

Судостроение

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

№ 6
2016
ноябрь–декабрь

**ВОЕННОЕ
КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

**СУДОВОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

**ТЕХНОЛОГИЯ
СУДОСТРОЕНИЯ**

ИСТОРИЯ



Издается с сентября 1898 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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 и Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

Антоненко С. В. — профессор Дальневосточного федерального университета

Дорофеев В. Ю. — генеральный директор АО СПМБМ «Малахит»

Жарков Н. С. — генеральный директор ОАО «Завод «Красное Сормово»

Климовский С. Д. — ученый секретарь Центрального военно-морского музея

Клячко Л. М. — генеральный директор АО «ЦНИИ «Курс»

Никитин В. С. — генеральный директор ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Пешехонов В. Г. — генеральный директор АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»

Пялов В. Н. — генеральный конструктор АО «СПМБМ «Малахит»

Стругов Л. В. — первый вице-президент АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Тюрин Б. П. — научный сотрудник Института истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова (РАН)

Штаталов В. В. — генеральный директор АО «КБ «Вымпел»

Шляхтенко А. В. — генеральный директор АО «ЦМКБ «Алмаз»

Ухнин В. Е. — генеральный конструктор АО «Северное ПКБ» в 1979–2012 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., Суздаев 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

Президент посетил АСПО

3

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

4

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Костылев А. И., Сазонов К. Е., Тимофеев О. Я., Егизаров Г. Е., Соловьев А. С., Егоров Д. Н., Штрамбрант В. И. Ледовые натурные испытания ледокола «Владивосток»

9

Кудишкин В. С. Опыт применения спектрального метода для определения собственных частот колебаний корпуса судна при его движении во льдах

13

Егоров Г. В., Тонюк В. И. «Азовские/каспийские пятитысячники» — сухогрузные многоцелевые суда проекта RSD18 для порта Оля

18

Сазонов К. Е. Конференция «Полярная механика—2016»

25

Дубровский В. А. Первый шаг в правильном направлении

26

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Серия будет продолжена

28

Овсянников С. И. Из истории перспективного проектирования в Северном проектно-конструкторском бюро

29

Сагайдаков Ф. Р., Чернецова Н. А., Никитина Е. К. Особенности разработки атомных подводных лодок типа «Virginia» ВМС США

33

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Бурцев С. И., Дзино А. А. О холодоснабжении систем кондиционирования воздуха кораблей и судов

39

Модульные решения задач крепления для судостроения

42

Фомин А. П. Неудачный учебник

44

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Федорова О. Е., Соколов К. О., Орлова Е. А., Евдокимов С. В. Современные технологии исправления дефектов (микропористости) литевых деталей и изделий порошковой металлургии в судостроении и судостроении

47

Козлов В. А. Повышение качества измерений, проводимых на стенде акустических испытаний

51

Крушенко Г. Г. Повышение качества стального литого гребного винта для пассажирского речного судна

54

Марина Сигаи. SVEZA Gas для газозовов

57

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ

Дикушин В. Ю., Сергеева Н. Л., Яковлев А. В. Реконструкция сухих доков судоремонтного завода в Мурманске

58

Гаврилюк Л. П., Нестеров В. Г. Центровка корабельного валопровода с контролем упругой линии

62

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Полярный кодекс (65). Великая Россия: судостроители (67). Зарубежная информация (68). Выставки и конференции в 2017 году (69)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Йолтуховский В. М. Тральщики и тралы ВМФ СССР (1941—1945)

72

Платонов А. В. Некоторые аспекты кораблестроения СССР и США в послевоенные годы

76

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING**6•2016**

(829) November–December

CONTENTS

Published since September 1898

The president visited ASPO	3
AT SHIPBUILDING YARDS	4
CIVIL SHIPBUILDING	
Kostylev A. I., Sazonov K. E., Timofeyev O. Ya., Yegiazarov G. E., Solovyov A. S., Yegorov D. N., Shtrambrant V. I. Ice seakeeping trials of icebreaker «Vladivostok»	9
Kudyshkin V. S. Experience of application spectral method for definition of hull self-oscillations when sailing in ice conditions	13
Yegorov G. V., Tonyuk V. I. Azov/Caspian 5000 DWT multipurpose dry cargo carriers of project RSD18 for Olya port	18
Sazonov K. E. Conference «Polar Mechanics — 2016»	25
Dubrovskiy V. A. First step in right direction	26
NAVAL SHIPBUILDING	
Series will be continued	28
Ovsyannikov S. I. History of perspective designing in Northern Design Bureau	29
Sagaidakov F. R., Chernetsova N. A., Nikitina E. K. Specific features in designing of «Virginia» type submarines for US Navy	33
MARINE EQUIPMENT	
Burtsev S. I., Dzino A. A. Refrigeration supply to onboard air conditioning systems	39
Modular solutions of securing tasks for shipbuilding	42
Fomin A. P. Unsuccessful manual	44
SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGY	
Fedorova O. E., Sokolov K. O., Orlova E. A., Yevdokimov S. V. Modern technologies for correction of defects (micro porosity) in casted and powder metal items in shipbuilding and marine engineering	47
Kozlov V. A. Improvement of measurements quality at acoustic test stand	51
Krushenko G. G. Improvement of quality of steel casted propeller for river passenger vessel	54
Marina Sigai. SVEZA Gas for LNG-carriers	57
SHIPREPAIR AND UTILIZATION	
Dikushin V. Yu., Sergeyeva N. L., Yakovlev A. V. Reconstruction of dry docks at the dockyard in Murmansk	58
Gavrilyuk L. P., Nesterov V. G. Center alignment of ship shaftline with checking of elastic curve	62
INFORMATION SECTION	
Polar Code (65). The Great Russia: Shipbuilders (67). Foreign information (68). Exhibitions and conferences in 2017 (69)	
HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET	
Yoltukhovskiy V. M. Minesweepers and mine exploders in Soviet Navy (1941–1945)	72
Platonov A. V. Some aspects of shipbuilding in USSR and USA in postwar period	76

На 2017 г. подписку на журнал «Судостроение» можно осуществить по каталогам ФГУП «Почта России». ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС ЖУРНАЛА «СУДОСТРОЕНИЕ» П2469.

В каталоге «Подписные издания. Официальный каталог Почты России. Первое полугодие 2017» журнал «Судостроение» — на странице 186. Каталог должен быть во всех почтовых отделениях страны.

«Онлайн»-подписку в Интернете по электронному каталогу Почты России можно оформить по адресу <https://podpiska.pochta.ru>

To effect subscription abroad, it is necessary to address to JSC «МК-Periodica» (www.periodicals.ru)

На 1-й стр. обложки — дизель-электрическая подводная лодка «Великий Новгород» (фото А. Н. Хаустова); на 3-й стр. — в музее ПАО «СФ «Алмаз» (фото А. Н. Хаустова); на 4-й стр. — рейдовый тральщик пр. 10750Э «Алатау», построенный на экспорт АО «Средне-Невский судостроительный завод» (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

Е. П. Смирнова (ведущий номера),
С. В. Силакова

Компьютерная верстка

Г. А. Князева, С. А. Ратасеп

Цветоделение

Д. Н. Демичев

Перевод

Г. С. Илюхин

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 5.12.2016 г.
Каталожная цена 150 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

ПРЕЗИДЕНТ ПОСЕТИЛ АСПО

31 октября Президент России В.В. Путин посетил Астраханское судостроительное производственное объединение (АСПО), где ознакомился с циклом производства буровых платформ для каспийского шельфа, а также дал старт добыче нефти на месторождении им. Владимира Филановского. Главу государства сопровождал полномочный представитель Президента РФ в Южном федеральном округе В.В. Устинов, губернатор Астраханской области А.А. Жилкин, президент АО «ОСК» А.Л. Рахманов, президент ПАО «ЛУКОЙЛ» В.Ю. Алекперов.

Генеральный директор Группы компаний «Каспийская Энергия», в которую входит АСПО, А.В. Жидakov доложил Президенту о возможностях предприятия по строительству судов и морской техники и о работе над текущими проектами.



Президент России В. В. Путин с работниками АСПО

В режиме телемоста глава государства принял участие в церемонии запуска нефтедобычи с построенной в АСПО ледостойкой стационарной платформы (ЛСП) на крупнейшем каспийском месторождении им. В. Филановского. Контракт на строительство ЛСП-1 был подписан главами ПАО «ЛУКОЙЛ» и АО «ОСК» 9 ноября 2011 г. в присутствии В.В. Путина. Ледостойкая стационарная платформа является основным объектом обустройства данного месторождения.

В рамках первой очереди разработки и обустройства месторождения построены следующие объекты: ЛСП-1, ПЖМ-1 (платформа жилого модуля-1), ЦТП (центральная технологическая платформа), райзерный блок, головные береговые сооружения, система подводных и сухопутных нефте- и газопроводов общей протяженностью более 650 км. Для строительства объектов были привлечены отечественные подрядчики — судостроительные верфи Астраханской области.

Накопленные инвестиции «ЛУКОЙЛа» составили на данный момент около 150 млрд руб., включая средства в обустройство и разработку месторождения, транспортную инфраструктуру, переработку газа, нефтехимию и энергетику.

В настоящее время ведется строительство инфраструктуры для второй очереди разработки месторождения (ЛСП-2 и ПЖМ-2).

Месторождение им. В. Филановского, открытое «ЛУКОЙЛом» в 2005 г., является крупнейшим из открытых в России за последние 25 лет и вторым по счету месторождением, введенным компанией в эксплуатацию на российском шельфе Каспийского моря. Оно расположено в 220 км от Астрахани на глубине моря от 7 до 11 м. Извлекаемые запасы месторождения по категории С1+С2 российской классификации оцениваются в 129 млн т нефти и

30 млрд м³ газа. Проектный уровень добычи составляет 6 млн т нефти в год.

К данному моменту на месторождении пробурены две добывающие скважины с суммарным суточным дебитом более 6 тыс. т (45 тыс. барр.) нефти. Ведется строительство третьей скважины. Добытая нефть относится к категории легкой малосернистой и поступает по подводному трубопроводу в резервуарный парк головных береговых сооружений, а затем сдается в систему Каспийского трубопроводного консорциума для дальнейшей реализации на экспорт. Высокое качество нефти при реализации обеспечивает ценовую премию к сорту Юралс. Попутный газ подается на газоперерабатывающую установку завода «Ставролен» ПАО «ЛУКОЙЛ» для дальнейшей переработки в продукты нефтехимии и поставки на собственные энергогенерирующие мощности и в Единую систему газоснабжения «Газпрома».

www.kremlin.ru www.lukoil.ru



31 октября был дан официальный старт добыче нефти на месторождении им. В. Филановского

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ООО «НЕВСКИЙ ССЗ»

2 сентября ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод» подписал контракт с ООО «Пола Райз» на постройку очередного сухогрузного судна пр. RSD49 смешанного «река—море» плавания. А 6 октября на слипе завода состоялась торжественная церемония спуска на воду сухогруза этого же проекта «Атамекен» (зав. № 409), построенного для ТОО «KTZ Express Shipping» (Казахстан). Назначение судна, имеющего наибольшую дли-

ну 139,95 м и максимальный дедвейт 7143 т, — перевозка генеральных и навалочных грузов, включая металл, зерно, лес, уголь, а также опасные грузы. Особенностью судна, спроектированного Морским Инженерным Бюро, является наличие большого среднего трюма длиной 52 м, который позволяет перевозить крупногабаритные грузы.

АО «ЦС «ЗВЕЗДОЧКА»

Корабелы «Звездочки» завершили ремонт и модернизацию ра-



Сухогруз «Атамекен» на слипе ООО «Невский ССЗ»



Ракетный крейсер «Маршал Устинов» после ремонта и модернизации корабелами АО «ЦС «Звездочка»

кетного крейсера «Маршал Устинов» (пр. 1164 «Атлант»). 30 октября корабль вышел в море на заводские ходовые испытания. В ходе испытаний сдаточная команда вместе с экипажем крейсера проведут проверку всех систем и механизмов корабля в реальных морских условиях. К работам по восстановлению технической готовности крейсера приступили в 2011 г. За истекший период выполнены программа доковых работ, ремонт газотурбинных генераторов и главных двигателей с сопутствующими системами, общекорабельных систем, освидетельствование и ремонт магистрального кабеля с заменой дефектных участков. Модернизация коснулась основных комплексов радиоэлектронного вооружения крейсера. В ходе ремонта при взаимодействии с десятками отечественных предприятий решены многие сложнейшие задачи: восстановлена и откорректирована конструкторская документация, выстроена эффективная система кооперации работ и поставок, отлажены технологические процессы и изготовлены сотни единиц технологической оснастки. Огромный опыт накоплен рабочими и инженерами верфи. По мнению генерального директора «Звездочки» Н. Я. Калистратова, северодвинская верфь полностью готова к ремонту и другим кораблей этого проекта — ракетных крейсеров «Москва» и «Варяг».

ОАО СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

28 октября на «Северной верфи» состоялась закладка многоцелевого корвета «Дерзкий» (зав. № 1009) для ВМФ России. Это будет головной корабль проекта 20386, разработанного конструкторами АО «ЦМКБ «Алмаз». Он должен быть передан флоту в 2021 г. Особенности нового кор-

вета, сообщается в пресс-релизе, являются сбалансированный состав вооружения, интегрированные информационно-управляющие системы открытой архитектуры, новое радиоэлектронное вооружение, роботизированные комплексы, а также уменьшенная численность экипажа, увеличенная дальность плавания, высокая скорость полного хода на тихой воде и развитом волнении. В основу пр. 20386 заложен принцип модульности, что позволяет расширить круг решаемых задач. В проекте предусмотрена комбинированная газотурбинная установка с частичным электродвижением. В ее состав входят два газотурбинных двигателя М90ФР мощностью по 27 500 л. с. и два главных электродвигателя мощностью по 2200 л. с. Назначение корвета — вести боевые действия в ближней и дальней морской зоне, защищать морские коммуникации и объекты морской экономической деятельности. Он должен поражать боевые надводные цели крылатыми ракетами, вести поиск и уничтожать подводные лодки противника торпедами малогабаритного противолодочного комплекса, обеспечивать боевую устойчивость кораблей и судов от воздушного нападения зенитным ракетным комплексом, оказывать артиллерийскую поддержку высадке и действиям морских десантов. Основные характеристики корабля: водоизмещение 3400 т, длина 109 м, ширина 13 м, скорость хода 30 уз, дальность плавания 5000 миль, экипаж 80 чел.

ООО «ВЕРФЬ БРАТЬЕВ НОБЕЛЬ»

4 октября на предприятии спустили на воду несамоходную нефтеналивную баржу пр. ROB07, первую из двух, заказанных ОАО «Ленское объединенное речное пароходство». Она спроектирована Морским Инженерным Бюро. Баржа смешанного «река—море» плавания с двойным дном и бортами имеет двенадцать грузовых и два отстойных танка. Жилые помещения отсутствуют, так как во время рейса нахождение людей на борту не предусмотрено. Обеспечивается одновременная перевозка двух сортов груза — нефти и нефтепродуктов. Размеры



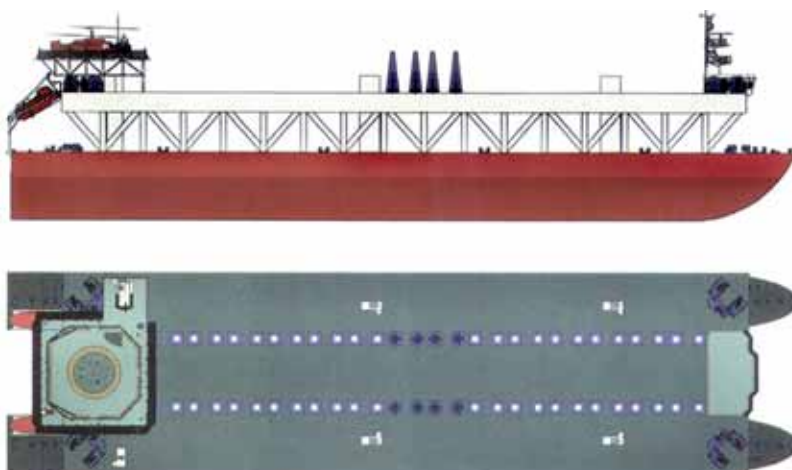
Нефтеналивная баржа пр. ROB07 построена судостроителями ООО «Верфь братьев Нобель»

баржи 95,23 x 16,8 x 5 м, дедвейт при осадке 3,5/3,6 м составляет 4244/4403 т. Класс Российского Морского Регистра Судоходства КЕ R3-RSN Oil tanker (ESP). Для обеспечения работы грузовых насосов и вспомогательных механизмов предусмотрена дизель-генераторная установка в контейнерном исполнении. Мощность дизель-генератора 350 кВт, стояночного — 6, 4 кВт. Подача грузовых насосов 5 x 150 м³/ч.

ФГУП «КРЫЛОВСКИЙ ГНЦ»

Конструкторы ФГУП «Крыловский государственный научный центр» разработали технический проект универсального средства подъема (УСП), предназначенного для подъема, транспортировки и передачи на утилизацию затопленных или затонувших крупных объектов, которые могут создавать угрозу радиоактивного загрязнения морской среды (пр. 23570). Это специальное плавсредство представляет собой несамоходную подь-

емно-транспортную баржу-площадку катамаранного типа, снабженную мощным грузоподъемным устройством. Опасные объекты массой до 14 000 т должны подниматься с морского дна с помощью 56 грузоподъемных механизмов, каждый из которых рассчитан на 250 т, и размещаться для транспортировки между корпусами катамарана. Для удержания объекта спроектировано специальное грузозахватное устройство из 14 модулей по 1000 т. Наибольшая длина УСП 137 м, общая ширина 36 м, ширина каждого корпуса 10 м, расстояние между корпусами 16 м, высота борта 12 м, высота до палубы «моста» 22,5 м, осадка по КВЛ 7,5 м, дедвейт 10 000 т. Использование УСП возможно также при освоении шельфа — для выполнения подводно-монтажных работ, ревизии и ремонта подводных трубопроводов, установки на морском дне различных конструкций и изделий и др. Предусмотрена возможность и аварийно-спасательного обеспечения кораблей ВМФ.



Универсальное средство подъема пр. 23570 (ФГУП «Крыловский ГНЦ»)



Дизель-электрический земснаряд 800-40 (АО «Цимлянский СМЗ»)

АО «ЦИМЛЯНСКИЙ СМЗ»

АО «Цимлянский судомеханический завод» занимается строительством земснарядов (от 50 до 500 м³/ч по грунту) и производством оборудования для гидромеханизации и гидротехнических сооружений. В середине октября завод сообщил о вводе в эксплуатацию в Казахстане дизель-электрического самоходного блочного земснаряда 800-40 (пр. Ц480ДЭ). Его длина 19 м, водоизмещение порожнем 80 т. Корпус состоит из пяти понтонов. Грунтозаборное устройство — с фрезерным рыхлением. Диаметр всасывающего и напорного трубопровода 300 мм, глубина разработки — до 10 м. Грунтовый насос марки ГруТ 800/40 также изготовлен на этом же заводе. Ранее в Тюменской области начал работать построенный заводом дизельный земснаряд 1600-40, а в Томской области — земснаряд 3000-72.

АО «АРМАЛИТ»

На этом предприятии введен в эксплуатацию уникальный автоматический комплекс для герметизации микропористости по методу вакуумной пропитки отливок с применением полимерного материала «Резинол 88С». Это инновационное решение, разработанное ОАО

«СКБК» специально для АО «Армалит», позволяет устранять мельчайшие поры, неизбежно образующиеся в результате двух физических процессов, проявляющихся при кристаллизации жидких металлов, — усадки и абсорбции газа. Нарушение целостности корпусных деталей, вследствие наличия пустот, пор или раковин значительно повышает износ судовой арматуры, увеличивает риск частичного или полного отказа изделия, что может крайне негативно сказаться на работе всей системы. Обработанные по новой технологии отливки остаются герметичными (отсутствует «потение» и капельная течь) и удерживают проводимые среды, в том числе и агрессивные, под высоким давлением. Пропитка изделий осуществляется после всех операций по механической обработке, что позволяет снизить трудоемкость изготовления конечного изделия. Автоматизация, в свою



Вывод из цеха ПАО «Завод «Красное Сормово» дноуглубительного судна «Кадош» для последующего спуска на воду

очередь, способствует увеличению производительности и оптимизации процессов управления.

ПАО «ЗАВОД «КРАСНОЕ СОРМОВО»

5 октября завод спустил на воду дноуглубительное судно «Кадош» (пр. TSHD1000), построенное для ФГУП «Росморпорт». Контракт на строительство трех таких судов был подписан в апреле 2014 г. В этом году сормовские корабли уже передали заказчику два земснаряда — «Соммерс» и «Кроншлот». Они отличаются универсальностью в сочетании с высокой производительностью. Проект выполнен голландской компанией Damen Shipyard Gorinchem, рабочая конструкторская документация — Волго-Каспийским ПКБ (входит в Группу МНП). Основные характеристики: длина 62,6 м, ширина 14 м, осадка 4,25 м, объем трюма 1000 м³, глубина разработки грунта — до 20 м. Класс: KM Ice 1 R1 AUT2 Hopper Dredger.

Генеральный директор завода Николай Жарков, выступая на церемонии спуска, отметил: «Третьим дноуглубительным судном мы завершаем сдаточную программу 2016 года. Проект фирмы Damen реализуется в России впервые, и мы гордимся тем, что строительство серии судов данного проекта осуществляется именно на нашем заводе. Это означает высокий уровень доверия заводу со стороны заказчика».

19 октября был подписали акт передачи танкера «Pioneer» (пр. RST27) компании-заказчику CMS (зарегистрирована на Британских Виргинских островах). Контракт на строительство в 2016—2017 гг. двух судов был заключен в апреле 2016 г. Танкер «Pioneer» был спущен на воду сормовскими судостроителями 19 августа под названием «Explorer», после чего он успешно прошел швартовые и ходовые испытания, передан заказчику и переименован. Постройка второго танкера для CMS продолжается.

ООО «ОНЕЖСКИЙ ССЗ»

ООО «Онежский судостроительно-судоремонтный завод» построил в этом году маломерный рабочий катер «Соловки» (пр. Damen Stan Lauunch 804), пополнивший флот Архангельского филиала ФГУП «Росморпорт». К достоинствам данного прибрежного судна относятся: компактность и маневренность, удобное рабочее место судоводителя, экономичный и надежный двигатель. Катер планируется использовать в морском порту Онега для доставки лоцманов на суда, а также обслуживания средств навигационной обстановки, установленных в акватории и на подходах к порту. Размеры катера 8,62 x 3,77 x 1,3 м, осадка 1,3 м, водоизмещение 13,5 т, мощность двигателя 89 кВт, скорость хода 7,1 уз, экипаж 1 чел.



Рабочий катер «Соловки» (ООО «Онежский ССЗ»)



Закладная доска ледокола «Обь», который строится в Выборге

ОАО «ПЕЛЛА»

15 сентября на новом судостроительном комплексе предприятия состоялась закладка океанографического исследовательского судна «Академик Агеев» (пр. 16450, стр. № 451), спроектированного конструкторами АО «Северное ПКБ». На церемонии присутствовали почетные гости: начальник Главного управления глубоководных исследований Минобороны России А. В. Буриличев, командир войсковой части капитан 1-го ранга И. В. Капустин, заместитель генерального директора ОАО «Корпорация «Комета» Д. Ц. Литовченко, генеральный директор АО «СПМБМ «Малахит» В. Ю. Дорофеев, главный конструктор АО «Северное ПКБ» Д. Б. Киселёв и сын академика Михаила Дмитриевича Агеева — Д. М. Агеев.

В конце октября «Пелла» сообщила об успешно проведенных ходовых приёмосдаточных испытаниях первого судна ярусного лова пр. PL-475, построенного «Пеллой» за собственный счет и первоначально предназначенного для заказчика из Мурманска. Конструкторский отдел завода адаптировал основные проектные решения под требования Российского Морского Регистра Судостроительства. Однако в итоге покупатель современного высокоэффективного промыслового судна ледового

класса, предназначенного для ярусного лова донных пород рыб в Баренцевом море и Северной Атлантике, нашёлся в Норвегии. Церемония передачи судна норвежской рыбопромысловой компании Keltic AS в соответствии с заключенным контрактом состоялась в ноябре. Основные характеристики судна: наибольшая длина 47,5 м, ширина 12 м, максимальная осадка 5,88 м, скорость хода 12,5 уз, автономность по запасам провизии и топлива 25 сут., дальность плавания 6000 миль, объем грузового морозильного трюма 462 м³, экипаж 20 чел., символ класса KM Ice2 AUT1 Fishing Vessel.

АО «ПСЗ «ЯНТАРЬ»

Эскадренный миноносец Балтийского флота «Беспокойный» в сентябре был поставлен в плавучий док завода для конвертации. В процессе этих работ корпус корабля загерметизировали, чтобы он мог находиться на плаву без обслуживания постоянным экипажем. В частности, демонтировали гребные винты и валы, провели консервацию и покраску корпуса. Предполагается, что впоследствии «Беспокойный» станет музейным объектом.

ПАО «ВЫБОРГСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

27 сентября на заводе заложили портовый ледокол пр. Arc124 (30044), строящийся по заказу ФГУП «Атомфлот». Он будет обеспечивать проводку танкеров-газовозов на подходном канале и в акватории порта Сабетта на полуострове Ямал. Отличительной осо-



Проектное изображение океанографического исследовательского судна «Академик Агеев» (ОАО «Пелла»)



Эсминец «Беспокойный» в плавдоке АО «ПСЗ «Яantar»

бенностью этого судна является инновационный движительный комплекс мощностью 12 МВт, состоящий из четырех полноповоротных винторулевых колонок. Они расположены попарно в носу и корме, что дает возможность эффективной работы во льду как кормой, так и носом, маневрирования и выполнения специальных задач в акватории порта Сабетта, где в настоящий момент ведется строительство завода по сжижению природного газа в рамках проекта «Ямал СПГ». Длина ледокола, названного «Обь», составит 84,3 м, ширина 21,3 м, осадка 6,5 м, дедейт с учетом перевозимого груза при максимальной осадке — не менее 2000 т, ледопробитость 1,5 м.

