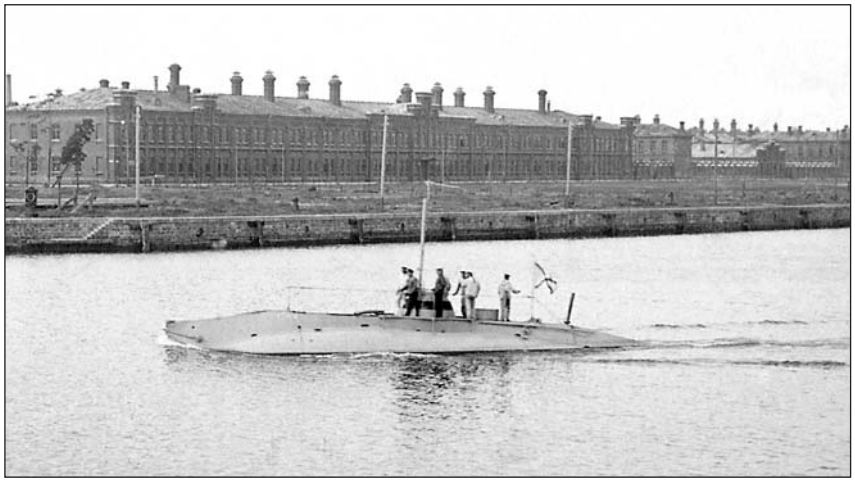
30 сентября 1909 г. приказом по Морскому ведомству № 245 подводные лодки (за исключением лодок УОПП) сводились в дивизии, отдельные бригады, дивизионы и отделения. При этом две лодки водоизмещением 300 т и более или три лодки меньшего водоизмещения составляли отделение. Дивизион подводных лодок имел в своем составе от двух до четырех отделений. При наличии двух дивизионов «в отдельном море» создавалась бригада, а при наличии трех и более дивизионов — дивизия.

В приказе оговаривалось также, что подводные лодки действующего флота «соединяются в дивизионы»



Отличительные полосы на рубках подводных лодок 1-го дивизиона. Апрель 1912 г.

По материалам РГА ВМФ, ф. 479, оп. 1, д. 429 , оп. 2, д. 579; ф. 481, оп. 1, д. 4; ф. 507, оп. 1, д. 52.



Подводная лодка 1-го дивизиона «Белуга»

отдельно от лодок, состоящих в резервном флоте, и малые подводные лодки (водоизмещением менее 300 т) — в дивизионы и отделения «особо от подводных лодок большого водоизмещения».

1 января 1910 г. во исполнение этого приказа на Балтийском флоте были сформированы два дивизиона подводных лодок: 1-й — из лодок, выделенных из состава УОПП («Макрель», «Окунь», «Пескарь», «Стерлядь») с транспортом «Хабаровск» — базировались на порт Императора Александра III; 2-й дивизион — из проходящих испытания и строившихся лодок («Минога», «Крокодил», «Аллигатор», «Кайман», «Дракон» и «Акула»), находившихся в Кронштадте. Приказом по Морскому ведомству № 208 от 15 августа 1910 г. «для объединения в Балтийском море дела подводного плавания» 1-й и 2-й дивизионы подводных лодок и состоящие в УОПП лодки «Сиг» и «Почтовый» были сведены в Отряд подводного плавания Балтийского моря с подчинением начальнику УОПП и базированием в порту Императора Александра III.