9 ноября после прохождения необходимых корпоративных процедур и согласования всех ключевых положений вступили в силу контракты на строительство серии рыболовных траулеров-процессоров нового поколения, подписанных Выборгским судостроительным заводом и Архангельским траловым флотом (АТФ) в марте 2016 г. Согласно контрактам, завод построит «под ключ» для АТФ четыре крупнотоннажных траулера пр. ST 116 XL.

ГРУППА «ТРАНЗАС»

В октябре компания «Транзас» объявила о подписании контракта с верфью Guangzhou Shipyard International Co. Ltd. на оснащение радионавигационным оборудованием танкера для перевозки газового конденсата водоизмещением 44 500 т, предназначенного для работы в арктических условиях в рамках проекта «Ямал СПГ». Газовоз будет оснащен комплексом радионавигационного и коммуникационного оборудования «Транзас». Заказчиком строительства выступил греческий судовладелец Dynagas. Ядром поставляемой «Транзасом» в 2017 г.



22 октября после завершения работ по ремонту и модернизации АПЛ «Подмосковье» покинула заводскую акваторию АО «ЦС «Звездочка» и вышла в море для выполнения программы заводских ходовых испытаний. Экипаж АПЛ и сдаточная команда «Звездочки» выполняют проверку систем и механизмов АПЛ и отработают плановые задачи, подтверждающие проектные характеристики субмарины.

навигационной системы для нового судна станет интегрированная бортовая система на базе технологии MFD (многофункциональный дисплей). Судно с ледовым классом ARC7 также будет оснащено комплексом ГМССБ-оборудования, ледовой радарной приставкой, доплеровским лагом и эхолотом с ледовой защитой, а также другим радионавигационным оборудованием, предназначенным для эксплуатации при экстремально низких температурах.

Выбор «Транзаса» в качестве поставщика радионавигационного оборудования для нового судна стал закономерным продолжением сотрудничества компании с ведущими верфями и судовладельцами в рамках масштабного международного проекта «Ямал СПГ». В ходе реализации проекта «Ямал СПГ» компания «Транзас» уже оснастила два судна для Polar Heavy Lift, а также серии газовозов вместимостью 170 000 м³, строящихся на верфях DSME для компаний «Совкомфлот», «Teekay», «MOL» и «Dynagas». Кроме того, в рамках проекта «Ямал СПГ» был так-



НИС «Пионер-М»

же подписан контракт на поставку радионавигационного оборудования для трех портовых буксиров, предназначенных для работы в порту Сабетта.

За последние 10 лет «Транзас» принял участие в большинстве проектов по строительству ледоколов и судов ледового. За это время компания оборудовала два дизельных ледокола пр. 21900 и три — пр. 21900М, суда «Витус Беринг» и «Алексей Чириков», асимметричный ледокол «Балтика», суда-спасатели пр. MPSV 07 и MPSV 06 — по 2 ед. «Транзас» оснащает атомные ледоколы пр. 22220 и дизельный пр. 22600.

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Студенческое конструкторское бюро университета в сотрудничестве со специалистами отрасли разрабатывает научно-исследовательский катамаран прибрежного плавания «Пионер-М». Судно станет, в частности, площадкой для апробации солнечных батарей в отечественном кораблестроении. Такое задание студентам дало АО «ОСК», рассматривающая проект «Пионер-М» как платформу для технологических, проектировочных и других инноваций. По словам Леонида Кузнецова, директора департамента проектного управления АО «ОСК», на «Пионере-М» в качестве дополнительного источника энергии будет установлено 130 м² солнечных панелей мощностью до 20 кВт. Как сообщается, строительство судна начнется в 2017 г. на Севморзаводе (филиал АО «ЦС «Звездочка»). В 2018 г. «Пионер-М» должен отправиться в свою первую экспедицию. Основные проектные характеристики НИС «Пионер-М»: наибольшая длина 23,85 м, ширина 10,2 м, высота борта 3,6 м, водоизмещение 160 т, скорость хода 10 уз, мощность энергетической установки 250 кВт.

ЛЕДОВЫЕ НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЛЕДОКОЛА «ВЛАДИВОСТОК»

А. И. Костылев, К. Е. Сазонов, докт. техн. наук,
О. Я. Тимофеев, докт. техн. наук (ФГУП «Крыловский
государственный научный центр», e-mail: krylov@krylov.spb.ru),
Г. Е. Егиазаров, А. С. Соловьев, Д. Н. Егоров
(ПАО «Выборгский судостроительный завод»),
В. И. Штрамбрант (ФГУП «Росморпорт»)

УДК 629.561.5

В 2016 г. ПАО «Выборгский судостроительный завод» построил и сдал в эксплуатацию два ледокола проекта 21900М «Владивосток» (рис. 1) и «Мурманск». Заказчиком ледоколов является ФГУП «Росморпорт». Ледоколы в основном предназначены для эксплуатации в неарктических морях России (Балтийском море и др.) и имеют ледовый класс Российского морского регистра судоходства (РМРС) Icebreaker 6, однако, как это следует из дальнейшего изложения, обладают повышенными характеристиками ледовой ходкости и принципиально могут быть переклассифицированы на более высокий класс РМРС. Ледоколы данного проекта оборудованы пропульсивной установкой, состоящей из двух винторулевых полноповоротных колонок (ВРК) с приводом от гребных электродвигателей (ГЭД) мощностью 9000 кВт каждый. Передача мощности от ГЭД к ВРК осуществляется через промежуточный вал, оборудованный упругими муфтами.

Программа ледовых натурных испытаний ледокола, получившая одобрение в РМРС, была разработана ОАО КБ «Вымпел». В качестве головной организации в области определения ледовых качеств ледокола ПАО «Выборгский судостроительный завод» было определено ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (КГНЦ), которое имеет многолетний опыт проведения натурных испытаний судов для изучения их ледовых качеств, включая испытания ледокола пр. 21900 «Санкт-Петербург» [1]. Специалисты ФБГУ «АНИИ» выполняли гидрометеорологическое обеспечение экспериментально-рейса, выбор полигонов для проведения испытаний, а также измерение толщины и прочностных характеристик льда.

Для проведения натурных испытаний ФГУП «Росморпорт» был организован исследовательский рейс ледокола «Владивосток» в Енисейский залив Карского моря в период с 17.04.2016 г. по 25.04.2016 г. В испытательном рейсе принимал участие также ледокол «Мурманск». Во время рейса на ледоколе «Владивосток» находилась испытательная партия, в которой были представи-

тели ФГУП «КГНЦ», ФБГУ «АНИИ», ЗАО «ЦНИИМФ», РМРС, ПАО «Выборгский судостроительный завод». Представители ФГУП «Росморпорт» находились на ледоколе «Мурманск».

По предложению специалистов ФБГУ «АНИИ» испытания проводились в Енисейском заливе Карского моря, где были выбраны три полигона, которые отличались толщиной ледяного и снежного покрова.

В процессе проведения натурных ледовых испытаний была выполнена следующая программа, представленная в табл. 1, в которой указаны установочные значения мощности движителей. Реальные значения мощности, потребляемой электродвигателями ВРК, измерялись в процессе проведения испытаний и не всегда соответствовали установочным значениям.

При проведении каждого испытания регистрировались следующие параметры:

- скорость движения ледокола, определяемая с помощью спутниковой системы GPS по штатным приборам, а также с помощью переносной системы GPS;
- мощность, потребляемая каждым из электродвигателей вала винторулевой колонки (ВРК): измерения выполнялись по штатным приборам судна;
- частота вращения гребных валов ВРК по штатным приборам судна.

После проведения серии испытательных режимов специалисты ФБГУ «АНИИ» спускались на лед для измерения его толщины, толщины снежного покрова и определения прочностных свойств льда. По полученным данным о температуре и солености льда была рассчитана прочность льда на изгиб, которая составила для полигона № 1 — 530 кПа, для полигона № 2 — 280 кПа и для полигона № 3 — 420 кПа.

Испытания в сплошных ровных льдах при движении ледокола «Владивосток» на режимах движения передним ходом проводились в Енисейском заливе на полигонах № 2 и № 3. На полигоне № 1 ледовые условия (толщина льда и снега) не позволили провести испытания передним ходом.

Во время проведения этих испытаний ледокол двигался прямым курсом при различных значениях установочной мощности. При каждом значении установочной мощности фиксировалась скорость движения судна, частота вращения гребных винтов и мощность ГЭД. Анализ данных по частоте вращения показывает, что двигатели периодически взаимодействовали с притопленными обломками льда, что приводило к локальным снижениям частоты вращения (не более 10 об./мин), которое не оказывало влияния на показатели ходкости ледокола.

Натурные испытания ледокола «Владивосток» проводились на за-



Рис. 1. Ледокол «Владивосток» проекта 21900М

Таблица 1

Программа ледовых испытаний		
Номер полигона, дата	Номер режима	Вид испытаний
1 20.04.2016	1.1	Сплошной лед. Прямолинейное движение задним ходом. Мощность 100%
	1.2	Сплошной лед. Прямолинейное движение задним ходом. Мощность 80%
	1.3	Сплошной лед. Прямолинейное движение задним ходом. Мощность 60%
	1.4	Сплошной лед. Циркуляция задним ходом. Угол перекадки ВРК 150. Мощность 100%
	1.5	Сплошной лед. Циркуляция задним ходом. Угол перекадки ВРК 300. Мощность 100%
	1.6	Сплошной лед. Циркуляция задним ходом. Угол перекадки ВРК 450. Мощность 100%
	1.7	Разворот ледокола методом «звезда»
2 21.04.2016	2.1	Сплошной лед. Прямолинейное движение передним ходом. Мощность 40%
	2.2	Сплошной лед. Прямолинейное движение передним ходом. Мощность 60%
	2.3	Сплошной лед. Прямолинейное движение передним ходом. Мощность 80%
	2.4	Сплошной лед. Прямолинейное движение передним ходом. Мощность 100%
	2.5	Сплошной лед. Прямолинейное движение задним ходом. Мощность 40%
	2.6	Сплошной лед. Прямолинейное движение задним ходом. Мощность 60%
	2.7	Сплошной лед. Прямолинейное движение задним ходом. Мощность 80%
	2.8	Сплошной лед. Прямолинейное движение задним ходом. Мощность 100%
	2.9	Сплошной лед. Циркуляция передним ходом. Угол перекадки ВРК 150. Мощность 100%
3 21.04.2016	3.1	Сплошной лед. Прямолинейное движение передним ходом. Мощность 100%
	3.2	Сплошной лед. Прямолинейное движение передним ходом. Мощность 80%
	3.3	Преодоление тороса передним ходом. Мощность 100%
	3.4	Преодоление тороса задним ходом. Мощность 100%
	3.5	Сплошной лед. Циркуляция передним ходом. Угол перекадки ВРК 150. Мощность 100%
	3.6	Сплошной лед. Циркуляция передним ходом. Угол перекадки ВРК 300. Мощность 100%
	3.7	Сплошной лед. Циркуляция передним ходом. Угол перекадки ВРК 450. Мощность 100%

снежных участках припая Енисейского залива, поэтому при обработке их результатов необходимо было учесть влияние снежного покрова на показатели ледовой ходкости. Существует несколько подходов учета влияния снега на характеристики ледовой ходкости судов. Эти подходы варьируются — от полного отказа учитывать влияние снежного покрова на ледовую ходкость — до приравнивания толщины снега к толщине льда. Большинство специалистов согласно с тем, что степень влияния снега на ледовое сопротивление зависит от его плотности. На ледяных полях, в которых проводились испытания ледокола «Владивосток», снежный покров был уплотненным и мокрым. В соответствии с ранее применявшейся практикой [1, 2] было принято решение считать толщину снежного покрова эквивалентной толщине льда.

Приведенные выше значения прочности ледяного покрова на полигонах не соответствовали заданному в спецификации значению 500 кПа. Поэтому в экспериментальные данные была введена корректировка по прочности в соответствии с методикой, принятой в КГНЦ.

По полученным данным была построена кривая ледопрободимости, с помощью которой могут быть оценены спецификационные показатели ледокола. При построении этой кривой учитывалось, что скорость ледокола на чистой воде при потреблении полной мощности составляет 17,1 уз. Кривая представлена на рис. 2. При построении этой кривой были использованы данные, полученные на режимах движения 2.4 и 3.1. Был использован режим 3.2, данные которого (при мощности 80%) были пересчитаны на дру-

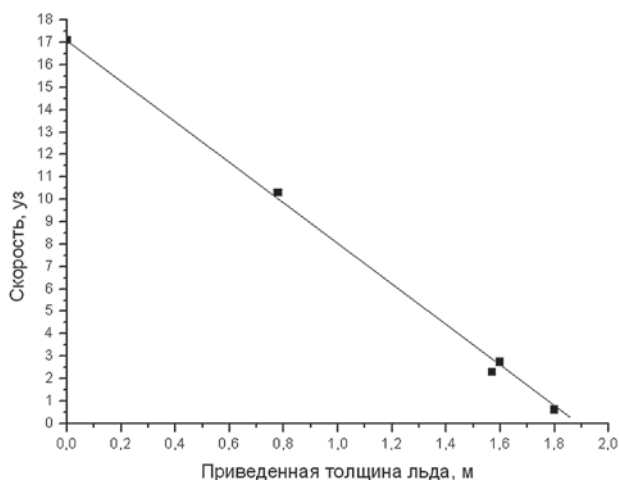


Рис. 2. Характеристика ледопроеходимости ледокола «Владивосток» в сплошных ровных льдах передним ходом. Мощность 100%

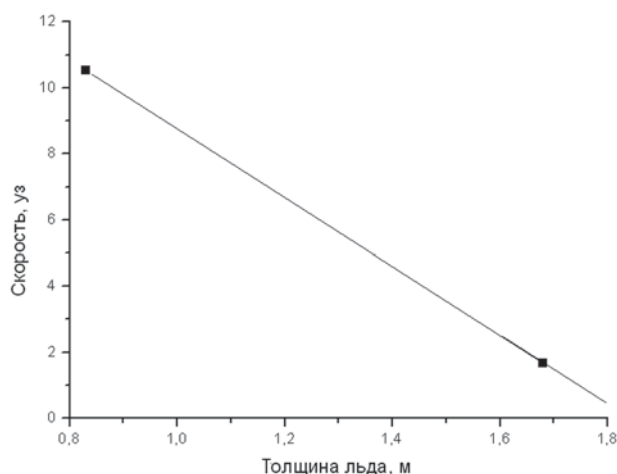


Рис. 3. Характеристика ледопроеходимости ледокола «Владивосток» в сплошных ровных льдах при движении задним ходом. Мощность 100%

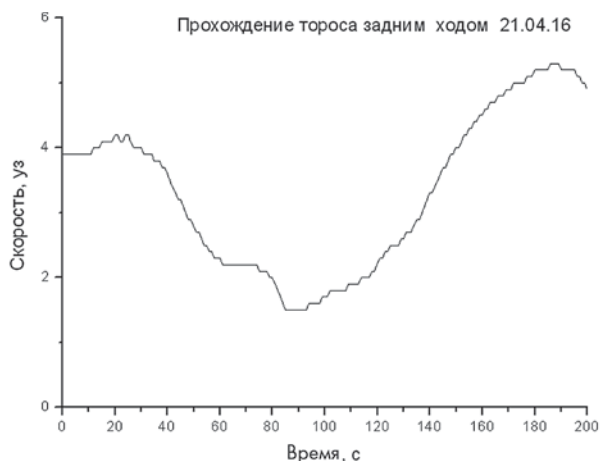


Рис. 4. Скорость движения задним ходом в торосе (полигон № 3). Режим 3.4

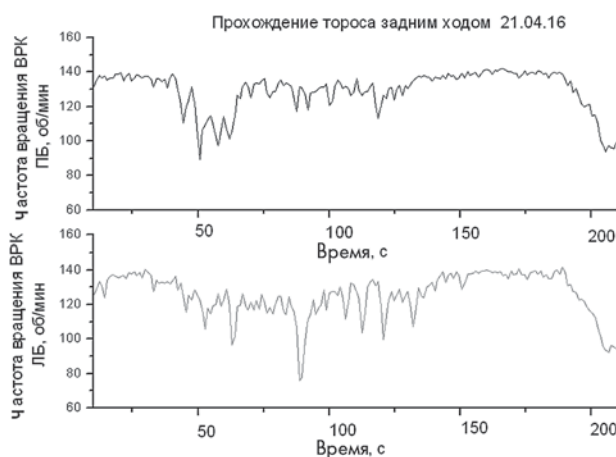


Рис. 5. Зависимость частоты вращения ВРК ПБ и ЛБ от времени при движении задним ходом в торосе (полигон № 3). Режим 3.4

гую толщину льда, соответствующую движению ледокола с мощностью 100% с той же скоростью. Пересчет осуществлялся с помощью известных скейлинговых соотношений между толщиной преодолеваемого ледоколом льда и его мощностью [3].

Испытания при движении ледокола «Владивосток» кормой вперед в сплошных ровных льдах проводились на полигонах № 1 и № 2. Этому виду испытаний в табл. 1 соответствуют режимы 1.1—1.3 и 2.5—2.8. Ледокол при различных значениях установочной мощности на режимах 1.1—1.3 двигался прямым курсом, на режимах 2.5—2.8, которые выполнялись в относительно тонких льдах, ледокол самопроизвольно вошел в циркуляцию, причем радиус циркуляции уменьшался по мере увеличения мощности.

При испытаниях ледокола при движении задним ходом измерялись те же параметры, что и при испыта-

ниях на передний ход. По полученным данным была построена характеристика ледопроеходимости, с помощью которой могут быть оценены спецификационные показатели ледокола при движении задним ходом, она представлена на рис. 3.

Испытания ледокола «Владивосток» по преодолению торосистых образований при движении носом и кормой вперед проводились в Енисейском заливе на полигоне № 3. Испытания по преодолению тороса передним ходом было выполнено в режиме 3.1. При этом режиме ледокол провзаимодействовал с торосистой грядой, которая была плохо заметна из-за большого количества снега. В результате взаимодействия ледокол остановился, выполнил отход назад и с разгона преодолел торосистую гряду. В табл. 1 этот режим обозначен номером 3.3. В той же самой гряде торосов было выполнено испытание по преодоле-

нию тороса задним ходом — режим 3.4. На рис. 4 и 5 представлены результаты измерения скорости движения ледокола при взаимодействии с торосом, а также изменения частоты вращения движителей.

На режиме 3.4 наблюдалось сильное взаимодействие гребных винтов со льдом, которое выражалось в существенном падении частоты вращения. При наиболее сильных взаимодействиях падение частоты вращения для правого движителя составило 38%, а для левого — 46%.

В ходе выполнения натурных испытаний изучались и маневренные качества ледокола «Владивосток» при движении в припайных ровных льдах носом и кормой вперед. Этим испытаниям в табл. 1 соответствуют режимы 1.4—1.6, 2.9, 3.5—3.7.

Выполнение циркуляции при движении ледокола кормой вперед в ровном льду с приведенной толщиной

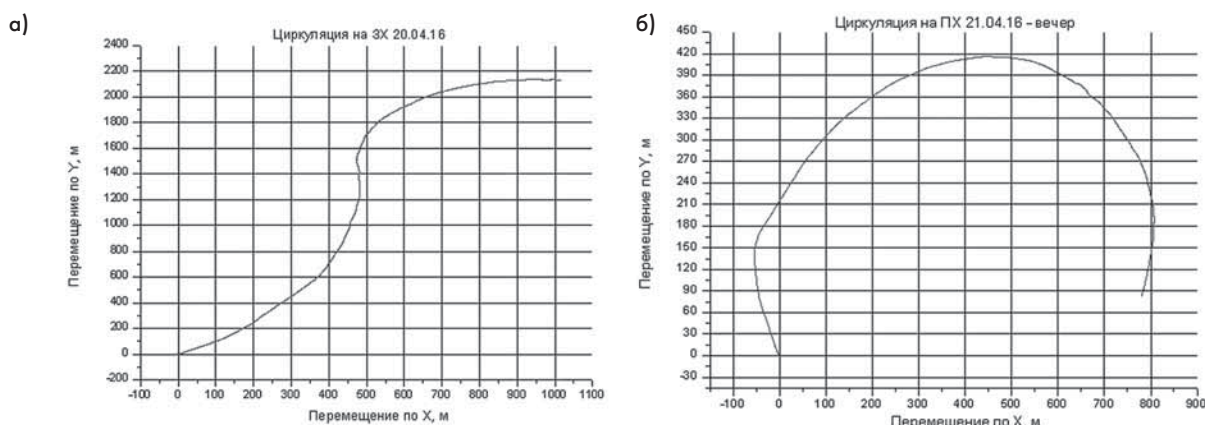


Рис. 6. Траектория движения ледокола на циркуляции кормой (а) и носом (б) вперед

1,72 м (режимы 1.4–1.6) проводилось при трех значениях угла перекладки ВРК: 15°, 30° и 45°, причем обе колонки перекладывались на один и тот же угол. Траектория движения, измерялась установленной на мостике ледокола системой GPS, представлена рис. 6, а. Циркуляция на заднем ходу при угле перекладки 15° выполнялась на правый борт по ходу движения, а при углах перекладки 30° и 45° — на левый борт по ходу движения. При выполнении циркуляции наблюдалась тенденция снижения частоты вращения ВРК по правому борту при увеличении угла перекладки, при этом с левого борта было зафиксировано незначительное повышение частоты вращения.

Циркуляция передним ходом, выполненная на полигоне № 2 (режим 2.9) в относительно тонком льду с приведенной толщиной 0,8 м, показала, что ледокол легко разворачивается в указанных условиях при перекладке органов управления всего на 15°. Визуально был определен радиус циркуляции, примерно равный длине корпуса ледокола, поэтому проводить испытания при других углах перекладки ВРК не имело смысла.

Полностью циркуляция носом была выполнена на полигоне № 3,

приведенная толщина льда при этом составляла 1,62 м. Траектория движения представлена на рис. 6, б.

По измеренным траекториям с помощью методики МКОБ (ИПС), изложение которой приводится в работе [4], были определены радиусы циркуляции ледокола. Результаты испытаний представлены также в табл. 2.

В процессе проведения натуральных испытаний ледокола «Владивосток» были выполнены измерения его различных динамических характеристик, которые не регламентируются спецификационными требованиями. Результаты этих измерений изложены в работе [5].

Анализ результатов натуральных испытаний ледокола «Владивосток» в Енисейском заливе позволяет сделать следующие выводы:

1. Ледокол «Владивосток» обладает хорошими показателями ледовой ходкости при движении передним ходом. Его ледопроходимость существенно превышает значение по Регистру — 1 м ровного льда при наличии снега и прочности его на изгиб 500 кПа. Она составляет при скорости движения 3,5 уз — 1,5 м, 3 уз — 1,57 м, при скорости 2 уз — 1,67 м и при скорости 1 уз — 1,78 м.

2. По экспериментальным данным ледопроходимость ледокола при движении кормой вперед составляет 1,54 м при скорости 3 уз в сплошном ровном льду прочностью на изгиб 500 кПа, а при скорости 2 уз в тех же условиях 1,65 м.

3. Ледокол успешно может преодолевать торосистые образования передним и задним ходом.

4. Ледокол обладает хорошими показателями ледовой маневренности и поворотливости во льдах. Во льдах толщиной до 1 м относительный радиус циркуляции ледокола на переднем ходу не превышает величины полторы длины судна.

5. Показатели ледовой поворотливости на заднем ходу ниже, чем на переднем, но её характеристики находятся в приемлемом диапазоне. Ледокол может достаточно эффективно выполнять циркуляцию, двигаясь кормой вперед.

6. По характеристикам ледовой ходкости и управляемости ледокол соответствует ледовому классу Российского морского регистра судоходства Icebreaker 7.

Литература

1. Апполонов Е. М., Беляшов В. А., Сазонов К. Е., Скрабин Д. С., Игошин Е. В. Исследование ледовой ходкости ледокола «Санкт-Петербург» в Карском море // Судостроение. 2011. № 4.
 2. Belyashov V. A., Sazonov K. E. et al. «Yury Topchev» and «Vladislav Strizhov» multipurpose ice-breaking vessels for Pirazlomnaya platform maintenance: field and model tests // Proc. of the 8th Int. Conf. and Exhibition on Performance of Ship and Structures in Ice, ICETECH'08, Banff, Alberta, Canada, 2008.
 3. Сазонов К. Е. Скейлинговые соотношения в ледовой ходкости судов // Морской вестник. 2010. № 3 (35).
 4. Сазонов К. Е. Ледовая управляемость судов. СПб: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2006.
 5. Костылев А. И., Сазонов К. Е. Динамические характеристики ледокола «Владивосток» по данным натурального эксперимента // Труды Крыловского государственного научного центра. 2016, вып. 93 (377).

Показатели поворотливости ледокола в сплошных льдах Таблица 2

№ режима	Вид движения	Угол перекладки ВРК, град	Приведенная толщина льда по полигону, м	Относительный радиус циркуляции	Длительность режима, с
1.4	Задний ход	15	1,72	19,6	1516
1.5		30		6,94	845
1.6		45		4,68	701
2.9	Передний ход	15	0,81	1,37	36
3.5		1,62	15	6,27	363
3.6			30	2,86	388
3.7			45	1,38	348

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ КОРПУСА СУДНА ПРИ ЕГО ДВИЖЕНИИ ВО ЛЬДАХ

В. С. Кудишкин (АО «Гипрорыбфлот»,
e-mail: grf@grf.spb.ru) УДК 629.5.024:656.61.052.5]:543.42

Определение собственных частот — сложная техническая задача, от решения которой зависит выявление неблагоприятных резонансных зон упругих колебаний корпуса еще на этапе проектирования судна. На современном уровне исследования вибрации существуют два способа определения собственных частот корпуса: расчетный [1] или с помощью вибрационных машин [2]. Не вдаваясь в подробности описания и оценки этих способов, в настоящей статье предлагается еще один эмпирический метод, основанный на спектральном анализе записей общей вибрации судна, вызванной случайными ледовыми нагрузками [3].

Этот метод предназначен для оперативного вычисления собственных частот колебаний корпуса при проведении ледовых испытаний судов.

Указанные колебания (ледовая вибрация) имеют случайный характер и возбуждаются на собственных частотах корпуса [4]. Для изучения вероятностных характеристик этих колебаний воспользуемся корреляционной моделью теории случайных функций. Запишем выражение корреляционной функции и спектра в виде [5]

$$K_T(\tau) = \frac{1}{T-\tau} \int_0^{T-\tau} \xi(t) \xi(t+\tau) dt; \quad \tau \in [0, T]; \quad (1)$$

$$\tilde{S}_\xi(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\tau_m} \lambda(\tau) K_T(\tau) \cos \omega \tau dt, \quad (2)$$

где $\xi(t)$ — реализация стационарного случайного процесса колебаний на интервале $t \in (0, T)$; $\lambda(\tau)$ — весовая функция; T — длина реализации; τ — временной сдвиг; τ_m — точка усечения коррелограммы; ω — круговая частота, меняющаяся непрерывно.

Поскольку спектральная функция (2) есть интегральное преобразование Фурье корреляционной функции (1) и характеризует непрерывное распределение энергии по частотам, то ее максимумы сосредоточены на резонансных частотах, соответствующих собственным частотам колебаний корпуса. Вследствие ограниченности длины реализации T функции (1) и (2) являются статистическими оценками истинной корреляционной функции и спектра. Поэтому основное требование при обработке записей колебаний состоит в том, чтобы указанные оценки при выбранных параметрах T , τ , τ_m , $\lambda(\tau)$ были несмещенными в терминологии [6], т. е. математическое ожидание оценки должно совпадать с искомыми корреляционной функцией и спектром. В этой связи выбор статистических пара-

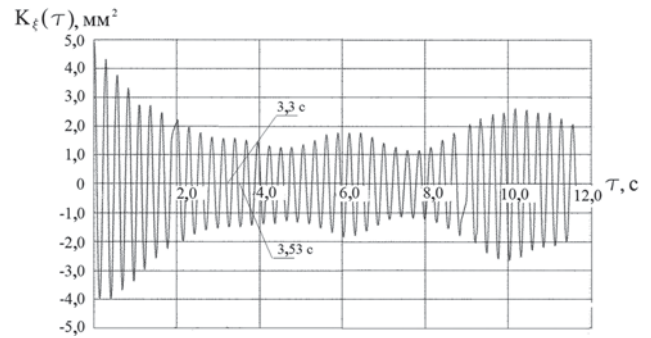


Рис. 1. Эмпирическая кривая корреляционной функции корпуса ледокола «Капитан Мелехов» при движении во льдах Карского моря толщиной $h_n \approx 35$ см со скоростью 6–7 уз

метров для построения корреляционной функции и спектра является основной задачей данного исследования. Определим влияние каждого из указанных параметров (T , τ , τ_m , $\lambda(\tau)$) отдельно.

Рассмотрим корреляционную функцию резонансных колебаний корпуса ледокола «Капитан Мелехов» при движении в ровных бесснежных зимних льдах Карского моря толщиной $h_n \approx 35$ см со скоростью 6–7 уз (рис. 1). Под резонансом в данном случае понимаются колебания, вызванные ледовыми импульсами случайной амплитуды, частота следования которых совпадает с собственной частотой корпуса (в указанном примере с частотой 1 тона колебаний корпуса ледокола. Природа этой вибрации описана в работе автора [7]. По форме экспериментальная корреляционная функция, изображенная на рис. 1, напоминает экспоненциально-косинусную кривую с постоянной периодической составляющей. Она может быть аппроксимирована следующим выражением:

$$K_\xi(\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} (D'_{n\xi} + D''_{n\xi} e^{-s|\tau|}) \cos \omega_n \tau, \quad (3)$$

где $D'_{n\xi}$ — дисперсия периодической составляющей, мм^2 ; $D''_{n\xi}$ — дисперсия экспоненциально-косинусной составляющей, мм^2 ; s — декремент, с^{-1} .

Ясно, что полная дисперсия реализации составит $D_{n\xi} = D'_{n\xi} + D''_{n\xi}$. Индекс n указывает на тон собственных колебаний корпуса. Поскольку в данном примере рассматриваются колебания только 1 тона, то далее знак суммы опущен. Для выявленного асимптотического вида корреляционной функции можно указать такие T , τ , τ_m , $\lambda(\tau)$, при которых оценки K_T , $S(\omega)$ будут обладать определенной достоверностью. Строго говоря, постоянная составляющая процесса, равная среднему значению

$$\xi = \int_{-\infty}^{\infty} \xi(t) p(\xi) d\xi,$$

состоит, как минимум, из двух частот, образующих биения (см. рис. 1) и фиксирующихся в структуре спектра, но полный их анализ выходит за рамки настоящих исследований. Амплитуда периодической составляющей может быть вычислена по формуле $K'_\xi = (a^2/2) \cos \omega \tau$. В нуле она равна $a = \sqrt{2(D'_{n\xi})^2}$.

При преобразовании непрерывной записи процесса в дискретную последовательность значений $\xi(t)$ необходимо выбрать шаг дискретности Δ исходных данных,

который отсчитывается через равноотстоящие промежутки времени $\Delta(t)$ в моменты $t_i = i\Delta t = i\Delta, i = 1, 2, \dots, N$. Поэтому к перечисленным параметрам добавляется еще один: шаг дискретности, который должен удовлетворять требованию о минимальной погрешности, вносимой Δ , а отношение дисперсии оценки корреляционной функции $\sigma_{K_p}^2(p, \Delta)$, вычисленной по дискретной последовательности, от соответствующей оценки, вычисленной по непрерывной реализации $\sigma_K^2(T)$, не превышает некоего числа φ :

$$\varphi = \frac{\sigma_{K_p}^2(p, \Delta)}{\sigma_K^2(T)} \quad (4)$$

Для определения области достоверности μ_T оценки корреляционной функции в зависимости от длины реализации $T = f(\mu_T)$ при известных параметрах аппроксимации s и ω вычислим дисперсию оценки корреляционной функции по непрерывной реализации и дискретной последовательности значений отдельно для экспоненциально-косинусной и периодической слагаемых выражения (3).

Формула для дисперсии оценки корреляционной функции по непрерывной реализации запишется в виде [8]:

$$\sigma_{K_\xi}^2(T) = \frac{2}{(T-\tau)} \int_0^{T-\tau} \left(1 - \frac{v}{T-\tau}\right) [K_\xi^2(v) + K_\xi(v+\tau)K_\xi(v-\tau)] dv, \quad (5)$$

где K_ξ для простоты вычислений запишем в форме Эйлера.

$$K_\xi' = \frac{D_\xi'}{2} (e^{i\omega} + e^{-i\omega}) \quad \text{и} \quad (6)$$

$$K_\xi'' = \frac{D_\xi''}{2} e^{-s|\tau|} (e^{+i\omega} + e^{-i\omega}) = \frac{D_\xi''}{2} (e^{-\alpha\tau} + e^{-\beta\tau}), \quad (7)$$

где $\alpha = s + i\omega; \beta = s - i\omega$.

Рассмотрим $e^{|\nu-\tau|}$ в интервале

$$0 \leq \nu \leq T-\tau \quad \begin{array}{c} \bullet \text{---} \bullet \text{---} \bullet \\ 0 \quad \nu = \tau \quad T \end{array},$$

где $0 \leq \tau \leq \nu; e^{-|\nu-\tau|} = e^{-(\tau-\nu)}$,
 $\tau \leq \nu \leq T; e^{-|\nu-\tau|} = e^{-(\nu-\tau)}$.

Тогда исходный интеграл (5) распадается на три интеграла с разными пределами интегрирования. Подставляя (7) в (5), интегрируя (5) и пренебрегая членами порядка $\frac{1}{T^2}, \frac{e^{-2\alpha T}}{T}, \frac{e^{-2\alpha T}}{T^2}$ и $\frac{e^{-2\alpha T}}{T^2}$, переходя к обычной форме записи, получим

$$\sigma_{K_\xi}^2(T) = \frac{(D_\xi'')^2}{(T-\tau)} \left\{ 2s^2 + \omega^2 + \left[\tau + \frac{2s^2 + \omega^2}{2s(s^2 + \omega^2)} \right] e^{-2s\tau} \cos 2\omega\tau + \frac{s^2}{2\omega(s^2 + \omega^2)} e^{-2s\tau} \sin 2\omega\tau \right\}. \quad (8)$$

Для периодической составляющей (6) выражение (8) значительно упрощается:

$$\sigma_{K_\xi}^2(T) = \frac{(D_\xi')^2}{(T-\tau)} (e^{2i\omega\tau} + e^{-2i\omega\tau}) = \frac{(D_\xi')^2}{(T-\tau)} \tau \cos 2\omega\tau. \quad (9)$$

Формула (8) совпадает с аналогичным выражением, полученным в работе [9], и уточняет формулу, приведенную в [10].

Дисперсию оценки корреляционной функции по дискретной последовательности можно вычислить по формуле [8]:

$$\sigma_{K_\xi}^2(p, \Delta) = \frac{1}{N-p} \{ K_\xi^2(0) + K_\xi^2(p, \Delta) + 2 \sum_{k=1}^{N-p-1} \left(1 - \frac{k}{m-p}\right) [K_\xi^2(k, \Delta) + K_\xi(k+p, \Delta)K_\xi(k-p, \Delta)] \}, \quad (10)$$

$$\text{где } K_\xi(k, \Delta) = \frac{D_\xi''}{2} (e^{-\alpha k} + e^{-\beta k}) - \quad (11)$$

корреляционная функция; $\alpha = (s + i\omega)\Delta; \beta = (\delta - i\omega)\Delta; N$ — число членов последовательности; Δ — шаг дискретности, $c; p = \tau/\Delta$ — число сдвигов в последовательности.

Рассмотрим $e^{|k-p|}$ в интервале

$$0 \leq k \leq N-p-1 \quad \begin{array}{c} \bullet \text{---} \bullet \text{---} \bullet \\ 0 \quad k = p \quad k \end{array},$$

где $0 < k < p; e^{-|k-p|} = e^{-(p-k)}$,
 $p < k < N-p-1; e^{-|k-p|} = e^{-(k-p)}$.

Тогда общая сумма (10) распадается на ряд частичных сумм. Складывая их почленно и пренебрегая членами порядка $1/(N-p)^2$, запишем полученное выражение в обычной форме:

$$\sigma_{K_\xi}^2(p, \Delta) = \frac{(D_\xi'')^2}{N-p} \left\{ \frac{e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1 - e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} + \left[p + \frac{e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1 - e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} \right] e^{-2s\Delta p} \cos 2\omega\Delta p + \left[\frac{1}{2} \text{ctg} \omega\Delta - \frac{e^{-2s\Delta} \sin 2\omega\Delta}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} \right] e^{-2s\Delta p} \sin 2\omega\Delta p + \left[\frac{1}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{\cos 2\omega\Delta(N-p) - e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta(N-p-1)}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} \right] e^{-2s\Delta(N-p)} \right\}. \quad (12)$$

Результаты расчета ψ при заданных параметрах аппроксимации s, ω и выбранном шаге дискретности Δ приведены в табл. 1, из которой следует, что отношение дисперсии оценки корреляционной функции, построенной по дискретной последовательности, к дисперсии оценки по непрерывной реализации близко к единице во всем диапазоне исследуемых Δ и слабо зависит от сдвиговых значений p . Следовательно, погрешность, вносимая заменой непрерывной реализации ее дискретной последовательностью, для рассмотренных интервалов дискретности равна нулю.

Таким образом, число ординат за период колебаний I тона корпуса ледокола «Капитан Мелехов» $\tilde{\tau} = 0,27$ с при шаге дискретности $\Delta = 0,0116$ с составит примерно 24. Их будет достаточно для получения достовер-

Таблица 1

Значения дисперсии оценок корреляционной функции по непрерывной реализации $\sigma_{K_{\xi}}(T)$ и дискретной последовательности $\sigma_{K_{\xi}}(p, \Delta)$

Число членов последовательности N	Шаг дискретности Δ, c	Дисперсия оценок корреляционной функции при $s=0,4 c^{-1}, \omega = 23 c^{-1}$						$\Psi = \frac{\sigma_{K_{\xi}}(p, \Delta)}{\sigma_{K_{\xi}}(T)}$ при различных Δ															
		по непрерывной записи $\sigma_{K_{\xi}}(T)$ и различных сдвигах τ_k, c		по дискретной последовательности $\sigma_{K_{\xi}}(p, \Delta)$ и различных $P_k = \frac{\tau_k}{\Delta}$																			
		Время записи T, c	0	1	5	10	0	21,55	43,1	50	86,2	107,75	215,5	250	431,0	500	862,0	0	0,0116	0,02	0,0232	0,0464	
2400	0,0116	0,089	0,03	0,05	0,07	0,089	-	-	0,03	0,03	-	-	-	0,05	-	0,07	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0
1584	0,02	0,79	0,026	0,043	0,057	0,79	-	0,026	-	-	-	0,043	-	-	0,057	-	-	1,0	1,0	-	-	-	-
1200	0,0232	0,089	0,03	0,05	0,07	0,089	-	-	-	0,051	-	-	-	0,07	-	-	1,0	1,0	-	-	-	-	-
600	0,0464	0,089	0,03	0,052	0,07	0,089	0,03	0,03	0,03	0,051	0,07	-	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0

ных оценок корреляционных функций более высоких порядков на кратных $\Delta = 0,0116 c$ интервалах дискретности до IV тона включительно.

Исследования, выполненные в [10], показали, что на некотором начальном интервале τ статистические оценки корреляционной функции $K_T(\tau)$ являются достоверными оценками значений $K_{\xi}(\tau)$, если

$$C_{K_{\xi}}(\tau, T) = \sqrt{\frac{\sigma_K^2(\tau, T)}{K_{\xi}^2(\tau)}} \leq 1. \tag{13}$$

Подставляя в неравенство (13) выражение для корреляционной функции (3), дисперсии экспоненциально-косинусной (8) и периодической (9) составляющих и ограничиваясь только экстремальными значениями корреляционной функции $\tau_r = \pi T / \omega$, получим

$$T > \frac{2s^2 + \omega^2}{2s(s^2 + \omega^2)} [1 + e^{-2s\tau_r} + 3\mu_T]. \tag{14}$$

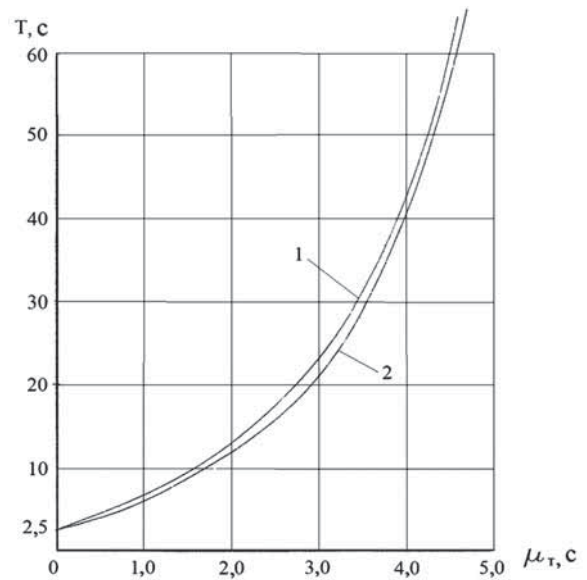


Рис. 2. Зависимость $T = f(\mu_T)$ при $s = 0,4 c^{-1}, \omega = 23 c^{-1}$:
 1 — суммарная кривая с учетом периодической составляющей;
 2 — экспоненциально-косинусная составляющая

Таким образом, полученное трансцендентное уравнение позволяет решить прямую и обратную задачи: по известной области достоверности μ_T определить оптимальную длину записи T при фиксированных параметрах s, ω и наоборот. Корни неравенства (14) определим графически. Частный вид зависимости $T = f(\mu_T)$ при $s = 0,4 c^{-1}$ и $\omega = 23,0 c^{-1}$ изображен на рис. 2. Для выбранных значений времени записи $T_1 = 27,84 c$ и $T_2 = 31,68 c$ границы области достоверности корреляционной функции составили соответственно $\mu_{T_1} = 3,3 c$ и $\mu_{T_2} = 3,53 c$ (см. рис. 1). Из формулы (2) видно, что эмпирическая спектральная плотность является функцией не только частоты, но и времени, т.е. случайная функция. Вычислим спектральную плотность процесса по формуле (2) для выявленного вида корреляционной функции

$$K_{\xi}(\tau) = D_{\xi}'' e^{-s|\tau|} \cos \omega_n \tau. \tag{15}$$

Подставляя (15) в (2) и выполняя интегрирование, получим

$$S_{\xi}(\omega, \tau_m) = \frac{sD_{\xi}''}{2\pi} \left[\frac{1}{s^2 + (\omega_n + \omega)^2} + \frac{1}{s^2 + (\omega_n - \omega)^2} \right] + \left\{ \frac{D_{\xi}'' e^{-s\tau_m}}{2\pi} \left[\frac{-s \cos(\omega_n + \omega) \tau_m + (\omega_n + \omega) \sin(\omega_n + \omega) \tau_m}{s^2 + (\omega_n + \omega)^2} + \frac{-s \cos(\omega_n - \omega) \tau_m + (\omega_n - \omega) \sin(\omega_n - \omega) \tau_m}{s^2 + (\omega_n - \omega)^2} \right] \right\}. \quad (16)$$

Первое слагаемое в выражении (16) представляет собой истинный спектр, полученный при интегрировании (2) в пределах $(0 - \infty)$, второе — смещение спектра от истинного значения при малых τ_m . С увеличением τ_m смещение $\tilde{S}_{\xi}(\omega, \tau_m)$ уменьшается, но увеличивается дисперсия оценок спектра. Истинное значение спектра с учетом периодической составляющей корреляционной функции можно записать в виде

$$S(\omega) = \frac{D_{\xi}'}{2} \delta(\omega - \omega_n) + \frac{sD_{\xi}''}{2\pi} \left[\frac{1}{s^2 + (\omega_n + \omega)^2} + \frac{1}{s^2 + (\omega_n - \omega)^2} \right] \quad (17)$$

где δ — дельта-функция, равная нулю всюду, кроме точек $\omega = \omega_n$.

Для оценки влияния τ_m на значения эмпирического спектра на рис. 3 и 4 представлены кривые зависимости $S_{\xi}(\omega, \tau_m) = f(\omega)$ при различных τ_m . Из рис. 3 следует, что при малых $\tau_m = 1,1$ с спектр только формируется и его значения существенно отличаются от истинного спектра $S(\omega)$. В диапазоне изменения $\tau_m = (0,3 \dots 0,5)T$ (соответственно $\tau_{m1} = 8,34$ с и $\tau_{m2} = 14,45$ с) значения эмпирического спектра с погрешностью менее 1% совпадают с теоретическим. Поэтому вычисленные значения спектра являются несмещенными оценками истинного спектра исследуемого процесса.

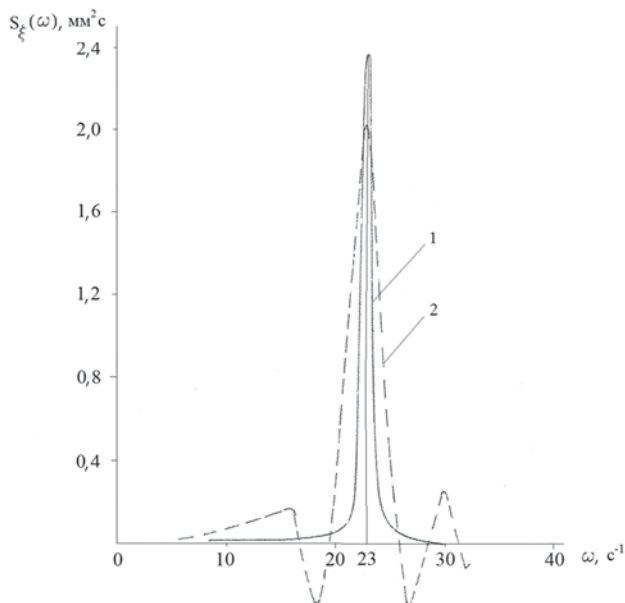


Рис. 3. Кривые теоретической $S(\omega)$ и статистической $S(\omega, \tau_m)$ спектральных плотностей колебаний корпуса ледокола «Капитан Мелехов»: 1 — теоретический спектр для корреляционной функции вида (15); 2 — статистический спектр в точке усечения коррелограммы $\tau_m = 1,1$ с

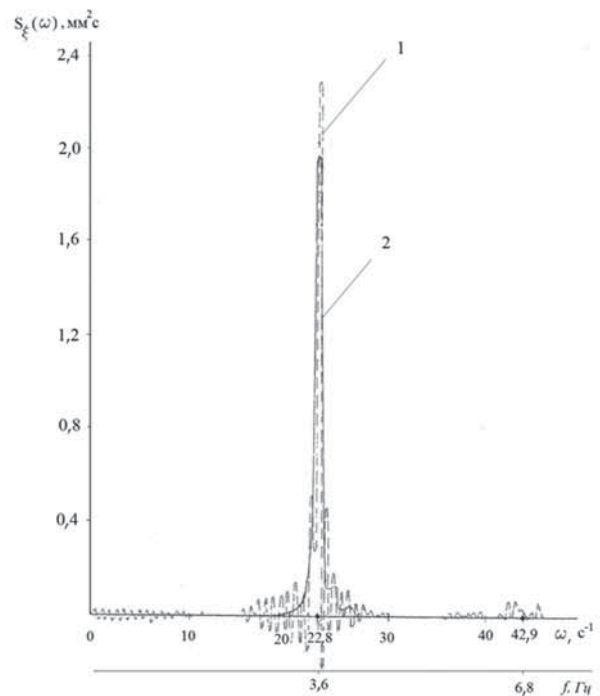


Рис. 4. Зависимость оценок спектральной плотности $S(\omega, \tau_m)$ от τ_m и вида весовой функции: 1 — несглаженный спектр, $\tau_m = 8,34$ с; 2 — сглаженный спектр, весовая функция Парзен-куб [11], $\tau_m = 14,45$ с; собственные частоты: I тон — 3,6 Гц; II тон — 6,8 Гц

Вместе с тем ясно, что выбранные величины τ_m лежат за пределами области достоверности ($\mu_{T1} = 3,3$ с, $\mu_{T2} = 3,53$ с) (см. рис. 1), что объясняется значительным разбросом значений коррелограммы за границей достоверности. С увеличением времени записи T этот разброс уменьшается, а параметр μ_T приближается к τ_m . При соблюдении неравенства $\mu_T \geq \tau_m$ время записи T анализируемого процесса составит примерно 90—120 с.

Поскольку достоверную оценку спектра можно получить при минимальных величинах смещений спектра (16) и дисперсии оценок спектра, то для удовлетворения этих противоречивых требований необходимо ввести сглаживающую весовую функцию $\lambda(\tau)$, назначение которой состоит в оптимизации оценки спектральной плотности и уменьшении дисперсии оценки $S(\omega)$. Исследования, проведенные рядом авторов [11—13] показали, что не существует универсальной весовой функции, пригодной для любых анализируемых процессов. В качестве оптимальной в [13] предлагается выбрать весовую функцию в виде

$$\lambda(\tau) = \frac{1}{(1 + C_K^2(\tau, T))}. \quad (18)$$

При $C_K^2(\tau, T) \leq 1$ значение $\lambda(\tau)$ близко к единице. Этому условию удовлетворяет единичная функция (функция Бартлетта [12]):

$$\lambda(\tau) = \begin{cases} 1 & \text{при } \tau \leq \tau_m \\ 0 & \text{при } \tau > \tau_m \end{cases}. \quad (19)$$

Для ограниченной записи вибрации можно воспользоваться весовой функцией Э. Парзена [11], которая применена при построении графика спектра (см. рис. 4). Как видно из этого рисунка, данная весовая

Таблица 2

Собственные частоты колебаний корпусов судов при движении в различных льдах

Наименование судна	Ледовые условия плавания			Скорость, уз	Резонансная частота по тонам колебаний, Гц				Замеренная частота при контакте с отдельной льдиной, (1 тон)	Средняя амплитуда колебаний носовой оконечности, мм
	Характеристика льда, сплоченность, балл	Толщина льда $h_{л'}$, см	Высота снега $h_{сн'}$, см		I	II	III	IV		
Ледокол «Владивосток»	Крупнобитый, 10 (Восточно-Сибирское море)	150–180	20–30	10,6	2,6	5,1	7,13	10,0	2,56	2,5
Ледокол «Капитан Мелехов»	Сплошной, ровный, зимний (Карское море)	35	0	6–7	3,6	6,8	–	–	3,6	3,1
Ледокол «Капитан Чечкин, (пр. 1105-речной)	Сплошной, ровный (Финский залив)	55	2–5	2,4	0,8	–	–	2,86	0,78	2,8
Дизель-электроход «Обь» (категория УЛА)	Мелкобитый, 7–8 (море Дейвиса, Антарктида)	150	50	3,6	1,67	3,28	4,88	6,37	1,68	3,3
Дизель-электроход «Ванкарем», (пр. 550, категория УЛА)	Мелкобитый, 6–7 (Охотское море)	50–70	20–30	4–5	1,76 – в балласте, 1,56 – в грузу	3,45	–	–	1,7	–

функция существенно улучшает статистические свойства сглаженного спектра (кривая 2) по сравнению с исходным несглаженным (кривая 1).