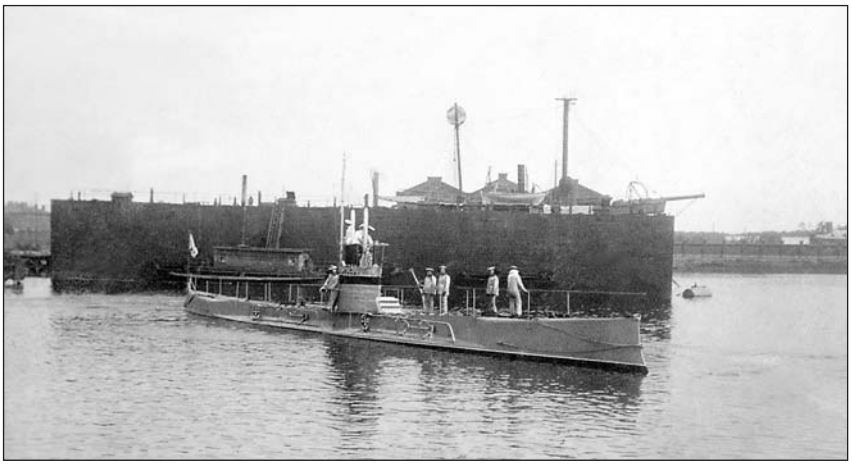
25 февраля 1911 г. в связи с пополнением Балтийского флота новыми кораблями приказом по Морскому ведомству № 53 была создана бригада с некоторым перераспределением лодок по дивизионам. 1-й дивизион теперь состоял из лодок «Окунь», «Пескарь», «Стерлядь», «Белуга», «Минога» и транспорта «Хабаровск». Во 2-й дивизион входили «Акула», «Кайман», «Дракон», «Крокодил» «Аллигатор» и транспорт «Европа». Местом базирования бригады стал Ревельский порт.

Как и в случае с надводными кораблями, получившими отличительные марки на дымовые трубы, при организации соединений подводных лодок также потребовалось их быстрое и надежное опознавание как с кораблей эскадры в случае совместных маневров, так и береговыми постами Службы наблюдения и связи (СНИС), зачастую отслеживавшими их перемещения.

С этой целью на рубках лодок 1-го дивизиона были нанесены цветные полосы, а на рубках лодок 2-го дивизиона — цифры (номера). При этом «Аллигатор» получил № 1, «Дракон» — 2, «Кайман» — 3, «Крокодил» — 4. Входившая в состав 2-го дивизиона подводная лодка «Акула» так и осталась без номера.

7 марта 1912 г. приказом командующего Морскими силами Балтийского моря (МСБМ) № 118 предписывалось лодки окрашивать «в один темно-шаровый цвет». Последнее, наряду с конструктивными особенностями подводных лодок, привело к необходимости обезопасить их маневрирование, особенно в акватории порта и на рейдах. Так, «во избежание несчастных случаев при маневрировании подводных лодок на рейдах» приказом командующего МСБМ № 352 от 5 мая 1912 г. всем судам предписывалось «всегда давать дорогу подводным лодкам, идущим в надводном положении». При «следовании подводной лодки и производстве упражнений в маневрировании на рейдах» их должны «конвоировать» специальные паровые катера или пароходы, несущие на носовом флагштоке или мачте цифровой флаг «ШЕСТЬ» и под ним черный шар. При этом «означенный конвоир должен идти все время позади маневрирующей лодки».

Последний пункт был изменен приказом командующего МСБМ № 574 от 16 августа 1913 г.: «При погружении подводных лодок, предлагаю впредь заменить сигналом «ТРИ» и под ним шар». В случае аварии подводной лодки судну-конвоиру предписывалось: «Поднять конус вершиной к верху и под ним шар (сигнал о бедствии). Перевязать кормовой флаг и, держа в виду желтый семафорный флажок, возвращаться полным ходом к кораблю-базе, оповещая о случае близ стоящие суда короткими свистками и другими имеющимися у него сигнальными средствами». Приказом уже по Морскому ведомству № 150 от 25 апреля 1914 г. конвоирам подводных лодок предписывалось «впредь вместо применяемого ныне флага военного свода сигналов поднимать на стеньге (на двух- и трехмачтовых судах на фор-стеньге) флаг международного свода "Д"».



Подводная лодка «Макрель» с красной отличительной полосой на рубке

Подводная лодка 2-го дивизиона «Крокодил» (№ 4)

Накануне первой мировой войны бригада подводных лодок по прежнему включала два дивизиона. В 1-й входили «Окунь», «Макрель», «Минога» и «Акула», во 2-й — «Кайман», «Крокодил», «Аллигатор» и «Дракон». В составе УОПП числились лодки «Сиг», «Белуга», «Пескарь», «Стерлядь», но уже с началом войны он вошел в состав бригады.