Из графика (см. рис. 4) следует, что практически вся энергия колебаний корпуса ледокола сосредоточена на резонансной частоте по I тону колебаний $\omega_1 = 22,8 \text{ с}^{-1}$ ($f_1 = 3,6 \text{ Гц}$). Незначительная ее часть фиксируется на частоте II тона $\omega_2 = 42,9 \text{ с}^{-1}$ ($f_2 = 6,8 \text{ Гц}$).

Для сравнения определенных по спектру резонансных и фактических частот колебаний корпусов ледоколов и ледокольно-транспортных судов были выполнены контрольные замеры собственных частот в момент контакта корпуса с отдельно плавающей льдиной. При этом регистрировались низкочастотные вибрации датчиками смещений, ускорений и тензотетрами, установленными по всей длине судна. Полученные результаты сведены в табл. 2 с указанием ледовых условий плавания и скорости судов, а также средних величин смещений носовой оконечности по I тону колебаний. Данные табл. 2 свидетельствуют о хорошей сходимости резонансных и замеренных частот. Некоторое несовпадение отмечается для ледокольно-транспортных судов, что связано с их переменной нагрузкой, поскольку разница в частотах нагруженного судна и в балласте составляет 10–12% (дизель-электроход «Ванкарем»). Средний уровень амплитуд колебаний носовой оконечности ледоколов и ледокольно-транспортных судов значительно превышает нормативные значения, регламентируемые Российским морским регистром судоходства.

Таким образом, на основании рассчитанных спектров колебаний ледоколов и ледокольно-транспортных судов при движении во льдах и сравнения полученных резонансных частот с фактическими можно заключить:

- предлагаемый спектральный метод позволяет с погрешностью менее 1% определить собственную частоту колебаний корпуса;

- установленный асимптотический вид корреляционной функции и спектральной плотности может быть положен в основу расчета спектральных характеристик вибрации проектируемых судов;

- спектральный анализ удобен при расчетах вибрации, поскольку позволяет оперативно определить собственную частоту при обработке экспериментальных материалов, не прибегая к другим методам.

Литература

- Шиманский Ю. А. Динамический расчет судовых конструкций. Л.: Гос. союз. изд-во судостр. пром-сти, 1963.
- Бабаев Н.Н., Лентяков В.Г. Некоторые вопросы общей вибрации судов Л.: Судпроиздат, 1961.
- Кудишкин В. С. Возбуждение вертикальных упругих колебаний корпуса при движении во льдах//Труды ААНИИ. 1973. Т. 309.
- Кудишкин В. С. Спектральный метод исследований упругих колебаний корпуса судна во льдах с учетом внешнего трения//Морской вестник. 2012. № 3(43).
- Grenahder U., Rosenblatt M. Statistical analysis of stationary time series. NewYork, 1956.
- Лившиц Н. А., Пугачёв В. С. Вероятностный анализ систем автоматического управления. М.: Советское радио, 1963.
- Кудишкин В. С. Резонансные колебания корпуса при действии импульсных ледовых нагрузок//Труды ЛКИ. 1978.
- Пугачев В. С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. М.: Гос. изд-во физ-мат. лит-ры, 1962.
- Солодовников В. В. Статическая динамика линейных систем автоматического управления. М.: Гос. изд-во физ-мат. лит-ры, 1960.
- Рождов В. А. Длина реализации и точка усечения коррелограммы как параметры эмпирического спектрального анализа записей волнения//Труды ГОИН. 1968. Вып. 93.
- Парзен Э. Об асимптотически эффективных и состоятельных оценках спектральной плотности стационарного процесса//Математика. 1962. Т. 6. № 6.
- Бартлетт М. С. Введение в теорию случайных процессов. М.: Изд-во иностр. лит., 1958.
- Lomiski Z. A., Zaremba S. K. On the estimation of auto-correlation in time series//Ann. Math. Statist. 1957. Vol. 28.

«АЗОВСКИЕ / КАСПИЙСКИЕ ПЯТИТЫСЯЧНИКИ» — СУХОГРУЗНЫЕ МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СУДА ПРОЕКТА RSD18 ДЛЯ ПОРТА ОЛЯ

Г. В. Егоров, докт. техн. наук, генеральный директор,
В. И. Тонюк, технический директор, главный конструктор
 (ООО «Морское Инженерное Бюро – СПб»,
 e-mail: office@mebspb.com)

УДК 629.553

Классические представления о партионности грузов в море и в реке с учетом реальных путевых условий, по сути, полностью определяют главные параметры судна смешанно-река—море плавания.

Ярким примером такого влияния условий являются сухогрузные суда пр. RSD18. Судостроительная компания — заказчик проекта исходила из того, что судно должно перевозить 5000 т сухого груза, в первую очередь зерна, при осадке 4,2 м в море (порты Азовского и Каспийского морей) и при гарантированной грузоподъемности 3000 т в реке (т. е. в реке быть не хуже судов типа «Омский», в том числе при осадках до 3,2 м). При этом оно должно быть простым, так как предполагалось строительство в Китае, и поэтому относительно недо-

рогим. Отсюда рациональный выбор класса судна по району плавания (II-R2) и по ледовой категории (судно «южного» типа, Лу1-lce1); применение люковых закрытий съемного типа с козловым судовым краном; сухие отсеки в двойном дне, не используемые для размещения балласта (за счет балласта в широких двойных бортах и диптанках); традиционный пропульсивный комплекс с винтами фиксированного шага и, главное, широчайшее использование оборудования китайского производства.

Торжественная церемония начала резки металла корпуса многоцелевого сухогрузного судна дедвейтом 6125/5185 т пр. RSD18 Морского Инженерного Бюро (МИБ) на верфи Hengyu (Нингбо, остров Джоушан, Китай) показана на рис. 1.

Всего на сегодня построено шесть судов этой серии (рис. 2–4). Эти суда в соответствии с принятой в МИБ классификацией [1] относятся к «азовским пятитысячникам», т. е. к классу азовско-каспийских «коастеров», которые имеют при характерной для российских портов Азовского моря и портов Каспия (Астрахань, Нека) осадке 4,2 м грузоподъемность около 5000 т.

Назначение судов пр. RSD18 состоит в транспортировке генеральных, навалочных, лесных, зерновых и крупногабаритных грузов, контейнеров международного стандарта, угля, опасных грузов классов 1.4S, 2, 3, 4, 5, 6.1, 8, 9 и перечисленных в приложении В Кодекса ВС. Эксплуатация предусматривается в Азовском, Черном, Средиземном, Каспийском, Балтийском, Белом, Северном морях, включая рейсы вокруг Европы зимой. Габариты позволяют судам эксплуатироваться также на внутренних водных путях Российской Федерации — через Волго-Донской и Волго-Балтийский каналы. Не случайно компания-заказчик первоначально предполагала перевозку грузов с элеваторов, расположенных на Волге, к клиентам в Турции, Греции, Египте и других странах Африки.



Рис. 1. Церемония начала работ по строительству серии судов



Рис. 2. Судно UCF-1, пр. RSD18 (фото Павла Емельянова)



Рис. 3. Судно UCF-3, пр. RSD18 (фото Павла Емельянова)



Рис. 4. Судно UCF-4, пр. RSD18

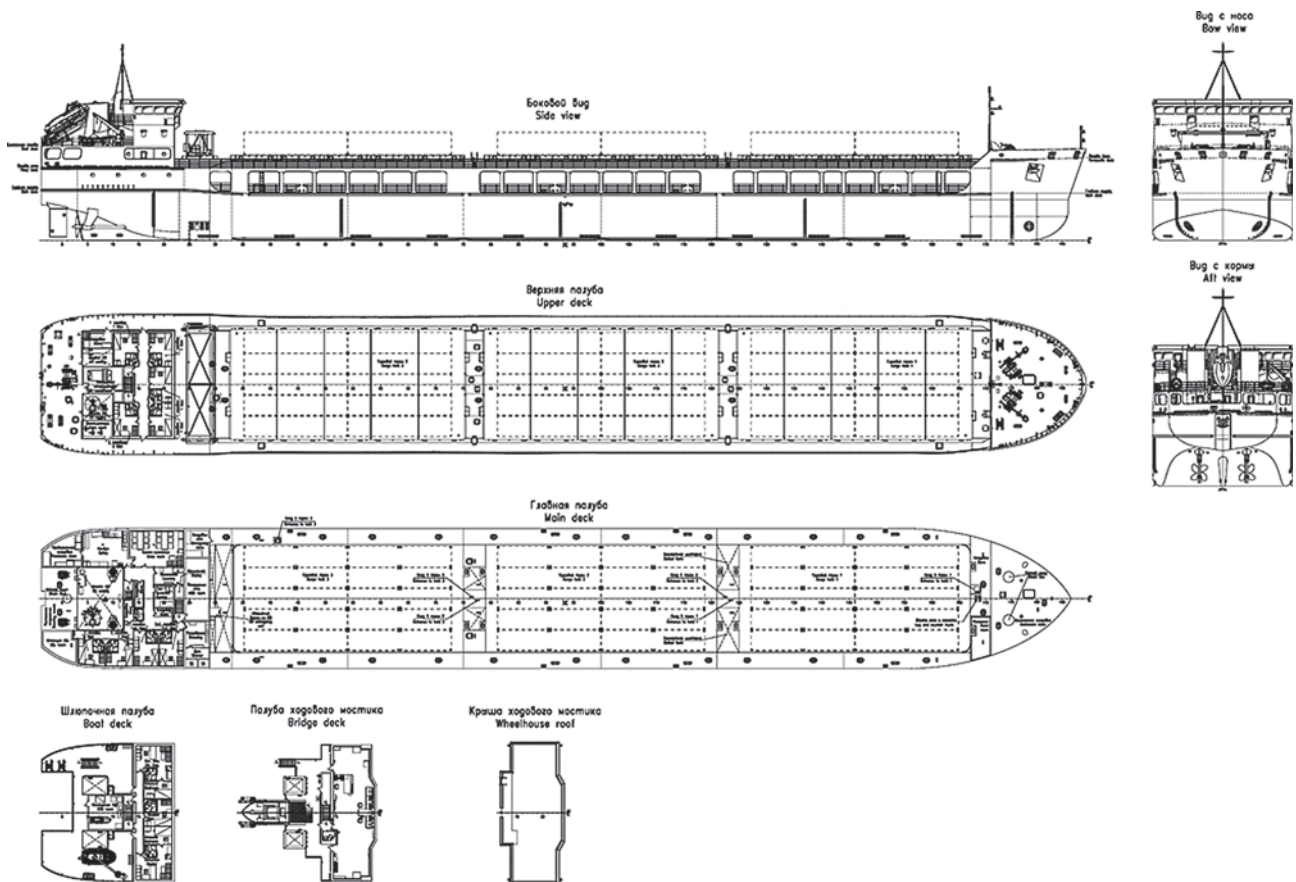


Рис. 5. Общее расположение судна пр. RSD18

Суда могут работать на пониженных осадках в реке 3,2–3,4 м. Например, при осадке 3,4 м в пресной воде дедвейт составляет 3530 т, что позволило заказчику считать этот проект в реке неким современным аналогом сухогрузных судов типа «Омский» (пр. 1743, 1743.1) и соответственно перспективной заменой многочисленных существующих судов пр. 1557, 614, 488А, 488АМ2/3/4, 2-95, 2-95А/Р, 92-13/040, 1743, 1743.1, 1743.3, 1743.7, 05074А, 791, столь популярных у частных судоходных компаний [2].

Проект судна разработан МИБ на класс РС КМ Ice1 R2 АУТ3 и удовлетворяет всем требованиям международных конвенций, действующим на дату закладки соответствующих судов серии.

Архитектурно-конструктивный тип — стальной однопалубный двухвинтовой теплоход, с баком и ютом, с кормовым расположением рубки и машинного отделения, с

двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, тремя трюмами, с наклонной носовой и транцевой кормовой оконечностями (рис. 5).

В носовой оконечности расположены форпик, шахта лага и эхолота, шкиперская, малярная, общесудовая кладовая, а также носовое подруливающее устройство типа «винт в трубе» мощностью 120 кВт.

В кормовой оконечности судна расположены машинное отделение (МО), надстройка юта и трех-

ярусная рубка со служебными и жилыми помещениями для экипажа численностью 12 чел. (14 мест). Ходовой мостик выполнен с круговым обзором и минимальными зонами затенения.

В соответствии с рекомендациями [3] применение продольной системы набора палубы, бортов и днища в средней части в сочетании с увеличением поперечной шпации и одновременном уменьшении шпации продольного набора обеспечило более полное участие пластин корпуса в общем изгибе и лучшее восприятие локальных нагрузок при швартовках, сохранение приемлемого внешнего вида.

Мидель-шпангоут судна приведен на рис. 6.

Трюмы выполнены ящичной формы, гладкостенными, удобными для проведения грузовых работ и размещения груза без штивки. Размеры грузовых трюмов — 27,30 x 12,7 x 8,36 м, что гарантирует размещение трех ярусов контейнеров между-

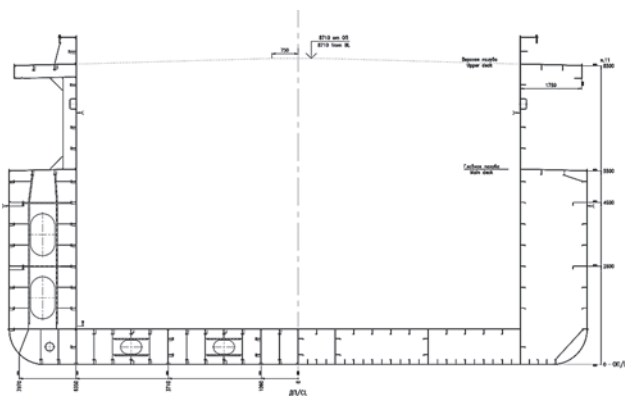


Рис. 6. Мидель-шпангоут судна пр. RSD18



Рис. 7. Люковые закрытия и козловой кран судна пр. RSD18

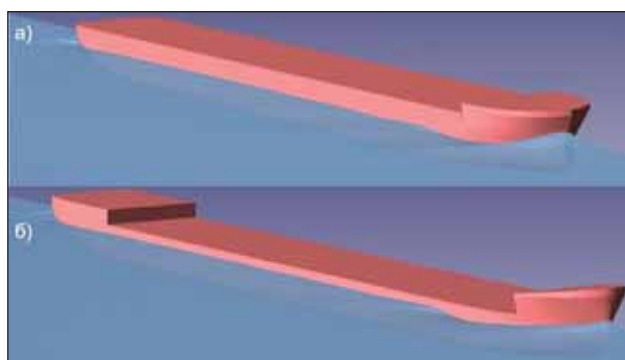


Рис. 8. Волнообразование судов: а — пр. 006RSD05; б — пр. RSD18

народного стандарта высотой до 8,5 футов.

Грузовые трюмы оборудованы съемными люковыми закрытиями типа «Lift Away», впервые примененными в отечественной практике на судах пр. 005RSD03 типа «Карелия» [4] и проекта 003RSD04 типа «Каспийский Экспресс». Секции открываются и закрываются при помощи козлового крана, расположенного «по-походному» у носовой переборки жилой рубки. Одной из особенностей данного типа люковых закрытий является возможность открытия трюма в любом месте путем подъема соответствующей секции закрытия (рис. 7).

Расчетная нагрузка на люковые крышки составляет 3,5 тс/м² (трюм 1) и 2,6 тс/м² (трюмы 2 и 3), что соответствует требованиям Международной конвенции о грузовой марке и дает возможность размещения на них каравана лесных грузов высотой 2,5 м или одного яруса контейнеров максимальной массы.

Теоретический корпус судна, полученный с помощью современных методов CFD-моделирования на осно-

ве создания параметрической трехмерной модели поверхности, имеет цилиндрическую вставку протяженностью 0,621 л, коэффициент общей полноты 0,872, коэффициент полноты ЛГВЛ — 0,933. Основная особенность этих обводов — применение носовой оконечности, ориентированной на батоксную схему обтекания, характерную для широких судов с относительно небольшой осадкой. Корма спроектирована с учетом необходимости размещения традиционного двухвального пропульсивного комплекса и оптимизирована для обеспечения нормальной работы винторулевого комплекса.

Носовая оконечность цилиндрической формы оптимизирована с целью уменьшения волнового сопротивления (см. сравнение волнообразования при движении судов пр. 006RSD05 и RSD18 на рис. 8 и линий тока для этих же проектов на рис. 9).

Движение и управляемость судна обеспечивается двумя открытыми винтами фиксированного шага диаметром 2,6 м и двумя подвесными балансируемыми рулями (рис. 10). Греб-

ные винты выполнены из легированной стали и имеют следующие характеристики: четырехлопастные, дисковое отношение — 0,55, шаговое отношение — 0,7, шаг винта — 1,82 м. Направление вращения: винт правого борта — правое, винт левого борта — левое. Привод к винтам механический через редукторы от главных дизелей. Площадь каждого пера руля — 6,6 м². Рулевое устройство обеспечивает перекладку полностью погруженных рулей с 35° одного борта на 35° другого борта при максимальной скорости переднего хода и перекладку рулей с 35° одного борта на 30° другого борта за время не более 28 с при максимальной осадке.

Корпус судна, подкрепленный на ледовую категорию Ice 1, рассчитан на круглогодичное плавание в незамерзающих морях, в мелководном разреженном льду толщиной 0,4 м со скоростью 5 уз; плавание в канале за ледоколом в сплошном льду толщиной 0,35 м со скоростью 3 уз,

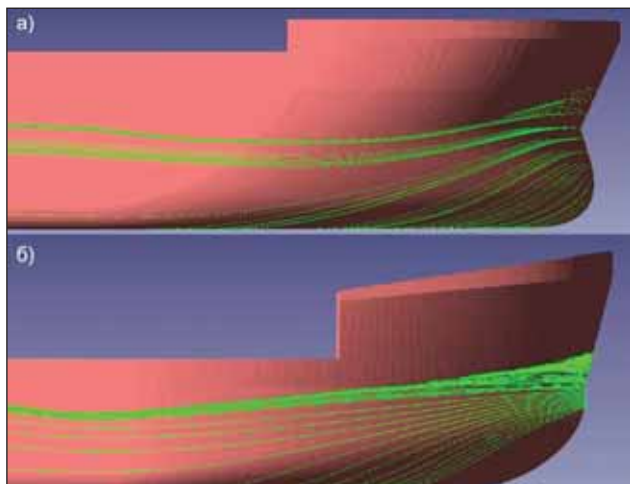


Рис. 9. Линии тока у носовой оконечности (боковой вид) судов: а — пр. 006RSD05; б — пр. RSD18



Рис. 10. Вид на винторулевой комплекс теплохода UCF-2



Рис. 11. Установка главного двигателя на судно



Рис. 12. Кормовой якорь

а также работу в условиях продленной навигации в реках соответственно ледовому классу Ice 1 при температуре наружного воздуха -20°C . Расчетная температура наружного воздуха $+30^{\circ}\text{C}$ при влажности 65% летом и -25°C при влажности 85% зимой, температура воды от $+27^{\circ}\text{C}$ до 0°C соответственно.

Выбранная ледовая категория обеспечивает зимнюю эксплуатацию в Азовском и Каспийском морях.

В качестве материала основных конструкций корпуса применяется судостроительная сталь категорий PCD36, PCA36, PCD и PCA. Верхняя часть непрерывных продольных комингсов люков и верхняя палуба выполнены из судостроительной стали категории PCD36 с пределом текучести 355 МПа. Элементы конструкций палуб бака и юта, жилая надстройка — из стали категории PCA.

Корпус имеет двойное дно, двойные борта, главную и верхнюю палубы с шириной раскрытия 0,77В, непрерывные продольные комингсы грузовых люков высотой 3810 мм (от главной палубы). Высота двойного дна 1000 мм, ширина бортовых цистерн 1900 мм.

Продольные комингсы грузового трюма установлены в плоскости продольных переборок трюма. За счет применения высоких непрерывных комингсов люков удалось повысить стандарт общей прочности при увеличении грузоподъемности в море и грузовместимости.

Между трюмами расположены вертикальные

диптанки для балласта. Применение диптанков исключило подпалубные карманы в трюмах, тем самым полностью отсутствуют работы по штивке грузов и улучшены условия зачистки трюмов.

Наличие на судне диптанков и широких вторых бортов также дало возможность выполнить в двойном дне сухие отсеки и не использовать указанные отсеки для размещения балласта. Это, в свою очередь, позволило уменьшить вес металлических конструкций двойного дна и увеличить срок службы антикоррозионных покрытий. Понятно, что отсеки второго дна являются наименее ремонтпригодными и исключение приема балласта в них дает реальный экономический эффект при выполнении освидетельствований и ремонта судна.

Поперечные переборки выполнены плоскими. Верхняя и главная палубы, днище и второе дно, борт и второй борт выполняются по продольной системе набора, в оконечностях и МО — по поперечной системе набора.



Рис. 13. Спасательная и дежурная шлюпки в кормовой части судов

Второе дно рассчитано на интенсивность распределенной нагрузки $7,5\text{ тс/м}^2$, а также на работу рейфером.

Исходя из результатов расчетного определения сопротивления судна в состав главной энергетической установки включены два среднеоборотных дизеля китайского производства фирмы W-CXZ, выпускаемые по лицензии MAN B&W, со спецификационной максимальной длительной мощностью 1120 кВт каждый (рис. 11). Главные двигатели работают на тяжелом (IFO 180) и дизельном топливе.

Запасы топлива размещаются в диптанках в районе носовой переборки МО.

Электроэнергетическая установка сухогруза состоит из трех дизель-генераторов мощностью по 160 кВт и одного аварийного дизель-генератора мощностью 80 кВт. Приводные двигатели генераторов работают на дизельном топливе.

Предусмотренные судовые устройства обеспечивают выполнение всех требований надзорных органов к судам данного типа.

Спуск и подъем носовых и кормовых якорей выполняется якорно-швартовными лебедками. Якоря убираются в ниши (рис. 12).

В качестве спасательных средств используется спасательная свободнопадающая шлюпка вместимостью 16 чел., спускаемая устройством гравитационного типа с гидравлической шлюпочной лебедкой как методом свободного падения, так и контролируемым спуском (рис. 13), а также два плота вместимостью по 16 чел.

Сравнение основных характеристик сухогрузного судна пр. RSD18 и подобных судов

Характеристика	пр. RSD18	пр. RSD17	пр. 005RSD03	пр. 00101 «Русич»	пр. 1572	пр. 1588
Класс судна	КМ Ⓢ Ice 1 R2 AUT3	КМ Ⓢ Ice2 R1 AUT1	КМ Ⓢ Ice2 R2 AUT3	КМ Ⓢ ЛУ2 I A1	КМ Ⓢ Л3 I I	КМ Ⓢ Л1 I I A2
Длина наибольшая, м	123,18	121,70	108,33	128,20	123,50	124,40
Длина между перпендикулярами, м	118,63	116,94	102,20	122,80	117,00	116,80
Ширина габаритная, м	16,70	16,70	16,70	16,74	15,20	16,42
Ширина, м	16,50	16,50	16,50	16,50	15,00	16,12
Высота борта, м	5,50	6,20	5,50	6,10	6,50	7,50
Кубический модуль, LBN	11314	12601	9950	13091	12202	15320
Валовая вместимость, GT	4879	4922	4182	4960	3712	4724
Чистая вместимость, NT	2618	2841	2373	2140	1786	1959
Объем грузовых трюмов (по нижнюю кромку люковых закрытий), м ³	8595	9300	7833	8090	6070	6800
Количество грузовых трюмов	3	3	3	3	4	4
Контейнеровместимость всего / в трюмах, TEU	240 / 180	234 / 174	225 / 165	267 / 180	—	165 / 111
Количество х мощность, кВт и тип главных двигателей	2x956	1x2450	2x1020	2x1140	2x810 8ДР30/50-4-2	2x1103 6ЧРНП 36/45
Скорость при осадке по ЛГВЛ, уз	11,0	11,5	12,0	11,0	11,7	12,5
Двигательно-рулевой комплекс	2 винта + 2 руля	1 ВРШ + руль	2 ВРК	2 винта + 2 руля	2 винта + 2 руля	2 винта + 2 руля
Мощность вспомогательных ДГ, кВт	3x160	1x500 (ВГ) + 2x160	2x160	3x160	3x100	3x160
Мощность аварийного ДГ, кВт	1x80	1x160 (аварийно- стояночный)	1x85	1x85	—	—
Мощность подруливающего устройства, кВт	120	300	85	160	—	—
Автономность, сут	20	20	15	20	20	30
Экипаж / количество мест	12 / 14	12 / 14	9 / 11	10 / 12	27 / 31	25
Масса судна порожнем, т	2351	2258	1988	2540	2050	2650
Масса металлического корпуса, т	1425	1419	1139	1650	1275	1710
Осадка по ЛГВЛ, м	4,67	5,06	4,792	4,34	4,855	5,84
Дедвейт, т	6125	6354	5491	5485	4723	6078
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	1,48	1,59	1,51	1,54	1,37	1,20
Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту	0,723	0,738	0,734	0,683	0,697	0,696
Энергозатраты на единицу транспортной производительности, мощность / (дедвейт х скорость), кВт(т·уз)	0,0283	0,0335	0,0310	0,0378	0,0293	0,0290
<i>При осадке 4,5 м в море</i>						
Дедвейт, т	5753	5346	4993	5810	4145	3836
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	1,59	1,92	1,67	1,45	1,58	1,98
Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту	0,710	0,703	0,715	0,696	0,669	0,591
<i>При осадке 4,2 м в море</i>						
Дедвейт, т	5175	4813	4482	5190	3673	3353
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	1,78	2,15	1,87	1,63	1,80	2,30
Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту	0,688	0,681	0,693	0,671	0,642	0,559
<i>При осадке 4,0 м в пресной воде</i>						
Дедвейт, т	4619	4297	3993	4630	3237	2897
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	2,01	2,44	2,12	1,84	2,06	2,72
Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту	0,663	0,656	0,668	0,646	0,612	0,522
<i>При осадке 3,8 м в пресной воде</i>						
Дедвейт, т	4250	3954	3662	4260	2940	2590
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	2,20	2,69	2,33	2,01	2,29	3,10
Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту	0,644	0,637	0,648	0,626	0,589	0,494
<i>При осадке 3,6 м в пресной воде</i>						
Дедвейт, т	3882	3612	3322	3880	2645	2285
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	2,42	2,98	2,59	2,22	2,58	3,60
Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту	0,623	0,615	0,626	0,604	0,563	0,463

Плот, установленный по правому борту на шлюпочной палубе, — спускаемого типа, в районе носовой оконечности — сбрасываемый плот вместимостью 6 чел. На шлюпочной палубе по правому борту установлена также дежурная шлюпка вместимостью 6 чел. Подъем и спуск дежурной шлюпки и спускаемого плота осуществляется краном.

Состав средств связи предусмотрен в объеме требований Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ) для морских районов А1+А2+А3. Комплекс современного судового радиооборудования обеспечивает связь при бедствиях и безопасность мореплавания, а также эксплуатационную связь общего назначения.

Гирокомпас с репитерами, главный магнитный компас, лаг, эхолот, приемоиндикатор GPS, две радиолокационные станции, а также АИС обеспечивают судоводителя и системы-потребители навигационной информацией.

Для приема и выдачи балласта на судне предусмотрена балластно-осушительная система, обслуживаемая двумя электроприводными центробежными насосами.

Управление судном, главной энергетической установкой, винторулевым комплексом, подруливающим устройством, радионавигационными средствами осуществляется из центрального объединенного поста управления в рулевой рубке. Автоматизированная система предусматривает управление судном без несения постоянной вахты в машинном отделении. Объем и степень автоматизации технических средств судна соответствует знаку автоматизации А3 в символе класса судна в соответствии с Правилами РС.

Для размещения экипажа численностью 12 чел. и 2 практикантов предназначаются две одноместные блок-каюты, восемь одноместных кают и одна двухместная каюта с санузлом и душем.

Как известно, среди сухогрузных судов смешанного река—море плавания особое положение [5] занимают суда пр. 1557, 614, 488А, 488АМ2/3/4, 2-95, 2-95А/Р, 92-13/040, 1743, 1743.1, 1743.3, 1743.7, 05074А, 791 грузоподъемностью в реке при осадках 3,4—3,6 м около 3000 т. Они составляют

примерно 60% от общего числа судов подобного назначения и являются основным транспортным средством значительной части российских судоходных компаний. Особая роль этих судов состоит в том, что грузоподъемность 3000 т соответствует исторически сложившейся на отечественном рынке партионности, равной массе груза, перевозимого одним железнодорожным составом из 50—52 вагонов. Это обстоятельство позволяет транспортировать массовые грузы из речных портов России в порты Европы и Средиземного моря без промежуточного хранения на складах порта и соответственно без дополнительных расходов на перегрузку и хранение.

Принципиальное отличие работы судов данного класса в современных экономических условиях заключается в интенсивной эксплуатации в осенне-зимний период с морских портов, где проходные осадки больше, чем в реке, что позволяет увеличить морскую грузоподъемность до уровня, соответствующего минимальному надводному борту по требованиям Международной конвенции о грузовой марке.

Средний возраст судов класса «Волго-Балт»/«Сормовский» в настоящее время составляет более 30—35 лет, что обуславливает настоятельную необходимость пополнения флота новыми судами с такой же речной грузоподъемностью — судами пр. RSD18. При этом на типичных в азовских портах осадках около 4,2 м суда пр. RSD18 будут заменой для широко известных серий судов грузоподъемностью около 5000 т типа «Волго-Дон»/«Волжский», средний возраст которых также перевалил за 30—35 лет.

Именно для такой цели заказчик проекта предполагал применять сухогрузные суда пр. RSD18.

Однако в действительности эти суда сегодня используются как каспийские с характерной в портах Каспия (Астрахань, Оля, Махачкала, Нека) грузоподъемностью около 5000 т, с возможностью перевозки грузов (при неполной грузоподъемности) по Волго-Донскому судоходному каналу.

Анализ фактических грузопотоков 2004—2007 гг. показал, что основным каспийским грузом, следующим из портов России в Иран, был

металлопрокат (до 85% от общего объема), который применяется в качестве полуфабриката для иранской промышленности, а также лес, бумага и другие генеральные грузы в относительно небольшом количестве. Из Казахстана в Иран отмечают поставки фуражного зерна.

В порту Астрахань в 2006 г. было перегружено 2160,3 тыс. т металлопродукции, 339,1 тыс. т пиломатериалов, 87,4 тыс. т бумаги и 17,2 тыс. т зерна. Кроме того, в контейнерах было перевалено 97,4 тыс. т генеральных грузов. 94,5% экспортных грузов были отправлены в порты Ирана. В 2010 г. было перевалено 5748,4 тыс. т сухогрузов (из них 4752,4 тыс. т металла, 417,5 тыс. т пиломатериалов, 149,0 тыс. т зерна, 106,8 тыс. т генеральных грузов в контейнерах), а в 2011 г. — 3270,6 тыс. т сухогрузов. Осуществляются операции с опасными грузами 3, 4, 5, 8 и 9 классов опасности.

В порту Оля в 2010 (2011) г. было переработано 1054 (564,6) тыс. т сухих грузов, из них 989,5 (449,5) тыс. т металла. Осуществляются операции с опасными грузами 1, 2, 3, 4, 5, 8 и 9 классов опасности.

В порту Махачкала в 2010 (2011) г. было переработано 837,1 (577,1) тыс. т сухих грузов. При этом в 2011 г. кокс составил 193,1 тыс. т, металл — 217,5 тыс. т. Осуществляются операции с опасными грузами 3, 4, 5, 8 и 9 классов опасности.

В 2012 г. российские порты Каспия перевалили 4,650 млн т сухих грузов (691 тыс. т зерна, 2462 тыс. т черного металла, 353 тыс. т леса и др.).

По итогам 2013 г. в морских портах Каспийского бассейна объём перевалки сухогрузов составил 3,0 млн т (–33,8% по отношению к 2012 г.). Снижение объёма перевалки сухогрузов произошло в основном за счёт уменьшения перегрузки чёрных металлов (в 2,8 раза) и зерна (в 1,7 раза).

По итогам 2014 г. вследствие роста объёма перевалки зерна, чёрных металлов, тарно-штучных и лесных грузов объём перевалки сухогрузов достиг уровня 3,5 млн т, что на 14,2% больше уровня 2013 г.

При этом рост грузооборота ПАО «Астраханский порт» в 2014 г. составил 150% за счет увеличения объёмов перевалки зерна и чёрных



Рис. 14. Спуск на воду судна UCF-2 пр. RSD18 в Китае. Начало движения судна по стапельным «бананам»



Рис. 15. Спуск на воду судна UCF-2 пр. RSD18 в Китае. Кормовая оконечность уже в водоизмещающем положении, носовая продолжает скользить по «бананам»

металлов; грузооборот ОАО ГК «Армада» вырос на 42,7% из-за увеличения объемов перевалки чёрных металлов. Сократили показатели объемов перевалки грузов ОАО «Морской торговый порт Оля» на 15,1% вследствие уменьшения объемов перевалки черных металлов, ООО ПКФ «Центральный грузовой район» на 44,8% из-за уменьшения перевалки навалочных и генеральных грузов.

По итогам 2015 г. объем перевалки сухогрузов составил 3,1 млн т. При этом объем перевалки зерна вырос на 38,3% (1275 тыс. т), объем металла составил 918 тыс. т (примерно столько, сколько в 2014 г.).

В связи с этим представляет интерес сопоставление технико-эксплуатационных характеристик судна пр. RSD18 с соответствующими характеристиками каспийских и наиболее близких к ним судов-аналогов — типа «Кишинев» (пр. 1572), типа «Василий Шукшин» (пр. 1588) и типа «Русич» (пр. 00101), а также новых судов пр. 005RSD03 типа «Карелия» и пр. RSD17 типа «Мирзага Халилов».

Согласно данным таблицы, при осадке по ЛГВЛ коэффициент использования водоизмещения по дедвейту находится на уровне других новых проектов МИБ, при этом энергозатраты на единицу транспортной производительности наименьшие, т. е. стоимость перемещения одной тонны груза с точки зрения расхода топлива меньше, чем у проектов-конкурентов, в том числе превосходит лучший по этому показателю из существующих судов пр. 1588 (на 2,5%).



Рис. 16. Спуск на воду судна пр. RSD18 в Китае. Судно после спуска на рейде завода

В целом удельные показатели при других осадках пр. RSD18 примерно такие же, как у судов пр. 005RSD03 типа «Карелия», которые также сейчас применяются как «каспийские» сухогрузы, но при этом у пр. RSD18 больше дедвейт по абсолютному значению (это и понятно, так как судно имеет большую длину). Таким образом, при работе в портах Каспийского моря (в иранских и туркменских портах осадка 4,5 м) суда пр. RSD18 будут иметь экономические преимущества по сравнению со всеми другими судами, за исключением судов типа «Карелия».

При работе в море при осадке 4,2 м и в пресной воде с осадками 4 м и менее близкие результаты дают суда типа «Русич», но при этом суда пр. RSD18 имеют меньшие размеры и поэтому дешевле в постройке (что, собственно, и было поставлено как проектная «сверхзадача»).

Головное судно серии UCF-1 (ныне «Порт Оля-2», стр. номер RU-WH01) было заложено на верфи «Хуа Ся» (г. Ухань, провинция Хубэй, Китай) 20.04.2007 г., спущено на воду — 7.10.2009 г., сдано в эксплуатацию верфью «Ванлонг» в городе

Янжжоу (река Янцзы, Китай) 18.10.2012 г.

Второе судно серии UCF-2 (стр. номер RU-WH02) было заложено 20.04.07 г. на верфи «Хуа Ся», спущено на воду 29.05.10 г. (рис. 14—16).

Третье судно серии «Dragon Port» (ныне «Seraphima», стр. номер RU-WH03) было заложено 15.06.2007 г. на верфи «Хуа Ся», спущено на воду 16.06.10 г., достроено и сдано в эксплуатацию верфью «Hengyu» 19.09.2011 г.

Четвертое судно серии UCF-4 (ныне «Порт Оля-3» стр. номер RU-WH04) было заложено 15.06.2007 г. на верфи «Хуа Ся», спущено на воду 25.06.2010 г., достроено и сдано в эксплуатацию верфью «Hengyu» 19.09.2011 г.

Пятое судно серии «Порт Оля-1» (стр. номер 1) было заложено 8.05.2010 г. на верфи «Hengyu», сдано в эксплуатацию верфью «Ванлонг» 5.08.13 г.

Шестое судно серии UCF-6 (стр. номер 2) было заложено 8.05.2010 г. на верфи «Hengyu», сдано в эксплуатацию 26.12.14 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Г. В. Обновленная линейка многоцелевых сухогрузных судов смешанного плавания и коастров Морского Инженерного Бюро//Морская Биржа. 2011. №3 (37).
2. Егоров Г. В. Сухогрузные суда смешанного плавания. Перспективы существующего флота//Проблемы техники. 2012. №2.
3. Егоров Г. В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. СПб.: Судостроение, 2007.
4. Егоров Г. В., Тонюк В. И. Двенадцать многоцелевых сухогрузных судов дедвейтом 5500 тонн проекта 005RSD03 типа «Россиянин»//Судостроение. 2015. №1.
5. Егоров Г. В. Сухогрузные суда в экономике России XXI века//Морская Биржа. 2012. №4 (42).

КОНФЕРЕНЦИЯ «ПОЛЯРНАЯ МЕХАНИКА–2016»

В 26–30 сентября 2016 г. во Владивостоке была проведена третья конференция «Полярная механика». Местом проведения был кампус Дальневосточного федерального университета на острове Русский. В отличие от предыдущих конференций, которые проводились в 2012 г. Институтом гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН в Академгородке Новосибирска¹ и в 2014 г. ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (КГНЦ) в Санкт-Петербурге², данная конференция изменила статус и стала международной. В числе участников конференции были представители Москвы, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Новосибирска, Барнаула, Владивостока, Комсомольска-на-Амуре и Биробиджана, а также китайские специалисты из университетов Харбина и Тяньжина.

Целью конференции являлось обсуждение наиболее важных научных и инженерных достижений полярной механики, обмен опытом и результатами исследований, выполненных представителями научных, научно-технических, инженерных и других коллективов, а также определение приоритетных направлений развития. По результатам работы конференции выпущен сборник докладов объемом 1096 с. на CD диске.

Работа конференции началась с пленарного заседания, на котором было заслушано четыре доклада: «Перспективы развития судостроения и судоремонта в Дальневосточном регионе» директора АО «Дальневосточный завод «Звезда» Ю. А. Фильченка, «Экспериментальные исследования в новом ледовом бассейне Крыловского государственного научного центра» заместителя генерального директора КГНЦ О.Я. Тимофеева, «Современные проблемы прикладной гидродинамики» г.н.с. Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН И. В. Стуровой и «Проблемы проектирования и строительства морских шельфовых сооружений в арктических условиях» директора Инженерной школы ДВФУ А. Т. Беккера.

Работа конференции проходила в пяти секциях: «Ледовая механика», «Судостроение и навигация», «Мерзлотоведение и материаловедение», «Арктическая инфраструктура» и «Гидродинамика». На секции «Ледовая механика» наибольший интерес вызвал доклад Д.А. Зайкина с соавторами, посвященный практическому применению разработанной авторами методики разрушения нагромождения обломков льда вблизи ледостойких платформ. При взаимодействии таких платформ со льдом у их борта происходит формирование нагромождения льда, которое часто садится на грунт. Такое нагромождение препятствует выполнению технологических операций по снабжению платформы и отгрузке с нее добытой продукции. Авторами предложена простая методика, заключающаяся в удалении с помощью экскаватора, установленного на одном из судов снабжения, надводной части ледяного образования. Благодаря удалению надводной части образования, весовая нагрузка на него снижается, и образование всплывает, отрываясь от платформы под действием сил плавучести. Эффективность предложенной методики была подтверждена натурными экспериментами, выполненными у платформы «Приразломная».

В докладе А.И. Костылева был представлен обзор применяемых в настоящее время методов управления ледовой обстановкой для снижения ледовой нагрузки на инженерные сооружения. В этом же докладе были обсуждены алгоритмы эффективного управления ледовой обстановкой, в том числе и разработанные автором. Доклады китайских специалистов были посвящены изучению взаимодействия со льдом ледостойких платформ, установленных в заливе Бохай. Большая группа докладов, посвященных на секции, была посвящена теоретическому (численному) и экспериментальному исследованию различных физико-механических свойств льда.

В докладах на секции «Судостроение и навигация», был обсуж-

ден широкий круг проблем, связанных с арктическим судостроением. В сообщении А.И. Фисенко были рассмотрены риски организации морского грузового транзита по Северному морскому пути и предложены меры по их снижению. Технология проведения модельных и натурных испытаний судов во льдах была рассмотрена в докладах Н.А. Таранухи и К.Е. Сазонова. Доклад А.А. Добродеева был посвящен анализу методов проводки во льдах современных крупнотоннажных судов, а также разработке новых технических средств для создания широкого ледяного канала во льдах. Группа докладов была посвящена различным вопросам прочности судов, эксплуатируемых во льдах. В докладе чл.-корр. РАН Р.В. Гольдштейна и Н.М. Осипенко (ИПМ РАН) были рассмотрены механизмы образования ледяных нагромождений перед ледостойкими сооружениями.

Среди докладов, представленных на секции «Мерзлотоведение и материаловедение», необходимо выделить сообщения В.М. Корнева и В.Д. Кургузова. В первом докладе рассматривались вопросы, связанные с распространением усталостных трещин и разрушением стальных конструкций при температурах ниже порога хладоломкости. Во втором докладе были озвучены результаты изучения перехода от квазивязкого к квазихрупкому разрушению сварных швов под воздействием низких температур. Очевидно, что эти вопросы являются достаточно важными для арктического судостроения. Также в этой секции были представлены доклады по морозному разрушению и истиранию льдом бетона. Определенный интерес представляет доклад Н.К. Васильева с соавторами, посвященный применению ледяных и льдогрунтовых композитов в северной строительной-климатической зоне.

Большая часть докладов, прозвучавших на секции «Арктическая инфраструктура», была посвящена вопросам создания энергетических установок, использующих возобнов-

¹ Сазонов К.Е. Конференция «Полярная механика 2012» // Судостроение. 2012. № 4.

² Сазонов К.Е. Конференция «Полярная механика 2014» // Судостроение. 2014. № 4.

ляемые источники энергии. Сообщения были посвящены оценке ветроэнергетических ресурсов полярных регионов России, особенностям проектирования фундаментов установок в условиях вечной мерзлоты и при морском базировании, выбору оборудования для таких установок. Интересный доклад, посвященный численному моделированию поведения плавучих ледостойких платформ при действии ровного льда, был представлен С. А. Фроловым с соавторами.

На секции «Гидромеханика» рассматривались вопросы, связанные с различными аспектами возбуждения и распространения изгиб-

но-гравитационных волн на акваториях с ледяным покровом.

В последний день конференции был организован технический тур на АО «ДВЗ «Звезда», в ходе которого была представлена возможность ознакомиться с ходом строительства новой верфи. Участникам конференции были показаны готовые цеха металлообработки и покрасочные камеры, а также сооружаемый в настоящее время стапель. Представители завода подробно рассказали о перспективах развития верфи и показали новое технологическое оборудование.

Во время проведения конференции прошло заседание организа-

ционного комитета, на котором обсуждались организационные вопросы. Было решено закрепить за конференцией статус международной и проводить ее ежегодно. Также было принято решение о принятии специальных мер для размещения трудов конференции в международной базе Scopus. Следующую конференцию ориентировочно планируется провести в 2017 г. в Санкт-Петербурге.

К. Е. Сазонов,
член оргкомитета конференции,
докт. техн. наук, начальник
лаборатории морской ледотехники
ФГУП «Крыловский ГИЦ»

ПЕРВЫЙ ШАГ В ПРАВИЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ

В. А. Дубровский, докт. техн. наук

УДК 629.5.022.2/.3

Похоже, наконец-то предложен первый скоростной катамаран¹ с существенной аэродинамической разгрузкой (рис. 1).

Казалось бы, очевидно, что для снижения воздушного сопротивления соединяющую корпуса скоростного многокорпусного судна конструкцию нужно выполнять обте-

каемой. Но при этом придание ей формы крыла, расположенного с некоторым углом атаки, позволит получить и аэродинамическую подъемную силу. Это уменьшит осадку на ходу и тем самым снизит гидродинамическое сопротивление.

Так что построенный катамаран с аэродинамической разгрузкой —

шаг в совершенно правильном направлении.

Надо отметить, что наличие воздушного крыла приведет также к некоторому снижению качки и вертикальных ускорений, поскольку это крыло обеспечивает дополнительное демпфирование вертикальных колебаний.

Важно отметить, что здесь все необходимые помещения расположены в крыловидной платформе, что определяет ее минимальную высоту.

Но такое техническое решение влечёт за собой последствие, которое явно не было предусмотрено авторами: существенно снижается продольная устойчивость движения на полном ходу при наличии порывистого ветра.

Высокая скорость и большая аэродинамическая подъемная сила увеличивают вероятность переворота катамарана через корму при совпадении сильного порыва встречного ветра и мгновенного дифферента на корму при качке. Центр давления надводного крыла находится примерно на четверти его хорды от носика. А центр масс судна в целом — в районе миделя. В результате неизбежен дифферентующий на корму ветровой момент, а рост дифферента на корму вызывает дальнейшее увеличение угла атаки надводного крыла и подъемной силы, что и становится часто причиной аварий гоночных катамаранов.

Кроме того, при глубоком глиссировании (число Фруда по водоизмещению одного корпуса более 4) корпуса с большим удлинением, ха-



Рис. 1. 10-метровый прототип скоростного судна с аэродинамической разгрузкой. Полное водоизмещение 4,5 т, скорость 40 уз при мощности двигателя 2 x 200 л. с. (фото Christophe Breschi)

¹ Advanced Aerodynamic Vessels, www.aavessels.com

ракетные для катамаранов, не оптимальны. С точки зрения гидродинамического качества лучше иметь корпус малого удлинения.

Обе эти проблемы решаются переходом от двух корпусов к трём, расставленным «стрелой»: один впереди и два сзади. Надводное крыло, понятно, размещается над кормовыми корпусами. В результате центр давления надводного крыла можно разместить несколько кормовее центра масс судна (за счёт рационального выбора выдвига носового корпуса по отношению к кормовым). Поэтому судно приобретает свойство «самостабилизации»: порыв встречного ветра вызывает небольшой дифферент на нос, что снижает угол атаки надводного крыла и его подъёмную силу.

При этом появляется новая возможность: различные углы носового и кормовых корпусов относительно надводного крыла. Соотношение этих углов атаки делает «самоустанавливающимся» угол атаки надводного крыла на тихой воде. (Попутно необходимо отметить, что для удобства перемещения пассажиров и команды в надводном крыле, где размещаются салоны и каюты, угол ходового дифферента не должен превышать (примерно) 3 градуса. Но при этом профиль надводного крыла должен быть несимметричным, что в сумме с ходовым дифферентом обеспечит эффективный угол атаки надводного крыла около 10—12 градусов, а это даёт обычно наибольшее аэродинамическое качество при заданном удлинении крыла.)

Как на любых глиссерах, могут применяться интерцепторы, удобно размещаемые на транцах корпусов.

Для существенного повышения мореходности рассматриваемого трёхкорпусного судна целесообразно применить «рассекающие волну» носовые оконечности всех корпусов. При этом существенно снижаются как амплитуды продольной качки, так и все виды ускорений, включая ударные. (Надо отметить, что при достаточно высоких скоростях хода такое судно никогда не попадёт в условия попутного волнения, так что при выборе формы кормовых оконечностей корпусов можно пренебречь возможностью такого волнения.)

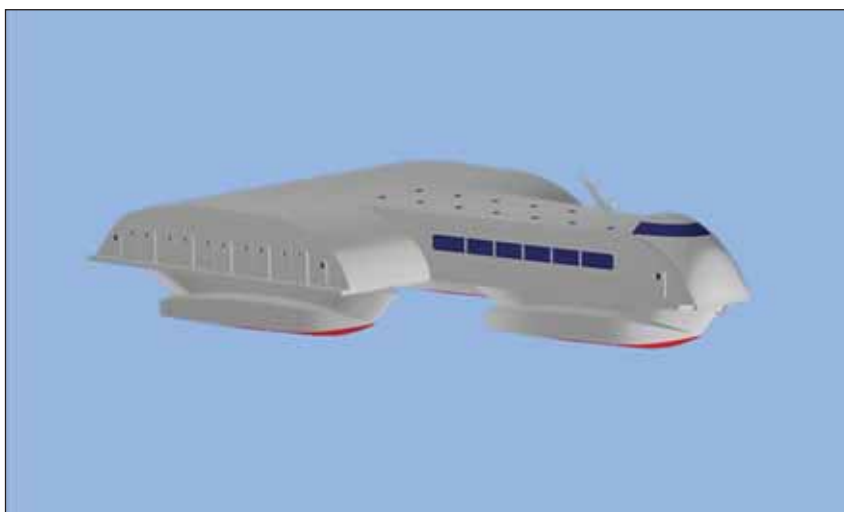


Рис. 2. Предполагаемый внешний вид автомобильно-пассажирского паромов со скоростью 100 уз в полном грузу

Таким образом, в результате нескольких усовершенствований построенного катамарана, можно получить намного более эффективную схему: «рассекающий волны» суперглиссирующий тримаран с аэродинамической разгрузкой, сокращённо — РВТ.

Именно этот тип судна был запатентован автором в 1998 г.¹. На рис. 2 показан предполагаемый внешний вид автомобильно-пассажирского паромов этого типа (24 автомобиля, 100 пассажиров, 100 уз в полном грузу, водоизмещение около 300 т).

Со времени патентования концепция РВТ была описана в нескольких статьях как в России, так и за рубежом (см. перечень литературы). Тем не менее, французская фирма, построившая катамаран, показанный на рис. 1, начала заново «изобретать велосипед», да ещё и с квадратными колёсами...

Испытания в буксировочном и мореходном бассейнах, а также в аэродинамической трубе Крыловского центра, и расчётные оценки веса корпуса показали, что использование РВТ позволило увеличить скорости пассажирских и автомобильно-пассажирских паромов примерно вдвое по сравнению с достигнутым сегодня уровнем — при повышении расчётной интенсивности волнения на один балл.

Литература

1. Дубровский В. А. От центра Санкт-Петербурга до центра Хельсинки за 3 часа // Морской журнал. 1995. № 1.

2. Дубровский В. А. Два новых типа скоростных многокорпусных судов с повышенной мореходностью // Труды 12-й конференции по проектированию судов памяти Р. Алексеева, 1997.