В ходе боевых действий полосы и цифры на рубках были закрашены и опознавательные сигналы лодок подавались семафорными флажками. По мере вступления в строй новых подводных лодок типа «Барс» 17 марта 1915 г. с утверждением Верховным главнокомандующим «Боевого расписания Балтийского флота на 1915 год» была образована дивизия подводных лодок:

1-й дивизион — лодки «Барс», «Вепрь», «Гепард»;

2-й дивизион — лодки «Тигр», «Львица», «Пантера»;

3-й дивизион — лодки «Акула», «Дракон», «Крокодил», «Аллигатор», «Кайман»;

4-й дивизион — лодки «Макрель», «Окунь», «Минога»;

5-й дивизион — лодки «Белуга», «Пескарь», «Стерлядь»;

Дивизион особого назначения — № 1, 2, 3.

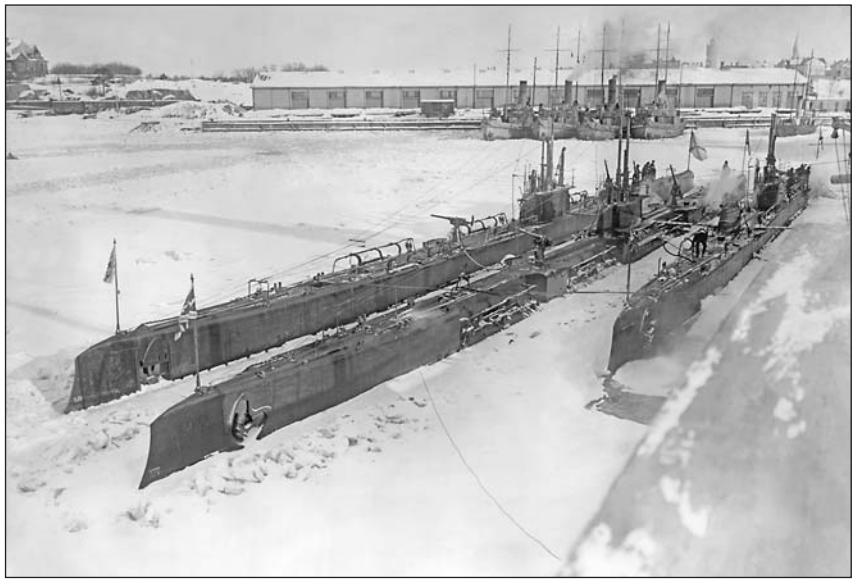
Дивизию обслуживали транспорты-базы: «Европа», «Хабаровск», «Оланд», «База № 1», «База № 2», транспорт «Волхов» и катера: «Конвоир», «Перископ», «Спутник», «Охранный» и «Прыткий».

Первые боевые походы лодок заставили искать новые способы их быстрого распознавания как судами-конвоирами, так и сторожевыми кораблями уже по принципу «свой—чужой» . Внесло свои коррективы и быстрое развитие авиации. Так, летом 1915 г. согласно приказанию начальника дивизии подводного плавания на всех лодках «для распознавания их аэропланами» нанесли отличительные знаки в виде «белого круга, нанесенного на палубе лодки во всю ширину надстройки сзади рубки».

5 марта 1916 г. дивизия подводных лодок Балтийского моря была переформирована. В 1-й дивизион вошли лодки «Барс», «Гепард», «Вепрь» и «Волк», транспорт «Тосно», во 2-й — «Тигр», «Львица», «Пантера», «Рысь» и транспорт «Европа». Оба дивизиона базировались на Ревель. В 3-м дивизионе числились лодки «Кугуар», «Змея», «Леопард» и «Язь». Их вступление в строй ожидалось в декабре. 4-й дивизион составили лодки АГ-11, АГ-12, АГ-13, АГ-14 и АГ-15, транспорт «Оланд», и базировался он на Петроград. В 5-й дивизион включили лодки «Тур», «Ягуар», «Единорог» и «Угорь», вступление в строй которых ожидалось не ранее 1917 г. 6-й дивизион составили старые лодки «Сом», «Минога», «Окунь», «Макрель», «Фельдмаршал граф Шереметев», «Касатка» и транспорт «Хабаровск» с базой в Аренсбурге. В отдельно сформированный УОПП, базировавшийся на Ревель, вошли устаревшие лодки «Щука», «Белуга», «Пескарь» «Стерлядь» и транспорт «Св. Николай».