3. Dubrovsky V. Wave Piercing Trimaran: More Speed, Better Seakeeping // Asian Shipping. 1999. April.

4. Dubrovsky V. Wave-piercing trimarans target speed step-change // Speed at Sea. 1999. October.

5. Dubrovsky V. Speed Doubling: Economy Estimation. Brodogradnja. 2001. Vol. 49. № 3.

6. Dubrovsky V. Trimaran ocean racer is dynamically stabilized // Speed at Sea. 2001. August.

7. Dubrovsky V. Motion of Wave Piercing Trimaran: Test Data and a Comparison with the Motion of Other Vessels // RINA International Conference on High Speed Craft Technology and Operation Papers. 2002. November 2002.

8. Dubrovsky V. Speed Doubling in the Mediterranean Sea: from the Idea to Financial Comparison // Proceedings of 8-th International Marine Design Conference. 2003. Vol. 2.

9. Дубровский В. А. Сверхскоростное судно как элемент паромной переправы С. Петербург — Калининград // Судостроение. 2003. № 1.

10. Dubrovsky V. Wave-Piercing Trimaran. 2004, Fleet, (Naval and Maritime Review). 2004. № 2.

11. Дубровский В. А. На половине пути к самолёту // Катера и яхты. 2006. № 3 (201).

12. Dubrovsky V. Wave-piercing trimaran: the concept and some applications. Ships & Offshore Structures. 2009. Vol. 4. Issue 1.

13. Dubrovsky V. Multi-hulls: new options and scientific developments // Ship & Offshore Structures. 2010. Vol. 5. Issue 1.

14. Dubrovsky V. Multi-Hulls: Some new Options as the Result of Science Development // Brodogradnja. 2010. Vol. 61. № 2.

15. Дубровский В. А. Применение и перспективы модернизации многокорпусных судов, кораблей и катеров // Судостроение. 2014. № 2.

¹ Патент 2144882 РФ. Трёхкорпусное судно с «рассекающими волны» корпусами. 1998. Авт. Дубровский В. А.

СЕРИЯ БУДЕТ ПРОДОЛЖЕНА

26 октября кораблестроители АО «Адмиралтейские верфи» (входит в АО «ОСК») передали в состав ВМФ России большую дизель-электрическую подводную лодку «Великий Новгород» — пятую в серии, предназначенной для Черноморского флота. Торжественная церемония подъема Военно-морского флага состоялась на набережной предприятия, напротив Балтийского завода с его достраиваемыми у причала атомным ледоколом «Арктика» и плавучим энергоблоком «Академик Ломоносов» атомной теплоэлектростанции. В мероприятии принял участие заместитель главнокомандующего ВМФ вице-адмирал А.Н. Федотенков, отметивший рит-



мичную и четкую работу адмиралтейцев по строительству серийных подводных лодок (ПЛ).

Генеральный директор АО «Адмиралтейские верфи» А.С. Бузаков в своем выступлении перед многочисленными гостями, работниками предприятия и журналистами подчеркнул, что подъем флага происходит в канун 320-летия создания регулярного военно-морского флота в нашей стране. Огромный вклад в его строитель-

ство внесли и вносят Адмиралтейские верфи, которым в этом году исполнилось 312 лет.

ПЛ «Великий Новгород» проекта 636.3 была заложена в октябре 2014 г., а спущена на воду в марте 2016 г. Ее строительство стало продолжением реализации долгосрочного плана Министерства обороны России по восстановлению боевой готовности Черноморского флота и программы совершенствования дизель-электрических ПЛ для ВМФ России. Все шесть кораблей данной серии названы в честь городов, носящих почетное звание «Город воинской славы».

Две первые ПЛ серии — «Новороссийск» и «Ростов-на-Дону» — вошли в состав Черноморского флота в августе и декабре 2014 г., третья



и четвертая — «Старый Оскол» и «Краснодар» — переданы в июле и ноябре 2015 г. Шестая завершающая серию ПЛ «Колпино» передана флоту 24 ноября 2016 г.

В октябре работники АО «Адмиралтейские верфи» приступили к выполнению нового государ-

ственного контракта на строительство очередной серии из шести ПЛ пр. 636.3 для Тихоокеанского флота России.

«Адмиралтейские верфи» — базовое предприятие судостроительной отрасли, центр неатомного подводного кораблестроения России. По сообщению пресс-службы предприятия, в настоящее время здесь успешно реализуется ряд контрактов для отечественных и зарубежных заказчиков — в строительстве находятся пять серий ПЛ для иностранных ВМС и ВМФ России, достраивается ледокол «Илья Муромец», начата серия патрульных ледоколов для ВМФ.

Фото А. Н. Хаустова



ИЗ ИСТОРИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СЕВЕРНОМ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОМ БЮРО¹

С. И. Овсянников (АО «СПКБ», e-mail: spkb@mail.seanet.ru)

УДК 623.82.001.63

XXI век внес коррективы в различные области науки и техники. Судостроение не осталось не затронутым техническим прогрессом в части инноваций в проектировании кораблей и судов. Уже на ранних стадиях проектирования корабля выбирается главная энергетическая установка, габаритные характеристики и элементы корабля, определены подрядчики, стоимость и сроки строительства. Системы автоматизированного проектирования позволили стереть грань между этапами создания проекта. В ЦКБ-53 (ныне АО «Северное ПКБ») первая группа перспективного проектирования (ГПП) образовалась в 1948 г. для определения облика нового океанского суперэсминца, впоследствии получившего наименование «Неустрашимый». Руководил группой И. Г. Коган, ставший впоследствии главным конструктором плавучих баз подводных лодок пр. 1886 и 2020 ЦКБ «Айсберг». В ГПП входили специалисты различной специализации: по корпусу — Е. И. Третьников и Б. А. Берман, по механической установке — А. К. Перьков, по вооружению — П. И. Булкин, по общему расположению корабельных помещений — Г. А. Костыгина и Н. В. Ушакова. Координатором был К. А. Масленников.

В начале 60-х годов прошлого века, когда рождался облик кораблей второго поколения, оснащенных управляемым ракетным оружием, с газотурбинными энергетическими установками и другими новшествами, в Бюро была образована очередная группа перспективного проектирования, в которой, по воле судьбы, под руководством В. Г. Королевича собрались известные в будущем кораблестроители — В. А. Перевалов, В. Е. Юхнин, А. К. Шныров. Результатом их работы стал замеча-

тельный сторожевой корабль (СКР) пр. 1135 «Буревестник».

Военно-морская доктрина 70—80-х годов предусматривала создание океанских корабельных соединений, ядром которых должны были стать атомные «Орланы» — крейсера пр. 1144 и атомные «Орлы» — авианосцы пр. 1160, а также атомные авианосцы пр. 11437 (головной корабль «Ульяновск»). Для их охранения предусматривался, также атомный, большой противолодочный корабль (БПК), который с середины 70-х годов получил шифр «Анчар» и номер пр. 1199.

К 1977 г. институты ВМФ создали «Модель боевого использования» БПК «Анчар», в которой он функционировал уже как многоцелевой атомный корабль непосредственно слежения. На основе «Модели...», 1 ЦНИИ МО в 1977 г. разработал оперативно-тактическое задание (ОТЗ). Оценка возможности реализации ОТЗ была поручена «Северному ПКБ».

В апреле в Бюро начала свою деятельность следующая ГПП, которой руководил блистательный инженер-кораблестроитель, ведущий конструктор проектного отдела Александр Константинович Шныров. В состав группы первоначально входили А. А. Мизгирев, Ф. В. Аникиев и автор этих строк.

Однако приоритетным направлением работы группы стало не исследовательское проектирование «Анчара», к номеру которого (в угоду всемерной компьютеризации) добавили ноль, а проведение сложных поисковых работ по определению возможности создания первых отечественных не водоизмещающих скоростных (50 уз) кораблей.

Тему создания кораблей с новыми принципами поддержания вел А. А. Мизгирев. Под руководством заместителя главного конструктора А. И. Таптыгина и при участии Б. А. Пищугина и Н. Н. Зубова были разработаны опытный БПК пр. 10210 «Бизон» скегового типа на воздушной подушке и опытный корабль с малой площадью ватерлинии пр. 12000 «Тюлень», которые имели следующие элементы: у первого — водоизмещение 5650 т, длина — 137,0 м, ширина 30,0 м, мощность 2х96 000 л. с., автономность — 60 сут., у второго — водоизмещение 500 т, длина — 41,0 м, ширина 15,4 м, мощность 2х 10 000 л. с., автономность — 5 сут.



Сотрудники СПКБ: А. И. Таптыгин, Ю. А. Бабич, А. К. Шныров и представитель ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова В. Ф. Белоненко. Начало 1980-х гг.

¹ По материалам сборника «СПКБ. Люди и корабли. 70 лет» СПб., 2016.



Модуль авианесущего корабля. Шифр «Меркурий»

На основе этих аванпроектов в 1981—1990 гг. были разработаны эскизные проекты авианосных кораблей по темам «Дельфин» и «Меркурий».

Ф. В. Аникиевым выполнялись проработки в рамках темы «Ресурс», цель которых заключалась в нахождении методов повышения надежности и интенсивности использования кораблей. Развитие информационной и экспериментальной базы по надежности, разработка методов ускоренных испытаний кораблей, создание и внедрение средств диагностики — вот краткий перечень направлений деятельности ГПП по теме «Ресурс».

Все проработки по атомному кораблю до 1983 г выполнял С. И. Овсянников. Главным конструктором проекта был В.Е.Юхнин, его заместителем — Ю. А. Бабич, главным наблюдающим — В. Г. Басов. ОТЗ предполагало многовариантность предэскизного проекта. Предусматривалось, может быть впервые в СССР, что надводный корабль будет проектироваться системно, т. е. «системный подход к проектированию построит мост между тем, что требуется и тем, что технически возможно и целесообразно». Для выполнения оценок 1 ЦНИИ МО предложил около 35 наборов комплексов подсистем УРО, ПВО и ПЛО в различных сочетаниях и с разным составом оружия. Их прямое влияние на водоизмещение посредством прибавления масс не отражало фактические изменения характеристик корабля. Известен пример, когда установка в носовом бульбе корабля гидроакустической станции массой всего 60 т вызвала увеличение водоизмещения на 600 т. Для учета косвенного влияния элементов нового

оружия, оборудования и механизмов на водоизмещение корабля первым отделением ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова «Северному ПКБ» была рекомендована еще не апробированная «Методика определения водоизмещения на начальных стадиях проектирования», разработанная в 1976—77 гг. В. Ф. Белоненко.

А. К. Шныров поручил тщательно проверить «Методику» по данным рабочего проектирования кораблей пр. 1144, 1164, 1135 и 956. Результаты обсчета были признаны положительными. Особенно полно было совпадение итогов по крейсеру пр. 1164. Конструкторы получили средство, значительно ускоряющее процесс последовательных приближений при оценках вариантов. К научно-техническому совету МСП «Северное ПКБ» подготовило

24 варианта «Анчара». Для каждого варианта был разработан эскиз теоретического чертежа, выполнен расчет масс и разработаны чертежи продольного разреза, видов сбоку и сверху. Следует отметить, что для представления проекта (впервые в Бюро) было разработано большое количество иллюстративных материалов, включая художественные объемные пространственные композиции, демонстрирующие возможности оружия, т. е. то, что сегодня, спустя 40 лет, определяется как 3D-моделирование.

В советском кораблестроении к внешнему виду кораблей с точки зрения эстетики каких-либо требований не предъявлялось, однако в структуру проектных организаций, после принятия 28 апреля 1962 г. Постановления Совмина СССР «Об улучшении качества продукции машиностроения...» включили подразделения, занимающиеся архитектурным проектированием. Среди шести художественно-проектных бюро одно принадлежало Минсудпрому. Все проекты новых кораблей проходили обязательную архитектурную экспертизу в ЦНИИ «Лот», в дизайнерском бюро, руководимым О. Арнольдом. Среди кораблестроителей внедрялись термины «визуальный ключ», «вектор выразительности», «зрительная масса» или



Модели корабля пр. 11990. Варианты с атомно-паротурбинной (вверху) и атомно-газотурбинной установками

«внешний вид — ансамбль модульных компонентов». «На слуху» была фраза главного американского морского архитектора 1949—50 гг. Джима Нидемейера: «Внешний вид корабля, как вероятной силы с отпугивающим впечатлением служит подтверждением национальной решимости и искренности во внешней политике».

Несмотря на то, что главными факторами влияния на архитектурно-конструктивный тип корабля, его внешний вид всегда являлись факторы технические, т.е. главенствовал принцип «форма следует за содержанием», корабельных инженеров заставляли считаться с мнением художников в вопросах понимания того, что может сделать корабль более выразительным. Нелепость сложившейся ситуации становилась все более очевидной. Экспертиза пр. 11990 в 1979 г. стала последней работой бюро О. Арнольда.

Важнейшими из факторов остаются требования, направленные на обеспечение функционирования оружия корабля, на обеспечение необходимых зон обзора РЛС и диаграмм углов обстрела.

Здесь уместно сказать об уникальном специалисте ЦКБ-53-СПКБ Борисе Петровиче Дегтяреве, ветеране ВОВ, лауреате Государственной премии, заместителе главного конструктора, который свою деятельность в 1946 г. начал в отделе судовых устройств. Сохранились чертежи, разработанные для эсминца пр. 41 им и его близким товарищем Г. В. Романовым, ставшем впоследствии Членом Политбюро ЦК КПСС. Б. П. Дегтярев участвовал в проектировании первых корабельных пусковых установок СМ-59 для реактивных снарядов КСЩ, в проектировании устройств их перезарядки и хранения на кораблях пр. 56М, 56ЭМ и 57бис. Первые ракетные пуски показали важность учета воздействия газовых струй стартующих ракет на корабельные конструкции, а также было выявлено вли-



Б. П. Дегтярев, заместитель главного конструктора проекта 11000. Лауреат Государственной премии

яние морских условий на полет ракет. Причиной линейных отклонений траекторий явилась качка — бортовая и килевая, а также рыскание корабля по курсу. Б. П. Дегтярев впервые выполнил «Расчет отклонений траекторий полета, вызванных качкой корабля». Ранее возможные траектории определялись, как свершившийся факт, фотографическим способом практически на уже построенных кораблях с помощью больших прозрачных мишеней из оргстекла. На основе рас-

чета Б. П. Дегтярева, выполненного в 1974 г. и не потерявшего актуальность до настоящего времени, стало возможно выбрать, с целью эффективного использования пусковой установки, оптимальный вариант смежно расположенных конструкций и палубных устройств. Б. П. Дегтярев руководил сектором, деятельность которого заключалась в разработке зон обзора радиотехнического вооружения и диаграмм углов обстрела, поэтому, с его участием разрабатывались практически все проекты кораблей «Северного ПКБ», в том числе нереализованные. В частности все 24 варианта «Анчара» проектировались с непосредственным участием Бориса Петровича, который при отсутствии в то время графического редактора AutoCAD иногда самостоятельно чертил на ватмане в масштабе 1:10 взаимное расположение радиопрожекторов.

В марте 1979 г. варианты проекта 11990 были доложены С. Г. Горшкову, который вернул 24 варианта на доработку, справедливо отметив неспособность Главного управления кораблестроения (ГУК) ВМФ без Главкомандующего самостоятельно рекомендовать для дальнейшего проектирования оптимальные варианты. Уже в июле осталось 11 вариантов, из которых Главком ВМФ СССР одобрил десятый вариант, с комбинированной атомно-газотурбинной энергетической установкой, не имеющей аналогов в мире до сих пор. В Центральном военно-морском музее экспонируется модель этого корабля в масштабе 1:100.

Программой кораблестроения 1980—85 гг. и перспективным планом до 1990 г. было предусмотрено создание трех кораблей в интересах Главного управления пограничных войск, которое в качестве прототипа выбрало СКР пр. 1135. По приказу министра судостроительной промышленности СССР от 28 января 1977 г. «Северному ПКБ» предписывалось выполнить НИР для последующего проектирования погра-



Модель двухкорпусного корабля с малой площадью ватерлинии

ничного корабля, способного в мирное время контролировать экономическую зону шириной 200 морских миль, а в военное время — решать задачи флота. Аванпроект 01066 пограничного сторожевого корабля (ПСКР) был выполнен, однако сроки его создания не устраивали заказчика. «Северное ПКБ» предложило разработать альтернативный проект ПСКР — 1135П.

А. К. Шныров в начале 1978 г. (в порядке общественной нагрузки) поручил параллельно с работами над проектом 11990 выполнить проработку аванпроекта 1135П, разместив вертолетный комплекс и 76-мм артиллерийские установки АК-726 с антенным постом МР-105. Вследствие большого объема унификации с базовым проектом 1135 и сохранения технологи строительства ПСКР пр. 1135П оказался для заказчика привлекательным. Проект получил шифр «Нерей» и номер 11351. Главным конструктором стал Н. П. Соболев, главным наблюдающим от ВМФ был назначен В. Г. Басов, а его заместителями от Морских частей погранвойск КГБ были назначены Ю. М. Корнев и Б. С. Вартанов. В «Северном ПКБ» при участии сотрудников николаевского филиала, ставшего впоследствии 61-м отделом Бюро, был разработан технорабочий проект, который завершился строительством на Керченском ССЗ «Залив» головного ПСКР пр. 11351 «Менжинский».

Период разработки в ГПП аванпроекта 1135П надолго запомнился по причине огромного доверия, проявленного со стороны А. К. Шнырова к работе ведущего, в частности к его нетрадиционному подходу размещения вертолетного комплекса в ограниченном корабельном объеме.

В середине 70-х годов прошлого века Киевский НИИ гидроприборов (КНИИГП) для кораблей типа БПК разрабатывал новый гидроакустический комплекс (ГАК), который имел три модификации для кораблей различного водоизмещения. Была открыта НИР «Звезда»,



А. К. Шныров, главный конструктор проектов 1135, 11351, 11352, 11353



Модель корабля с малой площадью ватерлинии с тремя корпусами

целью выполнения которой стала выработка технических предложений по приборному построению комплекса и обеспечению его функционирования в корабельных условиях. В качестве носителя среднего варианта ГАК был выбран проект 11990, потому применительно к «Анчару» начались проработки с участием отделов СПКБ.

Проводимые в Бюро совместно с ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова работы по снижению шумности кораблей позволили уменьшить уровни помех работе ГАК в десятки раз, однако гидродинамическая помеха, обусловленная формой

бульбового обтекателя, зачастую становилась определяющей при оценке общего уровня помех, поэтому доминирующей в проработках ГПП стала отработка формы обтекателя пр. 11990 и его конструкции, в частности уменьшение профиля и его количества. В ходе НИР было разработано 11 теоретических чертежей носовой оконечности корабля. В работе принимали участие: А. С. Осипов, Н. Б. Медведева, Б. З. Левин, Б. А. Пищугин, А. Л. Рабинов, А. Т. Перевезинцев. В итоге, на вооружение был принят ГАК «Звезда-М1» (МГ-365), установленный на СКР пр. 11352 и 11353.

Весной 1980 г. в состав ГПП вошли В. В. Простяков и А. В. Галау-нер, затем Б. П. Дегтярев, который уговорил месяц поработать в ГПП ветерана «СПКБ», ведущего конструктора пр. 1144, лауреата Государственной премии Р. С. Влащева. В начале 1981 г. для участия в разработке аванпроекта 11700 среднего корабля радиолокационного дозора в ГПП был направлен И. М. Шрамко, являющийся в настоящее время первым заместителем Генерального директора и Главным инженером АО «Северное ПКБ». Руководил работой на пр. 11700 заместитель главного конструктора Б. В. Бочков.

Длина корабля составляла 136 м, ширина — 17,4 м, осадка 5,5 м и водоизмещением около 6000 т.

Тогда же была выполнена проработка корабля освещения подводной обстановки пр. 10260 с протяженной и подкильной антеннами ГАК.

В марте 1983 г. (в связи с началом работ по проекту восстановления крейсера «Аврора») пр. 11990 целиком перешел к И. М. Шрамко.

Самостоятельная работа в группе перспективного проектирования под руководством А. К. Шнырова, ставшего впоследствии главным конструктором пр. 1135, 11351, 11352 и 11353, над необычными проектами в окружении замечательных специалистов стала школой высокого профессионализма.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК ТИПА «VIRGINIA» ВМС США

Ф. Р. Сагайдаков, Н. А. Чернецова, Е. К. Никитина
(ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
e-mail: krilov@krilov.spb.ru)

УДК 623.827:621/.039

США считаются экономически самой развитой страной мира, что дает стране возможность выделять большие средства на исследования и разработку передовых технологий для создания вооружений и военной техники, в том числе для ВМС.

В 2017 фин. г. (начало 1.10.2016 г.) Конгрессом США на оборону было выделено 582,7 млрд дол., в том числе на ВМС — 164,9 млрд дол. На НИОКР ВМС США ассигнованы 17,4 млрд дол., которые направлены на обеспечение текущих и перспективных кораблестроительных программ.

В настоящее время в области пополнения и совершенствования подводного флота ВМС США реализуют крупномасштабную программу строительства многоцелевых атомных подводных лодок (АПЛ) типа «Virginia» и разворачивают программу создания АПЛ стратегического назначения с баллистическими ракетами (ПЛАРБ) SSBN(X).

Статья посвящена принципам и особенностям разработки новых технологий для АПЛ типа «Virginia».

Из названных выше средств (17,4 млрд дол.) в 2017 фин. г. на разработку ПЛАРБ SSBN(X) выделено 1,1 млрд дол., а на АПЛ типа «Virginia» — 209 млн, включая 111 млн дол. на совершенствование электронных систем различного назначения, дальнейшее развитие средств снижения шумности и сокращение конечной стоимости АПЛ подсерии IV, а также 98 млн дол. — на расширение боевых возможностей АПЛ при использовании крылатых ракет (КР) «Tomahawk» и ракет следующего поколения.

Программами НИОКР по подводному кораблестроению ВМС США предусматривается создание АПЛ для стабильного пополнения флота и замены физически и морально устаревающих АПЛ на ближнюю (до 2020—2025 гг.), среднюю

(2025—2035 гг.) и дальнюю (2035—2040 гг.) перспективы. НИОКР обеспечивают текущий процесс создания АПЛ, позволяя уже в процессе строительства серии вносить коррективы в части внедрения инновационных технологий, а также формируют задел для перспективных проектов АПЛ и ПЛАРБ.

Так было на протяжении всей истории развития атомного подводного кораблестроения США — от разработки торпедных АПЛ (в настоящее время — многоцелевого назначения) до ПЛАРБ. Опережающее развитие АПЛ позволяло внедрять уже отработанные технологии при создании ПЛАРБ стратегических систем «Polaris», «Poseidon» и «Trident». Более того, был пример, когда строящаяся АПЛ «Scorpion» типа «Skipjack» была использована для строительства головной ПЛАРБ «George Washington» системы «Polaris».

Традиционно в США АПЛ строятся крупными сериями. До последнего времени основу атомного флота составляли многоцелевые АПЛ типа «Los Angeles» SSN-688 (по состоянию на конец 2016 г. в составе ВМС находились 36 АПЛ), построенные в 1976—1996 гг. самой крупной серией из 62 кораблей (предыдущее поколение АПЛ типа «Sturgeon» строилось серией из 37 кораблей).

В основе крупносерийного строительства АПЛ лежит принцип внедрения новых технологий по мере их разработки и отработки в натуральных (морских) условиях. Это делается либо на опытовых, специально построенных для этих целей АПЛ, либо на самоходных крупномасштабных управляемых моделях, либо с использованием АПЛ, находящихся в боевом составе ВМС. После снижения технического риска новой технологии до заданного уровня она внедряется на строящийся корабль. Строительство же АПЛ ведется под-

сериями: АПЛ типа «Sturgeon» двумя, «Los Angeles» — пятью.

Надо отметить, что на замену АПЛ типа «Los Angeles» во второй половине 1980-х годов была спроектирована новая АПЛ типа «Seawolf» и развернуто строительство серии по проекту SSN 21 (в период 1989—2005 гг. построены три АПЛ вместо планировавшихся 30 ед.). Однако программа была закрыта в связи с изменением геополитической обстановки, коррекцией назначения АПЛ и высокой стоимостью.

В начале 1990-х годов по результатам анализа программы разработки АПЛ нового проекта NSSN (впоследствии типа «Virginia») был определен размер невозвратных средств (стоимость НИОКР) суммой 4—6 млрд дол. (по оценке 1994 г. эти затраты, включающие проектирование, исследования и разработки для первых трех АПЛ, прогнозировались в размере 4,681 млрд дол.). Это предопределило минимальный размер серии новых АПЛ — более 10 ед.

В настоящее время программа АПЛ типа «Virginia» предусматривает строительство не менее 31 корабля семи подсерий (таблица).

По уже утвержденному и частично реализованному плану построены четыре АПЛ (2004—2008 гг.) подсерии I (базовый проект), шесть АПЛ (2008—2013 гг.) подсерии II; строятся АПЛ подсерии III — три уже построены (2014—2016 гг.) и пять строятся со сроком завершения — 2019 г. Еще 10 АПЛ подсерии IV будут построены в 2020—2029 гг.

В дальней перспективе строительство будет продолжено: до десяти АПЛ подсерии V; семь — подсерии VI и шесть подсерии VII. Однако возможны изменения в размерах подсерий.

На конец 2016 г. в состав ВМС США входят 13 АПЛ типа «Virginia».