В кампанию 1916 г. для подводных лодок были приняты следующие опознавательные знаки: днем на шесте или мачте поднимались черный или темно-синий матерчатые флаги — сверху треугольный, под ним прямоугольный размерами 1,06 х 0,71 м.

«Миноносец, посланный в море отыскать нашу лодку, — говорилось в тактическом приказе начальника дивизии подводных лодок № 6 от 15 апреля 1916 г., — приближаясь к району нахождения лодки, поднимает на ноке рея флаг "Д" и шар под ним. Если лодка видит этот сигнал, она должна всплыть и вступить с миноносцем в связь. Этот сигнал не отменяет установленных опознавательных». В связи с вступлением в строй новых лодок типа «Барс» тактический приказ начальника минной дивизии № 33 от 2 октября 1916 г. давал и их словесное описание: «По наружному виду новые русские лодки 1-го дивизиона: окрашены в темно-стальной или синий цвет, имеют по две пушки — одна



Подводные лодки 1-го дивизиона «Волк», «Барс» и «Вепрь». 1916 г.

впереди рубки, вторая сзади нее. Палуба ровная, по четыре минных аппарата Джевецкого с борта. У некоторых сеть телеграфная всегда натянута от мачты к носу и корме, 37-мм противоаэропланная пушка на рубке за перископом».

В свою последнюю кампанию 1917 г. дивизии подводных лодок вступила с составе:

1-й дивизион — «Барс», «Гепард», «Вепрь», «Волк»;

2-й дивизион — «Тигр», «Львица», «Пантера», «Рысь»;

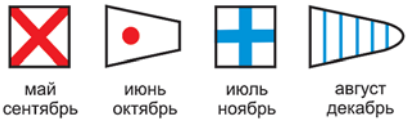
3-й дивизион — «Кугуар», «Змея», «Леопард»;

4-й дивизион — АГ-11, Аг-12, АГ-13, АГ-14, АГ-15;

5-й дивизион — «Единорог», «Угорь»;

6-й дивизион — «Минога», «Макрель», «Окунь», «Фельдмаршал граф Шереметев», «Касатка».

Между тем как показал опыт боевых действий «всякие опознавательные сигналы, как шары, конуса,



Сигнальные флаги для распознавания подводных лодок. Май 1917 г.

флаги и т. п. не оправдывают свое назначение, они должны быть слишком большой величины, а на лодке держать такие вещи на мостике совершенно нет места и возможности». Не лучше обстояли дела и с белыми кругами, «постоянно накрашенные» они были «хорошо различимы с воздуха» даже при нахождении лодки в подводном положении. Что, по мнению командиров, было неприемлемо, особенно при «действиях у берегов неприятеля», который по этим кругам «также хорошо отличает их (русские подводные лодки. — *Д.В.*) от своих».

В результате длительной дискуссии к маю1917 г. было решено, что в случае «встречи в море наших аэропланов и подводных лодок (для отличия от неприятельских) последние, находясь в пределах наших вод, растягивают на палубе впереди или позади мостика <сигнальный> флаг. Этот флаг убирается при выходе лодки из пределов полетов наших аэропланов. Ответом аэроплана служит изменение курса от лодки». Для этих целей были приняты четыре сигнальных флага, которые менялись каждый месяц. Следует заметить, что в течение кампании 1917 г. эта система была опробована и особых нареканий не вызвала.

29 января /11 февраля 1918 г. вышел декрет Совета Народных Комиссаров о роспуске старого и создании нового Рабоче-Крестьянского Красного Флота.

Начиналась новая страница в истории подводных сил отечественного Военно-Морского Флота.

РЕФЕРАТЫ

УДК 623.82:621.039

Звиняцкий А. Я., Тимохин И. Г., Шаломов В. И. Первый атомный подводный крейсер на Дальнем Востоке//Судостроение. 2016. № 3. С. 9—14.

Статья посвящена строительству первого атомного подводного крейсера стратегического назначения проекта 667А на Амурском судостроительном заводе в 1966—1969 годах. Ил. 7. Библиогр.: 3 назв.

Ключевые слова: военное кораблестроение, атомный подводный крейсер.

УДК 622.7

Гурьянов К. В., Гурьянов С. К., Сагайдаков Ф. Р. Авианосцы нового поколения ВМС Великобритании//Судостроение. 2016. № 3. С. 14—19.

Окончание статьи о технологии постройки и вооружении авианосца нового поколения, крупнейшего из когда-либо построенных боевых кораблей Великобритании. Ил. 7. Табл. 2. Библиогр.: 18 назв.

Ключевые слова: авианосцы, тактико-технические элементы, вооружение, архитектура, единая электроэнергетическая система.

УДК 623.81

Лосев А. Н. Экспортные работы АО «ЦТСС» по созданию объектов береговой инфраструктуры базирования и ремонта кораблей. Опыт и перспективы//Судостроение. 2016. № 3. С. 21—23.

АО «ЦТСС» создает для иностранных заказчиков объекты береговой инфраструктуры базирования и ремонта кораблей по четырем основным направлениям: пункты базирования кораблей; цехи судоремонтного производства, цехи ремонта систем вооружения; технические позиции для хранения, подготовки и ремонта морского оружия. Опыт показывает востребованность и перспективность этих работ.

Ключевые слова: береговая инфраструктура, пункт базирования, корабль, вооружение, ремонт.

УДК 629.54.01

Любимов В. И., Хлутчин И. В. Особенности архитектуры отечественных пассажирских судов внутреннего плавания//Судостроение. 2016. № 3. С. 24—28.

Рассматриваются вопросы становления архитектурно-конструктивного типа речных пассажирских судов для магистральных рек, позволяющие оценить архитектурные достижения исторически сложившейся «волжской» архитектурной школы в отечественном судостроении. Ил. 10. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: судовая архитектура, судовой архитектор, пассажирское судно, круизное судно, туристское судно, архитектурно-конструктивный тип, корпус, надстройка, рулевая рубка, архитектурный анализ, дизайн интерьера.

УДК 621.311:629.5

Токарев Л. Н. Расчет токов короткого замыкания в цепи секционных автоматов ГРЩ судовых электростанций//Судостроение. 2016. № 3. С. 29—30.

При коротком замыкании в цепи фидера главного распределительного щита судовой электростанции токи проходят через генераторные автоматы, участки сборных шин, секционные автоматы. С помощью системы дифференциальных уравнений, включающих математическое описание генераторов, линий связи между точками подключения генераторов к сборным шинам, эквивалентных асинхронных двигателей нагрузки, можно рассчитать не только ударные токи в цепях генераторов и в цепи короткозамкнутого фидера, но и в цепях секционных автоматов. Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

Ключевые слова: синхронный генератор, эквивалентный асинхронный двигатель, главный распределительный щит, секционный автомат, ударный ток короткого замыкания.

УДК 621.315.2.08

Власов А. Б., Власова С. В., Мухалев В. А. Анализ изменения твердости изоляции кабелей в процессе ускоренного старения при повышенной температуре//Судостроение. 2016. № 3. С. 31—33.

Разработан метод контроля свойств резиновой изоляции кабелей, позволяющий оценивать техническое состояние изоляции в процессе старения. Метод опирается на измерение твердости изоляции при эксплуатации. Ил. 5. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: твердость изоляции, кабели, старение изоляции.

УДК 629.5.03-8].008

Жильцов А. С. Контроль технического состояния пропульсивных комплексов быстроходных судов с частично погруженными винтами в эксплуатации//Судостроение. 2016. № 3. С. 34—35.

Двухвальные пропульсивные комплексы с частично погруженными винтами применяются на быстроходных судах различного назначения. Анализ загруженности исследуемых судов показал низкую интенсивность их эксплуатации. Неисправности наблюдались на всех пропульсивных комплексах. На базе судов с приводами Арнесона была начата разработка Методики контроля технического состояния пропульсивного комплекса на основе безразборных методов диагностики. Ил. 5. Библиогр.: 3 назв.