Открытая архитектура систем и модульность конструкций значительно облегчают процесс оптимизации проекта на уровне подсистем и компонентов. В программе строительства АПЛ успешно реализован комплексный подход к проектированию и постройке, что обеспечивает к началу строительства более высокую степень готовности проекта, чем это было при создании АПЛ предыдущих проектов. Это, в свою очередь, значительно снизило риск

Особенности подсерий АПЛ типа «Virginia»

Подсерии ¹	Бортовые номера (период строительства, гг.)	Инновационные технологии
Block I (4)	SSN 774 — SSN 777 (23.10.2004—3.05.2008)	Базовый проект, сборка АПЛ из десяти супермодулей
Block II (6)	SSN 778 — SSN 783 (25.10.2008—07.2013)	Усовершенствованная система контроля и снижения уровня собственного магнитного поля (с четвёртой АПЛ SSN 781 «California»). Применение композитных материалов для изготовления корабельных конструкций: носового прилива ОВУ, кормового конического обтекателя мотрицы вала, крыльчатки центробежного циркуляционного насоса, устройства РКП, обтекателя гидроакустической буксируемой антенны, крышек лючков ОВУ, решеток заборных отверстий и циркуляционной трассы. Сборка корпуса из четырех супермодулей
Block III (3 + 5)	SSN 784 — SSN 790 (29.08.2014—2019)	Изменение конструкции носовой оконечности, связанное с использованием водонепроницаемой подковообразной широкоапертурной антенны. Замена 12 одиночных ВПУ на 2х6 для КР «Tomahawk» или другой полезной нагрузки. Размещение носовой оконечности днищевого устройства для выпуска более широкой номенклатуры полезной нагрузки — от НПА до различных систем обнаружения и целеуказания. Введение многолетних контрактов на строительство АПЛ
Block IV (0+10)	SSN 792 — SSN 801 (2019—2024)	Новые системы обнаружения и дальней связи, электроприводы вспомогательных механизмов и выдвижные устройства. Вероятна установка нового композитного ОВУ. Сокращение числа средних ремонтов с четырех до трех, позволяющее увеличить число боевых выходов (между ремонтами) на полную автономность с 14 до 15
Block V (0+0+3)	SSN 802 — SSN 804 (2025—2027)	Врезка в среднюю часть корпуса (за ОВУ) отсека — модуля полезной нагрузки длиной 28,65 м для размещения 4х7 ВПУ диаметром 2,4 м для КР «Tomahawk». Всего на АПЛ могут быть размещены 40 КР

¹ В скобках — размер подсерии, включая построенные, заказанные и планируемые к постройке АПЛ.



Крупномасштабная самоходная модель АПЛ «Virginia»

внесения проектных изменений в процессе постройки — традиционный источник роста стоимости.

Надежность проекта обеспечивается НИОКР, которые сопровождают его с ранних стадий разработки и до окончания строительства серии и включают исследования и разработки: производственных процессов и технического обслуживания, обеспечения надежности и живучести, интегральной целостности корпуса, вопросов



Новое ОВУ из композитного материала

гидродинамики, конструкционных материалов и прочности, компоновки отсеков и помещений, акустических и других физических полей, энергетических установок и автоматизированных систем управления, влияния человеческого фактора и др.

Процесс создания перспективных технологий включает в себя разработку, интеграцию с другими системами АПЛ, испытания и отработку в морских условиях (с использованием самоходных управляемых моделей, технических испытательных платформ, опытовых или специально выделяемых для этих целей боевых АПЛ) и их внедрение в новый проект или корректировку существующего проекта.

Для этих целей построена крупномасштабная самоходная управляемая модель АПЛ типа «Virginia» (LSV-2 «Cutthroat») с нормальным водоизмещением 205 т и размерениями 33,8х3,05х2,7 м. Модель построена по модульному принципу, характеризуется низкими уровнями шумности и может трансформироваться для проведения испытаний новых устройств, отработки конструктивных мероприятий по снижению шума АПЛ.

В составе ВМС США имеется специальная АПЛ «Memphis» (SSN 691) типа «Los Angeles», прошедшая в середине 1990-х годов модернизацию, которая используется для отработки перспективных технологий: применения композитных материалов для конструктивных элементов корпусов АПЛ, усовершенствованных гидроакустических средств, методов снижения гидродинамического сопротивления трения, боевых необитаемых подводных аппаратов (НПА UUV — Unmanned Underwater Vehicle). Так, был опробован гребной вал (ГВ) из композитного материала вдвое меньшей массы по сравнению с ГВ АПЛ типа «Los Angeles».

На АПЛ «Memphis» отработывалась новая конструкция стеклопластикового ограждения выдвижных устройств (ОВУ) лимузинного типа с выдвижной кормовой частью и карапасной палубой для размещения дистанционно управляемых НПА



Подготовка к спуску на воду очередной АПЛ типа «Virginia», облицованной гидроакустическим покрытием

и лебедки выборки буксируемого кабеля разрабатываемых гидроакустических систем (ГАС) с буксируемыми антеннами.

Три АПЛ типа «Seawolf» также используются в качестве опытовых для отработки инновационных технологий.

В настоящее время уже развернуты работы по созданию нового проекта NSSL перспективной АПЛ SSN(X), называемой «улучшенной» (Improved «Virginia»), которая рассматривается как дальнейшее развитие АПЛ типа «Virginia». Ведутся НИ-ОКР, направленные также на обеспечение АПЛ подсерий IV–VII. В зависимости от готовности нового проекта технологии будут внедряться либо на АПЛ типа «Virginia» очередной подсерии, либо на АПЛ нового проекта.

По данным бюджетного управления Конгресса США, начало финансирования строительства первой перспективной АПЛ SSN(X) планируется на 2033–2034 гг., ввод в состав ВМС — ориентировочно на 2044 г. К этому времени должна быть построена последняя АПЛ типа «Virginia» подсерии VII.

Процесс усовершенствования АПЛ типа «Virginia» предусматривает как эволюционное развитие подводных сил в целом, так и значительное внедрение «прорывных» технологий, которые должны обеспечить существенный рост боевых возможностей АПЛ. Это касается:

усовершенствования ОВУ, которое предполагается изготовить из композитных материалов; новой конструкции носовой оконечности АПЛ; перехода к полному электродвижению; усовершенствования АЭУ и систем оружия; использования новых типов полезной нагрузки и систем радиоэлектронного вооружения (РЭВ), автоматизированных систем боевого управления (АСБУ), интегрированных с системами и комплексами РЭВ, оружия и техническими средствами движения ПЛ.

Новые технологии внедряются на АПЛ по мере их готовности, определяемой критериями технического риска (обеспечение требуемого ВМС уровня готовности для боевого использования). Технический риск (вероятность применения неотработанных технологий) оценивается на всех этапах разработки проекта АПЛ.

Базовый проект АПЛ типа «Virginia» включал новые (в сравне-

нии с последними АПЛ типа «Los Angeles») технологии (как эволюционные, так и прорывные): автоматизированная система боевого управления (АСБУ) AN/VYG-1, интегрированная с АСУ движением АПЛ; ядерная реакторная установка; не проникающие в корпус универсальные модульные мачты; конфигурация и размещение постов СУ связи и гидроакустического комплекса в центральном посту (ЦП); конструкция пусковых установок для крылатых ракет (КР) и др.

Представляют интерес новые технологии, реализуемые в настоящее время на АПЛ подсерии III и разрабатываемые для АПЛ последующих подсерий.

1. Новая конструкция носовой оконечности, в которой сферическая гидроакустическая антенна заменена на широкоапертурную подковообразную с новыми высокочувствительными гидрофонами, работающими по принципу фиксации изменений скорости набегающего потока воды (в отличие от используемых в настоящее время датчиков давления).

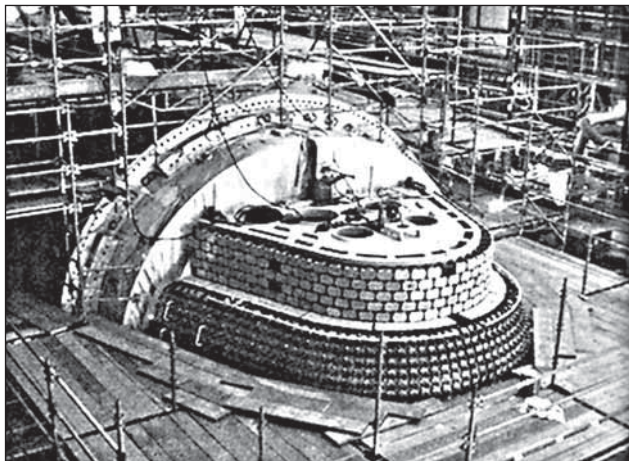
Такая конструкция отличается технологичностью, меньшими массогабаритными характеристиками, менее трудоемка при монтаже, практически не нуждается в профилактическом обслуживании.

Гидрофоны антенны имеют увеличенный срок службы по сравнению с таковыми для сферической антенны, использовавшейся ранее на АПЛ типа «Virginia», которые требовали замены в середине срока службы АПЛ. Новации позволили снизить стоимость каждой АПЛ на ~15 млн дол.

2. Новая конструкция пусковых установок (ПУ) для КР BGM-109 «Tomahawk» — две ПУ диаметром 2,44 м (как у ракетных шахт ПЛАРБ типа «Ohio»), в каждой из которых размещаются шесть КР (ранее устанавливались 12 одиночных ВПУ для этих КР).

Разработкой модернизированного проекта АПЛ подсерии III были заняты более 600 специалистов фирмы General Dynamic's Electric Boat. Работы выполнены за 18 мес.

Новые конструкции носовой антенны ГАС и двух



Новая конструкция носовой ГАС комплекса AN/BQQ 10



АПЛ «North Dakota» типа «Virginia», подсерия III в цехе верфи Electric Boat

ВПУ для КР обеспечили снижение стоимости каждой АПЛ более чем на 40 млн дол.

3. На АПЛ достигнута высокая степень автоматизации процессов управления и организации работы, а также изменено расположение ЦП и постов управления АПЛ. В частности, операторы гидроакустики и радиосвязи включены в состав интегрированного центра командования и контроля (САСС — Command and Control Center) — ранее они размещались в отдельных специальных рубках.

Использование не проникающих в прочный корпус мачт выдвижных устройств (вместо двух мачт перископов) позволило переместить ЦП с верхней палубы на вторую, более широкую палубу.

Исследования Комитета по оптимизации использования персонала дали возможность определить численность персонала для несения вахты и обслуживания систем в 118 чел. (из них 14 офицеров) и дополнительно еще 16 чел., необходимых для обеспечения работ в период нахождения АПЛ в базе. Таким образом, численность экипажа составила 134 чел. (на последних АПЛ типа «Los Angeles» — 143 чел., включая 16 офицеров).

Важными решениями для АПЛ типа «Virginia» стали: сокращение трех операторов системы управления движением в сравнении с АПЛ типа «Los Angeles», интеграция АСУ движением (впервые в практике подводного кораблестроения США) и интеграция системы в АСБУ.

4. Днищевое устройство для выпуска широкой номенклатуры объектов — от НПА до приемно-пе-

редающих систем обнаружения и целеуказания — BOI (Bottom Ocean Interface).

5. Усовершенствование активной зоны (АЗ) ядерного реактора (ЯР) энергетической установки (ТТС — Transformation Technology Core). Новая АЗ должна обеспечить повышение выходной мощности на 30—50%. Более подробные сведения по состоянию разработки отсутствуют, кроме сообщения, что в 2007 г. готовность нового ЯР с АЗ ТТС составляла 46%.

6. Разработка системы полного электродвижения (относится к числу приоритетных НИОКР). На АПЛ типа «Virginia» планируется использовать элементы систем «электрического» корабля, разработанные для эсминца (ЭМ) типа DDG 1000

«Zumwalt» после их отработки в морских условиях.

В частности, планируется использовать отработанную на ЭМ схему полного электродвижения — интегрированную ЭЭС, которая обеспечит энергией как ГЭУ, оружие и РЭВ, так и общекорабельные нужды (суммарная мощность ЭЭС ЭМ с учётом потерь составляет 77,5 МВт, что позволит ЭМ водоизмещением 14 560 т развить скорость полного хода более 30 уз и обеспечить общекорабельные нужды суммарной мощностью до 5 МВт). Такую ЭЭС с гребным электродвигателем (ГЭД) со сверхпроводящими обмотками планируется отработать на третьем ЭМ серии.

7. Один из элементов «электрического» корабля — электрические приводы, значительно снижающие нагрузку на экипаж и позволяющие сократить численность обслуживающего персонала (известно, что гидроприводы требуют больших объемов для размещения арматуры, частой замены компонентов, имеют повышенную потребность в обслуживании в связи с возможными протечками масла и т. д.).

На верфи Electric Boat был изготовлен самый крупный образец из когда-либо создававшихся в мире электроприводов. Однако у специалистов верфи возникли проблемы, связанные с обеспечением требований по скрытности АПЛ. Исследования продолжаются, в частности,



Компьютерное изображение ЦП АПЛ типа «Virginia»

предусматривались испытания электроприводов на давление, соответствующее испытательной глубине погружения АПЛ. Кроме того, было необходимо разработать литий-ионные аккумуляторные батареи (АБ) для питания электропривода и контроллер системы управления питанием, полностью соответствующей всем требованиям установки и эксплуатации, включая запас энергии на АПЛ.

В рамках проводившейся ВМС совместно с Управлением перспективных оборонных исследований DARPA МО США программы «Tango-Bravo», направленной на снижение стоимости АПЛ типа «Virginia», верфь Electric Boat заказала фирме Salt Batteries (Швейцария) поставку литий-ионных АБ для резервного питания системы электропривода рулей АПЛ. Программа «Tango-Bravo» предусматривала, в частности, замену всех гидравлических приводов, в том числе гидроприводов рулей (прессов), на электрические. Необходимость в резервном питании системы электропривода рулей объясняется большой потребляемой пиковой мощностью. Система может штатно работать от корабельной ЭЭС, но нуждается в компактном резервном источнике бесперебойного питания, обеспечивающем работу рулевой системы в случае возникновения неполадок корабельной ЭЭС.

По оценке американских специалистов, установка электроприводов носовых рулей возможна на АПЛ типа «Virginia» подсерии IV.

Кроме перечисленных новых технологий, для АПЛ типа «Virginia» возможно использование новой системы размагничивания. В апреле 2015 г. ВМС США заключили контракт с фирмой AMSC (American Superconductor Corporation; Devens, шт. Массачусетс) на серийное производство корабельной системы размагничивания с использованием эффекта высокотемпературной сверхпроводимости HTS DS (High Temperature Superconductivity Degaussing System).

Опытные образцы системы размагничивания установлены на различные корабли ВМС США и к настоящему времени отработали более

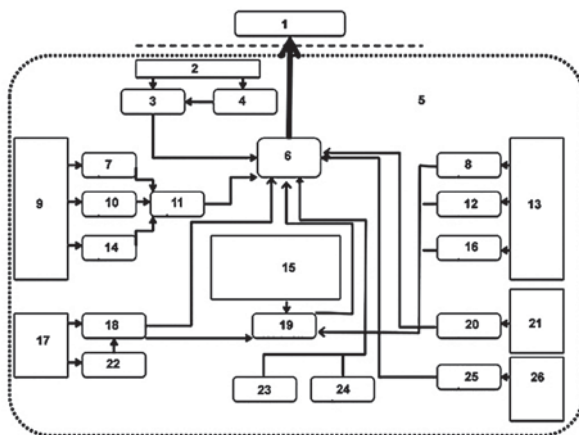


Схема движения потока информации в ЦП АПЛ типа «Virginia»

20 000 ч и прошли в море в общей сложности более 75 000 миль. По сравнению с традиционными новая система размагничивания HTS DS имеет меньшее энергопотребление и на 50—80% массу, но пока используется только на кораблях ограниченного водоизмещения.

Имеются сведения, что фирма AMSC по контракту ВМС США разрабатывает силовую кабель с использованием эффекта высокотемпературной сверхпроводимости для системы электродвижения перспективных кораблей, возможно и АПЛ.

Заслуживает внимания ведущая под руководством DARPA и Командования морских систем ВМС США NAVSEA программа исследований «Полезная нагрузка и датчики подводной лодки». Среди новых технологий, предложенных фирмами-разработчиками, можно отметить:

- использование малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и забортных донных датчиков для расширения зоны разведки, наблюдения и обнаружения целей, в том числе и береговых;
- разработку капсулированных модулей полезной нагрузки и модульных «магазинов», стыкующихся со стандартными интерфейсами;
- использование малогабаритного высокоточного оружия малой стоимости по широкому ряду целей;
- использование усовершенствованных НПА.

В рамках программы, в частности, группа Forward PASS предложила концепцию универсальной плавучей ПУ (BUBL — Broaching Universal Buoyant Launcher), предусматривающей размещение полезной нагрузки в капсуле, которая выстреливается с

погруженной АПЛ и затем поднимается к поверхности. Такая ПУ может устанавливаться либо в легком корпусе в «бомбовом люке», либо внутри прочного корпуса.

Это позволит АПЛ покинуть район перед непосредственным использованием оружия. Для реализации концепции предлагалось использовать капсулу Stealthy Affordable Capsule System (SACS), разработанную фирмой Northrop Grumman. Эта разработка была продемонстрирована в ходе учений в 2003 г. с борта ПЛАРБ SSBN

729, переоборудованной под носитель КР.

Рассматриваются также различные системы вертикального пуска, в частности проект «Cormorant», разработанный под руководством Управления DARPA по запуску БЛА. На испытаниях, проводившихся фирмой GD Electric Boat, эта система продемонстрировала возможность запуска больших БЛА.

В рамках этой же программы была разработана система связи с кораблями оперативного соединения с фазированной антенной, которая обеспечивает многофункциональные возможности связи, имеет малую эффективную площадь рассеивания (ЭПР) и повышенную гидродинамическую устойчивость. Предполагается, что в конечном счете новая система обеспечит возможность «визуализации» обстановки в районе боевых действий. Подобные системы планируется установить на АПЛ IV подсерии.

К прорывным технологиям дальней перспективы относятся разработки безвальной пропульсивной системы, для которой требуются только турбинные установки для привода электрогенераторов большой мощности. Использование таких приводов взамен существующих систем механического привода ГВ позволит исключить турбозубчатый агрегат и гребной вал (ГЭД размещается вне прочного корпуса), а также обеспечивающее их работу оборудование. Высвободившиеся объемы в кормовых отсеках АПЛ могут быть использованы для размещения различного оборудования и оружия или другой полезной нагрузки.

Кроме того, появится возможность использования значительной части генерируемой электроэнергии не только на обеспечение хода, но и, например, на питание перспективных видов оружия высокой энергии, без существенного влияния на скорость АПЛ.

Цель еще одного направления исследований — вынос торпедных аппаратов (ТА) из прочного корпуса (ПК) АПЛ, что, помимо высвобождения объемов внутри ПК позволит отказаться от систем обеспечения торпедной стрельбы, а также торпедо-заместительных цистерн. Кроме того, забортное размещение торпедного оружия не требует обеспечения маневрирования торпеды после выхода из ТА, как это имеет место в настоящее время (из-за размещения ТА под углом к диаметральной плоскости), а также позволит отказаться от прочных конструкций ТА, включая крышки (значительный источник шумоизлучения) и упростить системы подводной стрельбы.

На первом этапе работ был создан полномасштабный опытный образец модульной системы стрельбы, при помощи которого провели успешный пуск торпеды Mk 48 на ма-

лой глубине. На втором этапе предусматривалось продолжение разработок и испытаний, в том числе на максимальной оперативной глубине, и исследование вопросов интеграции системы стрельбы с перспективными АПЛ.

Главные проблемы, с которыми столкнулись разработчики, — обеспечение доступа к забортным ТА и оружию, их загрузка, обслуживание и предпусковая подготовка. По словам представителя верфи Electric Boat, в настоящее время разработка внешних систем размещения и использования оружия выполнена не как часть создания нового проекта ПЛ, а для поиска требующихся для этого специальных технологий.

Большой объем исследований касается разработки новых строительных технологий для АПЛ типа «Virginia». Их главная цель — снизить стоимость строительства АПЛ.

Литература

Combat Fleet of the World. 16th Edition.
IHS Jane's Fighting Ships. 2015—2016.
IHS Jane's Navy International. 2014.
January/February.
IHS Jane's Defence Weekly. 2014. Vol. 51.
№ 23. 4 June. P. 22—27.
Europdische Sicherheit Technik, 2013. № 6.
S. 68.
IHS Jane's International Defence Review. 2014.

Vol. 47. June. P. 30, 31.
Jane's International Defence Review. 2009.
Vol. 42. October. P. 59.
Naval Forces. 2013. Vol. 34. № 4. P. 28—31.
Материалы конференции UDT Europe 2009—2015. CD-ROM.
Tactical Relay InformatiOn Network program. 2010. January 29. P. 1—40.
PEO SUB-NSL Symposium. 24.10.2013.
The Silent Sentinel. 2012. April. P. 15—16.
Europdische Sicherheit Technik. 2013. № 6.
S. 68.
Northrop Grumman, Shipbuilder. 2010. Vol. 2.
№ 4. June. P. 6.
PEO SUB-NSL Symposium. 24.10.2013.
Ronald O'Rourke. Navy Virginia (SSN-774) Class Attack Submarine Procurement: Background and Issues for Congress. 14.04.2016.

Источники в Интернете

www.fuelcelltoday.com
www.defence.pk
www.navyrecognition.com
www.defensenews.com
www.janes.com
www.navsea.navy.mil
www.washingtontimes.com
www.dodbuzz.com
www.svt.se
www.fas.org
www.globalsecurity.org
www.baesystems.com
www.plrc.org
www.multiwebs.net
www.defensetech.org
www.nwemail.co.uk
www.nuclearpeace.jimdo.com
www.defenseindustrydaily.com
www.militaryaerospace.com
www.naval-technology.com

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «СУДОСТРОЕНИЕ»

На 2017 г. подписку на журнал «Судостроение» можно осуществить по каталогам ФГУП «Почта России».

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС ЖУРНАЛА «СУДОСТРОЕНИЕ» П2469.

В каталоге «Подписные издания. Официальный каталог Почты России. Первое полугодие 2017» журнал «Судостроение» — на странице 186. Каталог должен быть во всех почтовых отделениях страны.

«Онлайн»-подписку в Интернете по электронному каталогу Почты России можно оформить по адресу <https://podpiska.pochta.ru>

Кроме того, номера журнала «Судостроение» можно также заказать непосредственно в редакции, в том числе имеющиеся в наличии предыдущие выпуски.



О ХОЛОДОСНАБЖЕНИИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

С. И. Бурцев, докт. техн. наук, А. А. Дзино, канд. техн. наук
(ЗАО «БЮРО ТЕХНИКИ», e-mail: bt@bt-comfort.ru)

УДК 629.5.048.3

Системы комфортного кондиционирования воздуха предназначены, как это и следует из их названия, для создания и поддержания комфортных условий во внутренних помещениях кораблей и судов при нахождении последних в районах с повышенными температурами с активно действующей солнечной радиацией и в районах с пониженной температурой и ветром. Системы холодоснабжения обеспечивают работу систем кондиционирования, ассимилируя внешние и внутренние тепловые возмущения в эксплуатационном периоде.

Особенность судовых условий в том, что член экипажа равновероятно может находиться в жилых, общественных или служебных помещениях судна, и это приводит к заметному увеличению расчетной холодопроизводительности систем кондиционирования и систем холодоснабжения. Другая особенность заключается в невозможности создания на судах эффективной тепловой изоляции с высоким термическим сопротивлением, а это, вместе с неизбежными и многочисленными тепловыми мостами, увеличивает расчетную холодопроизводительность как из-за повышенных температур окружающей среды, так и из-за облучения солнечной радиацией корпуса судна и его надстроек. При этом понятно, что дефицит холодопроизводительности приведет к росту температуры и энтальпии воздуха в помещениях и, как следствие, к усилению негативного влияния человеческого фактора на управление судном и его системами и на военный эффект от систем вооружения кораблей.

На сегодняшний день остаётся неизменным традиционная выработка холода для судовых систем кондиционирования, основанная на использовании электропотребляющих парокompрессионных холодильных машин (ПКХМ). Так, например, компания ОАО «ВНИИХОЛОДМАШ», определяющая себя основным разработчиком судовых систем кондиционирования возду-

ха и охлаждения¹, разрабатывает и производит турбокомпрессорные и винтовые холодильные машины нескольких видов и типоразмеров.

Принимая во внимание федеральную целевую программу правительства РФ от 15.04.2014 г. № 319 «Развитие морского и речного транспорта», появляется возможность перспективного проектирования и строительства крупных фрегатов, авианесущих кораблей, крупных серийных пассажирских судов. В связи с этим становится весьма актуально и полезно проанализировать наличие альтернативных способов выработки холода.

Отметим, что независимо от типа силовой судовой установки, будь то дизельный двигатель или газовая турбина, их коэффициент полезного действия не превышает ~40%. Это означает, что около 60% теплоты сгоревшего топлива сбрасывается в окружающую среду.

На поверхности лежит решение, которое напрямую связано с использованием систем холодоснабжения кондиционирования воздуха, базирующееся на абсорбционных холодильных машинах (АБХМ). Само решение о применении АБХМ на судах известно. Основным негативным фактором, сдерживающим использования АБХМ, является заметно большая масса, чем у парокompрессионных холодильных машин.

Рассмотрим некое гипотетическое крупное судно с общим числом членов экипажа и пассажиров в 100 чел. Оценка потребности в холодоснабжении в ~500 кВт. Осуществим подбор абсорбционных и парокompрессионных холодильных машин для этого варианта с учетом их инфраструктуры.

Поскольку цель работы заключается в сопоставительном анализе решений по холодоснабжению на основе АБХМ и ПКХМ, а информации о судовом исполнении оборудования недостаточно, то возьмём в рассмотрение для обоих вариантов общепро-

¹ http://vhm.ru/industry/item/navy_21.html

Таблица 1

Характеристики холодильных машин

Оборудование	Массогабаритные показатели				Холодопроизводительность, кВт	Электропотребление, кВт
	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг		
Абсорбционные						
АБХМ Hyundai на горячей воде, модель HHW-160	4280	1610	2700	8700	500	3,4
АБХМ Hyundai на водяном паре, модель HTSN-150	3330	1670	2200	6600	500	2,8
Парокомпресссионные						
TRANE, модель RTWD-140 HE	3395	1272	1943	3800	534	101

мысленные разработки, предполагая, что выводы в их относительном сравнении будут справедливы и для морского исполнения.