Ключевые слова: пропульсивный комплекс, привод Арнесона, частично погруженные винты, безразборные методы диагностики.

УДК 621.822.573

Чхетиани П. Д., Щербаков Ю. И. Экспериментальное исследование несущей способности гидродинамической смазочной пленки в радиальном подшипнике скольжения, смазываемом водой//Судостроение. 2016. № 3. С. 35—41.

В подшипниках скольжения из материалов — титановые сплавы с оксидированной трущейся поверхностью (вал) и графитофторопласт (вкладыш), смазываемых пресной водой, определялись экспериментальные зависимости Штрибека — коэффициента трения от скорости скольжения и на их основе — несущая способность гидродинамической сплошной смазочной пленки. Показано, что гидродинамическая сплошная смазочная пленка может разделять трущиеся поверхности вала и вкладыша при некоторых реальных условиях эксплуатации дейдвудных подшипников судов. Однако для этого необходимо обеспечить соответствующие микрогеометрию и прямолинейность образующих трущихся цилиндрических поверхностей, взаимную параллельность осей вала и вкладыша, диаметральные зазоры и транспортировку смазочного материала в наиболее нагруженную часть зоны трения. Ил.5. Библиогр: 5назв.

Ключевые слова: дейдвудный подшипник, гидродинамическая смазочная пленка, экспериментальная зависимость Штрибека, несущая способность, коэффициент трения.

УДК 667.6:629.5

Воронцов И. А. Современные требования к окраске стальных судовых конструкций//Судостроение. 2016. № 3. С. 42—44.

Рассмотрены современные требования к системам окраски стальных конструкций судов. Основные ограничения при окраске в условиях ряда регионов России являются высокая влажность (в теплый период года) и низкая температура (в холодный период) окружающего воздуха. В статье сопоставлены требования международных стандартов, рекомендации производителей краски и статистика погодных условий на примере г. Владивостока. Ил. 3. Табл.3. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: окраска стальных конструкций, требования стандартов, метеорологические условия.

УДК 629.5.024.081.4

Бертов В. И., Трошин Е. П. Состав и содержание проектных решений в части обеспечения антитеррористической защищенности зданий и сооружений судостроительных объектов//Судостроение. 2016. № 3. С. 44—46.

Приводятся нормативные документы, в соответствии с которыми должны разрабатываться разделы проектной документации, касающиеся мероприятий по противодействию террористическим актам на объектах капитального строительства, а также указания по составу и содержанию этих разделов. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: антитеррористическая защищенность, объекты капитального строительства, нормативные документы.

УДК 620.179.17

Щеголихин В. П. Алгоритм выявления начальной стадии развития дефекта в корабельных механизмах с использованием бортовых информацинно-измерительных комплексов виброакустического контроля//Судостроение. 2016. № 3. С. 47—48.

Описывается алгоритм выявления начальной стадии развития дефекта в корабельных механизмах с использованием бортовых информационных комплексов (ИИК) виброакустического контроля. Утверждается, что использование данного алгоритма в составе программного обеспечения существующих и перспективных бортовых ИИК должно существенно повысить эффективность виброакустического контроля корабельных механизмов. Табл. 3. Библиогр.: 2 назв.

Ключевые слова: корабельные механизмы, бортовой информационно-измерительный комплекс виброакустического контроля, корреляционная матрица.

УДК 621.9.06-529:621.646

Тепляшин М. В., Герасимов Н. И., Тюменцев Г. А. Технология аддитивного изготовления и ремонта деталей судовой трубопроводной арматуры в процессе эксплуатации объектов морской техники//Судостроение. 2016. № 3. С. 49—51.

Рассматриваются вопросы восстановления работоспособности судовой трубопроводной арматуры в процессе эксплуатации объектов морской техники с помощью использования аддитивных технологий. Анализируется возможность использования метода прямого лазерного выращивания при решении данной задачи. Приведен общий обзор существующих направлений аддитивных технологий, указаны преимущества применения метода прямого лазерного выращивания, а также затрагиваются вопросы и задачи обеспечения его эффективного применения. Отработка данной технологии применительно к судовой трубопроводной арматуре позволит использовать результаты исследовательских работ для решения вопросов восстановления прочих конструктивных элементов узлов и механизмов, а также инструмента и оснастки. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: судовая трубопроводная арматура, аддитивные технологии, метод прямого лазерного выращивания, ремонт, восстановление, наплавка.

УДК 629.5

Овсянников С. И. Крейсер «Аврора» — памятник отечественного кораблестроения//Судостроение. 2016. № 3. С. 52.

Рассказывается о ремонте легендарного крейсера «Аврора» на Северной верфи в 80-х годах прошлого века и восстановительных работах, проводимых в настоящее время в АО «Кронштадтский морской завод». Ил. 11.

Ключевые слова: крейсер «Аврора», ремонт, корабль-памятник.

УДК 629.5

Черноверхский П. А. Четыре периода моей работы в подводном судостроении//Судостроение. 2016. № 3. С. 67—75.

Воспоминания ветерана отечественной судостроительной промышленности П. А. Черноверхского о его трудовой деятельности в период с 1939 по 1949 гг. Ил. 9.

Ключевые слова: история судостроения, подводная лодка, технология, подводное кораблестроение, судостроительный завод, завод «Красное Сормово».

УДК 629.5

Васильев Д. М. К вопросу распознавания подводных лодок Балтийского флота. 1906—1917 гг.//Судостроение. 2016. № 3. С. 75—78.

Рассматриваются вопросы распознавания подводных лодок Балтийского флота, как в ходе совместного плавания, так и в боевых походах в период первой мировой войны 1914—1918 гг. Ил. 6.

Ключевые слова: история судостроения, подводная лодка, подводное плавание, маневрирование, опознавательные знаки.

ABSTRACTS

Zvinyatsky A.Ya., Timokhin I.G., Shalomov V.I. First nuclear-powered cruiser at Far East.
This article is devoted to construction of first nuclear-powered strategic missile submarine (project 667A) at Amur shipyard in 1966-1969s.

Keywords: naval shipbuilding, nuclear-powered submarine cruiser.

Guryanov K.V., Guryanov S.K., Sagaidakov F.R. New generation of aircraft carriers in UK Navy.
This is final part of article on construction technology and armament of new generation aircraft carrier, the largest ship ever in UK Navy.

Keywords: aircraft carriers, performance, armament, architecture, unified power system.

Losev A.N. SSTC export work on setting-up on-shore infrastructure for station and repair of naval ships. Experience and future perspectives.
JSC SSTC is involved in setting up on-shore infrastructure for station and repair of naval ships for foreign customers. There are four main directions in this, such as: mooring facilities, ship repair workshops, armament repair facilities and technical positions for storage, preparation and repair of marine ammunition. As per the experience, such works are of great demand and have good perspective.

Keywords: onshore infrastructure, station, ship, armament, repair.

Lyubimov V.I., Khlutchin I.V. Specific architectural features of domestic inland cruising ships
The author hereby analyzes architectural features of inland cruising ships in order to estimate achievements of traditional «Volga» school of architecture in domestic shipbuilding.

Keywords: ship architecture, ship architect, passenger vessel, architecture and design type, hull, superstructure, wheel house, architectural analysis, interior design

Tokarev L.N. Estimation of short-circuit currents in section breakers circuits of onboard power station MDBs
Upon short circuit in feeder line of ship power plant, current will go through generator cutout switches, bus bar sections and section switches. One can use differential equations system, including mathematical description of generators, communication circuits between connection points of generators and bus bars, equivalent asynchronous load motors to estimate surge current in generator circuits, short-circuited feeder and section switch circuits.

Keywords: synchronous generator, equivalent asynchronous motor, main distribution board, section switch, short-circuit surge current.

Vlasov A.B., Vlasova S.V., Mukhalev V.A. Analysis of changes of cable insulation hardness under the conditions of forced aging at high ambient temperature
New method was developed for checking cable rubber insulation, thus allowing estimation of insulation performance while aging. This method is based on insulation hardness checking in course of operation.

Keywords: insulation hardness, cables, insulation aging.

Zhiltsov A.S. Monitoring of technical condition of propulsion complexes of fast-going ships with partially submerged propellers
Two-shaft propulsion systems with partially submerged propellers are used at high-speed vehicles of various purpose. The analysis showed low operation rate of such vessels. Faults were observed in all propulsion systems. Arneson-driven vessels were used as basis for development of quality control procedure of propulsion system using in-place diagnostics methods.

Keywords: propulsion system, Arneson drive, partially submersible propellers, in-place diagnostics methods.

Chhetiani P.D., Sherbakov Yu. I. Experimental study of veering capacity of hydrodynamic lubricating film in radial water-lubricated sliding bearing
Sliding bearings made from titanium alloys with oxidized friction surface (shaft) and graphite-fluorine plastic (insert) lubricated with fresh water were used to define Shtreeback's relationships between friction factor and sliding speed for subsequent estimation of the bearing capacity of hydrodynamic solid lubricating film. It was demonstrated that such film can separate friction surfaces of shaft and insert under certain conditions of stern bearings operation. However, this requires to secure micro-geometry, straightness of cylindrical friction surfaces, mutual axial parallelism of shaft and insert, diametric gaps and feed of lubricant to most intense friction spot.

Keywords: stern bearing, hydrodynamic solid lubricating film, Shtreeback's relationship, bearing capacity, friction factor.

Vorontsov I.A. Modern requirements to painting of ship steel structures.
The author hereby reviews modern requirements to painting of ship steel structures. Main limitations for painting in many Russian regions are: high air humidity (in heat period) and low temperature (in cold period). This article combines international specifications, recommendations of paint manufacturers and weather condition statistics by the example of Vladivostok.

Keywords: steel structures painting, specifications, weather conditions.

Shchegolikhin V.P. Recognizing initial stage of defect growth in shipborn mechanisms with use of onboard vibro-acoustic systems.
The author hereby describes algorithm to define initial stage of flaw growth in shipboard mechanisms using onboard vibroacoustic check systems (OVCS).
It is stated, that incorporation of such algorithm in software for existing and perspective OVCS will substantially increase efficiency of vibroacoustic check of shipboard mechanisms.

Keywords: shipboard mechanisms, shipboard information and measuring system for vibroacoustic check, correlation matrix.

Bertov V.I., Troshin E.P. Composition and content of design solutions providing counter-terrorist protection of shipbuilding sites
The authors hereby analyze documents which must be used as basis for development of design documentation related to counter terrorist measures at capital construction sites, including guidelines on composition and content of the same.

Keywords: counter-terrorism, capital construction sites, regulatory documents.

Teplyashin M.V., Gerasimov N.I., Tyumentsev G.A. Technology for additive manufacturing and repair of shipboard pipe fittings in course of marine equipment operation.
The authors hereby review additive technologies as basis for recovering the operability of shipboard pipe fittings in course of marine equipment operation. One of proposed methods for solving such task is direct laser growth. This article also reviews existing trends in area of additive technologies, specifies advantages of direct laser growth method, analyses issues and features of its effective application. This technology can be tested on shipboard pipe fittings for subsequent use of chieved results in recovery of other structural components, assemblies, mechanisms, tools and instruments.

Keywords: shipboard pipe fittings, additive technologies, direct laser growth method, repair, recovery, weld deposition.

Ovsyannikov S.I. «Aurora» cruiser - the memorial of domestic naval shipbuilding.
The author narrates about repair of legendary «Aurora» cruiser at Northern Shipyard in 1980-s and recovery works being conducted at presence at JSC «Kronshtadt shipyard»

Keywords: «Aurora» cruiser, repair, memorial ship.

Chernoverkhsky P.A. Four stages of my activities in submarine construction.
Chernoverkhsky P.A., veteran of domestic shipbuilding, hereby narrates about his working activities within the period from 1939 till 1949.

Keywords: history of shipbuilding, submarine, technology, submarine construction, shipyard, Krasnoye Sormovo shipyard.

Vasilyev D.M. Identification issues of Baltic fleet submarines.
This article reviews identification issues of Baltic fleet submarines in course of joint cruising or battles of World War I, 1914-1918.

Keywords: history of shipbuilding, submarine, maneuvering, insignia.