Итак, проанализируем два варианта АБХМ, произведенных компанией Hyundai. Первая машина

работает на горячей воде с $t_w \leq 95 \text{ }^\circ\text{C}$, модель HHW – 160, $Q_0 = 500 \text{ кВт}$, полагаем, что силовая судовая установка построена на дизельных моторах. Вторая машина – HTSN – 150 работает на паре, силовая судовая установка построена

на газовой турбине с котлом-утилизатором, производящим пар для паровой турбины. Во втором варианте АБХМ будет работать как конденсатор обработанного пара. Характеристики машин представлены в табл. 1, а внешний вид – на рис. 1.

Известная эффективность двухступенчатых паровых АБХМ проявилась в том, что масса паровой АБХМ на 35% ниже, чем у машины, работающей на горячей воде ($t_w = 85 - 95 \text{ }^\circ\text{C}$) [3]. Меньше и габаритный объем, $V_P = 3,33 \times 1,67 \times 2,20 \sim 12,23 \text{ м}^3$, в то время как объем водяной АБХМ, $V_P = 4,28 \times 1,61 \times 2,70 \sim 18,60 \text{ м}^3$. Все электрическое потребление (для выработки 500 кВт холода) 3–4 кВт электрической мощности для привода насоса, перемещаю-



Рис. 1. Абсорбционная холодильная машина Hyundai HHW-160



Рис. 2. Парокомпресссионная холодильная машина TRANE RTWD-140 HE



Рис. 3. Дизель-генератор PS Wilson P165-1

щего внутри АБХМ раствор бромистого лития (LiBr).

Несколько иная ситуация возникает в случае применения ПКХМ. Выберем для задачи сопоставительного анализа высокоэффективную машину TRANE, модель RTWD – 140 HE. Характеристика машины представлена в табл. 1, а внешний вид на рис. 2.

Сопоставив материалы табл. 1, видно, что масса АБХМ по сравнению с ПКХМ примерно в два раза больше – 6,6 т и 8,7 т против 3,8 т соответственно. Однако картина анализа изменится, если для вариан-

та ПКХМ учесть массу электрогенератора и топливную ёмкость с топливом на 1 мес. работы.

Допустим, для привода ПКХМ работает дизель-генератор фирмы PS Wilson, модель P165-1 (рис. 3). Выработывая 120 кВт электрической мощности, генератор расходует дизельное топливо в количестве 40,9 л/ч. За месяц работы с загрузкой в 80% объем дизельного топлива составит 23 600 литров, ~24 м³.

В табл. 2 сведены общие характеристики парокомпрессионной холодильной машины, дизель-генератора, топливного танка и самого топлива на 1 мес. непрерывной работы.

Как видно из табл. 1 и 2 масса ПКХМ с инфраструктурой в 3–4 раза больше, чем у АБХМ, причем наибольшую долю дает дизельное топливо.

Таким образом, основное сомнение специалистов в целесообразности использования АБХМ на кораблях и судах, связанное с массогабаритными характеристиками АБХМ, можно сказать, преодолено. В развитии тезиса о целесообразности применения АБХМ можно привести и следующие соображения.

Первое. АБХМ работает на водном растворе LiBr, достаточно нейтральном в экологическом плане химическом соединении, не способствующему глобальному потеплению и разрушению озонового слоя Земли.

Второе. АБХМ работает под вакуумом, поэтому в случае потери герметичности машина не создает угроз к механическому разрушению окружающей структуры.

Третье. АБХМ не содержит элементов высокоточной механической обработки и представляет собой систему кожухотрубных теплообменных аппаратов. Это делает ее производство достаточно простым, а надежность работы высокой.

Четвертое. АБХМ создает холод практически без финансовых затрат, утилизируя бросовую теплоту силовой установки. Иначе дело обстоит в случае применения ПКХМ.

Пятое. Эксплуатационные и сервисные затраты на АБХМ много ни-

Таблица 2

Массогабаритные характеристики ПКХМ, дизель-генератора, топливного танка и топлива							
Оборудование	Массогабаритные показатели				Холодопроизводительность, кВт	Электропотребление, кВт	Потребление топлива, л/ч
	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг			
ПКХМ TRANE, модель RTWD – 140 HE	3395	1272	1943	3800	534	101	—
Дизель-генераторная установка PS Wilson P165-1	2500	1120	1552	1660	—	—	40,9
Топливный танк	5100	2500 (диаметр)	—	4800	—	—	—
Дизельное топливо в расчёте на 30 дней	—	—	—	18800	—	—	—
ИТОГО	—	—	—	29060	534	101	—

же, чем затраты на ПКХМ с инфраструктурой, а надежность функционирования выше.

Ввиду очевидной целесообразности использования абсорбционных холодильных машин на кораблях и судах необходимо разработать термодинамически эффективные схемы машин с учетом современных возможностей отечественной техники, разработать их типоразмерный ряд и налаживать производство. Интеллектуальные вопросы достаточно хорошо проработаны отечественными специалистами [4, 5, 6], а практически массовое производство АБХМ в Корее (четыре завода) и КНР (пять заводов) указывает на хорошие перспективы и отечественного производства в условиях действия правительственной программы по импортозамещению.

Поскольку судовые АБХМ используют побочную теплоту силовых установок (по существу-то бросовую) и их энергетическая эффективность может быть и не высокой, то целесообразно изучить вопрос производства АБХМ для провизионных камер с кипением незамерзающих водных растворов на уровне –20 °С.

Заключение

1. Сопоставительный анализ показывает, что АБХМ имеет в 3–4 раза меньшую массу, чем ПКХМ с инфраструктурой.

2. АБХМ для выработки холода использует бросовую теплоту главной силовой судовой установки, а ПКХМ расходует возимый запас топлива с уровнем месячного расхода до 40 кг/кВт.

3. В стоимость изготовления ПКХМ и ее инфраструктуры войдут затраты на дизельный двигатель электростанции, электрогенератор, электродвигатель ПКХМ, работающий в среде хладонов, холодильный компрессор, испаритель для охлаждения воды и охлаждаемый забортной водой конденсатор. Все это оборудование (даже в условиях налаженного производства) будет в разы дороже АБХМ, понятным прототипом которой являются два кожухотрубных теплообменных аппарата.

4. Для судовых условий, когда исходный энергетический ресурс избыточен разработку АБХМ следует вести не на максимальный тепловой коэффициент, а на максимальную компактность, т.е. на минимальные габариты и занимаемый объем.

Литература

1. Шмуйлов Н. Г. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные и теплонасосные машины: Обзорная информация. М.: ЦИНТИ-ХИМНЕФТЕМАШ, 1983.
2. Бараненко А. В., Тимофеевский Л. С., Долотов А. Г., Попов А. В. Абсорбционные преобразователи теплоты. СПб.: СПбГУНИПТ, 2005.
3. Шмуйлов Н. Г. Разработка и внедрение АБХМ и ТН // Холодильная техника. 2000. № 9.
4. Дзино А. А., Бяков А. В. Абсорбционный бромистолитиевый понижающий термотрансформатор в системе теплохладоснабжения // Известия СПбГУНИПТ. 2000. № 1.
5. Дзино А. А., Тимофеевский Л. С., Ковалевич Д. А. Синтез термодинамических циклов одноступенчатой абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины // Холодильная техника. 1992. № 6.
6. Дзино А. А., Тимофеевский Л. С., Ковалевич Д. А. Физико-математическая модель абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины с разделным теплообменом // Холодильная техника. 1992. № 9.

МОДУЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КРЕПЛЕНИЯ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ МЮПРО (MÜPRO) ПРЕДЛАГАЕТ СПЕЦИАЛЬНО АДАПТИРОВАННУЮ ЛИНЕЙКУ ИЗДЕЛИЙ

Крепление трубопроводов в судостроении предъявляет особые требования к планировщикам и монтажникам: под палубой мало места, конструкция судна затрудняет разработку и установку оборудования. К этому добавляются внешние факторы, такие как воздействие морской воды. Всё это должно быть учтено еще на этапе планирования, а также при выборе тех или иных изделий. Для решения задач крепления в судостроении



Зажим. Применение: стальная балка — MPR-система

MÜPRO (МЮПРО) предлагает широкую линейку изделий, адаптированную как раз к специфическим требованиям и условиям монтажа. Решения по установке варьируются от отдельных резьбовых или сварных соединений до закрепления на основном каркасе системы креплений и использования приваренных вертикально расположенных и привинчиваемых горизонтально расположенных элементов с отверстиями. Вы можете найти системные решения от MÜPRO на крупных пассажирских судах, таких как «Квинн Мэри» («Queen Mary»), паромах, например, на паромах с двумя аппаратами, используемых компанией «БиСи-Феррис» («BC-Ferries»), а также на военных кораблях, судах специального назначения и крупных яхтах.

Изделия и решения, предлагаемые фирмой МЮПРО, разработаны в Германии. При разработке и конструировании компания MÜPRO делает ставку на более чем пятидесятилетний опыт работы в данной отрасли. Изделия MÜPRO отвечают всем требованиям в соответствии со специальными целями применения на судах, а также в области военного кораблестроения. Они обладают соответствующими допусками для гражданского судостроения и военно-морских сил, испытаны и сертифицированы международно признан-

ном Классификационным обществом DNV GL. Также к достоинствам всех изделий относятся высокое качество, простота установки и высокая экономичность. Конструкции оптимально интегрируются в конструкцию судна; трубопроводы и другие составные части надежно и прочно, с высокой степенью плотности устанавливаются в помещениях. Все материалы и поверхности устойчивы к коррозии и тем самым наилучшим образом подходят для использования в агрессивных средах, таких как морская вода. Помимо этого, благодаря соответствующим решениям по



Зажим. Применение: стальная балка — SRS-система

ударной защите происходит эффективное снижение вибраций и шумовой нагрузки.

ГИБКАЯ ОСНОВА СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ

Благодаря модульной структуре системы монтажных профилей MÜPRO возможна гибкая установка конструкций, а также их оптимальное комбинирование при помощи адаптированных к внутренним частям судна хомутов и большого количества крепежных деталей. При помощи системы монтажных профилей MÜPRO и решетки основного каркаса системы несложно создать отделения под палубой. Также системные решения наилучшим образом подходят для местных креплений в области стен. Наличие профилей различных размеров позволяет осуществлять крепление трубопроводов,



Настил

воздуховодов или каркасных конструкций с учетом нагрузки. Благодаря этому формируется идеальная база для упрощенного крепления систем без значительных временных затрат на монтаж отдельных элементов. Следующее преимущество: сокращаются «горячие» работы на предмонтажном этапе, нет необходимости в предварительной установке привариваемого держателя, система крепится при помощи привариваемых болтов. К тому же широкое использование перфорированных монтажных профилей дает экономию веса. Кроме этого, в любое время возможны перестройка или внесение изменений в систему крепления.

КОНСТРУКЦИИ НАСТИЛА С СИСТЕМОЙ МОНТАЖНЫХ ПРОФИЛЕЙ СЕРИИ MPR

MÜPRO предлагает разнообразные возможности комбинирования для крепления реек настила и находящихся под ним систем специ-



Настил. MPR-система

ально с системой монтажных профилей MPR. Благодаря системе приваривания болтов «High-Speed Welding», можно без проблем закрепить детали системы на конструкциях судна, а затем разместить трубопроводы и каналы на монтажном профиле. При этом, для несложного размещения компонентов системы крепления, в рейках несущих профилей имеются прорези. Установка хомутов для труб и деталей крепления является точной и при этом гибкой. Благодаря канту в виде порошка на верхней монтажной рейке возможно удобное размещение рифленых листов и решеток. В любое время возможно внесение дополнений и изменений в настил при последующей перестройке или на этапе строительства. Следующее преи-



Настил. Вариант 1



Настил. Вариант 2



Настил. Вариант 3



Настил. Вариант 4

мущество этой системы: отпадает необходимость покрасочных работ на борту, так как профили поставляются уже покрытыми цинком или лаком. Предлагаемые MÜPRO системы монтажных профилей серии MPR проходят горячее цинкование.

КОМПЛЕКСНОЕ СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

К услугам, предоставляемым MÜPRO, относятся также комплексное техническое консультирование и сопровождение проекта на месте. Инженеры MÜPRO разрабатывают индивидуальные предложения по системам крепления, согласованные с пожеланиями клиен-

тов. Планирование и создание чертежей осуществляется в 2D- или 3D-CAD и охватывает проекты, предварительные статические расчёты и определение размеров, в том числе мест крепления и перемещения в горизонтальной плоскости. Техническое консультирование по применению и использованию изделий MÜPRO является нашим приоритетом. Сверх того MÜPRO предлагает индивидуальное изготовление особых изделий для индивидуальных заказов и реализует в области обслуживания клиентов особые конструкции и решения в соответствии с данными заказчика.

Сюда входит планирование и статические расчёты, а также проектирование отдельных составных частей и полный предварительный монтаж структурных блоков, включая своевременную доставку на верфь.

Оптимальные предпосылки для успешного планирования и реализации решений по креплению, специально ориентированных на судостроение.



НЕУДАЧНЫЙ УЧЕБНИК

При недавнем посещении научно-технической библиотеки Крыловского государственного научного центра на стенде новых поступлений мое внимание привлекла книга В. Ф. Диденко, Г. А. Архипова, А. Ю. Чистякова и И. А. Боровиковой «Проектирование систем судовых энергетических установок. Конструктивные элементы трубопроводной арматуры» (под общей редакцией Б. В. Ракицкого. СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2015).

Книга, обозначенная как учебник, посвящена судовой арматуре, которая, как известно, относится к изделиям, широко применяемым в судовых системах и трубопроводах различного назначения, в том числе в системах судовых энергетических установок (СЭУ).

Разработка и производство судовой арматуры, как в нашей стране, так и за рубежом, базируется на развитой системе стандартов, обеспечивающей взаимозаменяемость и совместимость изделий, а также универсализацию их применения в системах и трубопроводах различного функционального назначения. При подготовке специалистов для судостроительной промышленности весьма важно, чтобы в процессе освоения студентами учебных программ ими усваивались основы стандартизации и унификации, а также наиболее важные стандарты, относящиеся к соответствующему учебному курсу, в нашем случае — к судовой арматуре. Поэтому я, как сотрудник НИИ «Лот», в первую очередь, обратил внимание на многочисленные ссылки в учебнике на стандарты. Однако, на мой взгляд, авторы недостаточно внимательно и корректно воспользовались фондом национальных и отраслевых стандартов по трубопроводной арматуре, особенно судовой.

Общие требования к судовой арматуре. В главе 1 следовало привести общие сведения об арматуре систем и трубопроводов СЭУ и там же ознакомить студентов с общими требованиями важнейших стандартов к судовой арматуре, обеспечивающих разработку и производство арматуры, соответствующей требованиям ее эксплуатации на кораблях и судах, взаимозаменяемости и сов-

местимости, к которым относятся: ОСТ5Р.5571—2010, содержащий общие требования к арматуре, подобно давно отмененному, но многократно упоминаемому авторами ГОСТ 1926—80; ГОСТ 1536—76 на присоединительные размеры фланцев; ГОСТ 30816—2002 на строительные длины фланцевой арматуры; ГОСТ 2822—78 на присоединительные размеры цапковой и штуцерной арматуры; ОСТ5Р.5462—82 по применению материалов арматуры систем СЭУ и другие. Однако вместо этого авторами почти под каждым рисунком арматуры повторяется, что технические требования по ГОСТ 1926—80, хотя на самом деле, как отмечено выше, в этом стандарте содержатся общие требования ко всей судовой арматуре, а требования к арматуре, показанной на рисунке, установлены совсем в другом нормативном документе.

Под изображениями арматуры можно было указать стандарты, устанавливающие особые требования к изделиям, и раскрыть их суть, а не приводить ничего не говорящие студенту обозначения документов.

Терминология. В процессе обучения студенты со «школьной скамьи» должны осваивать современную научно-техническую терминологию, однако в учебнике допущено достаточно много нарушений действовавшего ГОСТ Р52720—2007 «Арматура трубопроводная. Термины и определения», который, кстати, авторами помещен в табл. П.3.5 приложения 3 и должен был обязательно использоваться при написании книги.

Начнем с названия учебника: «Конструктивные элементы трубопроводной арматуры». С учетом принятой в ГОСТ Р52720—2007 терминологии элемент — это составная часть арматуры, например: запирающий элемент, фланец, шпindel, шток и т. п. На самом деле в учебнике рассматривается трубопроводная арматура как изделие в целом. Поэтому вторую часть заголовка следовало назвать: «Трубопроводная арматура».

В учебнике важнейшие технические характеристики арматуры — номинальное давление PN и номинальный диаметр DN — названы достаточно давно вышедшими из упот-

ребления терминами — условное давление P_y и условный проход D_y .

В главе 1 классификация арматуры не соответствует ГОСТ Р52720—2007 (виды и типы арматуры).

Термин «вентиль» в конструкторской и нормативной документации судостроительной промышленности никогда не использовался, и в соответствии с 4.2 ГОСТ Р52720—2007 следует применять термин «клапан». В результате этой ошибки в книге появилась отдельная глава 4 «Вентили», хотя по существу, ее содержание относится к главе 2 «Клапаны запорные».

Шиберная задвижка названа шиберным затвором и в результате этого вместо главы 5 «Клинетные и шланговые задвижки» оказалась в главе 12 «Затворы и заслонки».

На рис. 2.14.2, 2.14.3, 2.14.4 дисковые затворы названы клапанами «батерфляй» и вместо главы 12 оказались во 2-й главе.

Авторы поместили в книгу рисунки и таблицы из документов различных разработчиков арматуры с принятой у них терминологией, а перед использованием не отредактировали, поэтому замечания можно было бы продолжить.

Ссылки на стандарты. Под многими рисунками авторами дана ссылка на ГОСТ 1926—80, действие которого давно прекращено. В настоящее время применяется ОСТ5Р.5571—2010 «Арматура общесудовых систем. Общие технические условия», однако, как и ранее ГОСТ 1926—80, новый стандарт устанавливает требования ко всей судовой арматуре и о нем следовало сказать в начале 1-й главы, а не упоминать под каждым рисунком.

Под рис. 2.6.11 дана ссылка на нормаль ОН9-461—69, которая отменена в 1981 г.

К рис. 2.7.3 ошибочно указано, что технические требования к клапану по ГОСТ 15150—69, который на самом деле носит общетехнический характер и устанавливает климатическое исполнение любых изделий.

К рис. 2.7.10, 2.8.1 и 2.8.2 указано, что присоединительные размеры клапанов по ГОСТ 6521—72, который на самом деле распространялся на манометры и уже давно отменен.

Примеры ошибочных ссылок на стандарты можно было бы продолжить.

С содержанием книги никак не связано приложение 3, включающее стандарты предприятия (ЦКБА), отраслевые стандарты бывших Минтяжмаша (ОСТ 24) и Минхимнефтемаша (ОСТ 26). Вместе с тем отсутствуют сведения о фонде ГОСТ и ОСТ судовой арматуры, которые могли бы быть полезны студентам при выполнении курсовых работ.

Для иллюстрации качества подготовки учебника достаточно нескольких примеров.

К рис. 1.2.3 вместо указанного стандарта ГОСТ 1926—80, (см. выше) следовало записать ОСТ5.5116—73 «Захлопки путевые и бортовые бронзовые. Технические условия», в котором действительно содержатся требования именно к этим захлопкам. Необходимо также заметить, что таблица к рис. 1.2.3 содержит неверные данные длины и массы захлопок.

То же касается информации о невозвратных приемных клапанах, представленных на рис. 3.1.13, 3.1.14 и в таблицах, не соответствующих ОСТ5P.5249—84 «Клапаны невозвратные приемные фланцевые. Технические условия»; клапанных коробок (рис. 2.16.2—2.16.4), в действительности изготавливаемых в соответствии с требованиями ОСТ5P.5404—79 «Коробки клапанные фланцевые бронзовые. Технические условия», и редукционного клапана (рис. 8.15) с требованиями по ОСТ5P.5080—72 «Клапаны редукционные паровые. Технические условия», широко применяемого в трубопроводах перегретого и насыщенного пара систем СЭУ. В таблице к рис. 8.15 только ее верхняя часть (с P_p до 1,8 МПа) в действительности относится к данному типу клапана.

На стр.410—416 с совершенно непонятной целью помещена таблица с условными графическими обозначениями элементов трубопроводов, принятыми в Германии по стандарту DIN (без номера). В таблице также приведены обозначения «по ГОСТ» (номера не указаны), в основном не соответствующие ОСТ5P.5613—2001 «Обозначения условные графические в схемах судовых систем и систем судовых энергетических установок».

С учетом названия учебника и цели его написания, отмеченной в предисловии, авторам следовало связать содержание книги с основными системами энергетических установок: главного, вспомогательного и отработавшего пара, опресненной воды, топливной, масляной, охлаждения забортной и пресной водой, пускового воздуха, а также комплексом систем ядерных энергетических установок, для которых применяется специальная арматура, однако этого не сделано.

В книге (стр. 3) перечислены различные разработчики и поставщики судовой арматуры, в том числе зарубежные, но не указан основной разработчик отечественной судовой арматуры — КБ «Армас» АО «ЦТСС» и заводы АО «Армалит», ОАО «Завод «Буревестник», АО «Завод Гаджиева», хотя значительная часть иллюстраций относится к продукции этих предприятий, впрочем, на мой взгляд, помещать эту информацию в учебник было совсем не обязательно.

Ознакомление студентов с принципами кодирования по ОКП, возможно, полезно, но не следовало к судовой арматуре относить продукцию класса 31 (теплообменные аппараты, центрифуги, фильтры и др.), класса 37 (нефтеперерабатывающее оборудование, центробежные сепараторы и др.) (табл. 1.2.1 книги).

В книге много неточностей:

на стр. 9 сказано, что на рис. 1.2.3 приведено кодирование захлопки, однако на рисунке это, естественно, отсутствует, а в таблице к рисунку помещены готовые коды изделий;

на рис.2.3.4 и 2.4.3 помещены клапаны системы водяного пожаротушения, а не СЭУ, причем без соединительной головки, необходимой для подсоединения пожарного рукава;

на рис. 2.7.2 изображен не сильфонный, а сальниковый клапан. В экспликации к рисунку допущены ошибки: 2 — не золотник, а тарелка, 3 — не сильфон, а крышка;

клапан на рис. 2.7.4 относится к одной из систем, обслуживающих ракетное оружие, а не к СЭУ;

на рис. 2.7.6 клапан не прямой, а проходной;

на рис. 2.9.1, 2.9.2 приведены чугунные клапаны зарубежного про-

изводства, не относящиеся к судовым и системам СЭУ;

на рис. 2.13.3 с никак не поясненной целью показаны корпуса клапанов, не имеющие деталей, перечисленных в подрисуночной подписи;

на рис. 2.15.1 и 2.15.2 изображены не клапаны, а заслонки, причем для системы кондиционирования воздуха, не относящейся к системам СЭУ;

на рис. 3.1.6, 3.1.8 и 3.2.1 чугунные клапаны явно не судовые и к СЭУ отношения не имеют;

на рис. 3.2.2—3.2.5 не клапаны, а захлопки, к тому же не судовые;

на рис. 3.5.4, 3.5.11 клапаны не невозвратно-запорные, а запорные; «кран с шаровым узлом» (рис. 7.4) должен был быть в подразделе 7.8 «Краны шаровые»;

краны системы бытового водоснабжения (для моек, умывальников, бань) на рис. 7.4.5, 7.6.2, 7.6.3, 7.6.5—7.6.7, 7.7.1—7.7.3 не относятся к СЭУ;

краны из пластмасс (рис. 7.8.1 и 7.8.14) запрещено применять в системах СЭУ даже на судах гражданского назначения;

захлопки рис. 11.4 и 11.5 предназначены для сточных систем, а не СЭУ;

на рис. 12.1.10 представлена не кинематическая схема дискового поворотного затвора, а его детали и т. д.

Приложение 5 «Гидравлические сопротивления трубопроводной арматуры и элементов трубопроводов» не связано с проектированием судовой арматуры и может использоваться специалистами исключительно при гидравлических расчетах судовых систем, причем для этих целей в отрасли принят руководящий документ, основанный на испытаниях судовой арматуры и фасонных частей трубопроводов. В учебнике было бы более уместно в отдельном разделе, посвященном запорной арматуре, привести основные сведения о потерях напора и гидродинамических характеристиках арматуры (клапанов, задвижек, захлопок и др.). Здесь же, для примера, могли быть также приведены коэффициенты сопротивлений соответствующих типов арматуры.

В главе 6 («Кингстоны») следовало бы отметить, что кингстоны должны обеспечивать герметичность запорного органа в случае пожара,

когда могут выгореть любые мягкие уплотнения тарелки, в связи с чем уплотнения тарелки и седла кингстона должны быть — «металл по металлу», но об этой важной особенности кингстонов ничего не сказано.

Приведенные в начале главы 6 «Общие сведения» об устройстве и конструкции кингстонов относятся не ко всем кингстонам, а исключительно к кингстонам подводных лодок, и сюда следовало бы добавить пояснения, кроме особого расположения тарелки, о принятой грибовидной форме бортового фланца кингстонов (рис. 6.1.2 и 6.1.6, 6.2.2), что в совокупности повышает взрывостойкость кингстонов и сохранение герметичности запорного органа при воздействии ударной волны, сопровождающей взрыв глубинных бомб. Здесь же следовало пояснить, что такие требования к кингстонам рис. 6.1.4—6.1.7 надводных кораблей не предъявляются и узел «тарелка—седло» имеет конструкцию, аналогичную запорному клапану.

Кингстон рис. 6.1.3 для подводного аппарата (лодки) с глубиной погружения до 1000 м, как весьма специальный, можно было в книгу не помещать, а отсутствующий в книге кингстон для продувания котлов по ОСТ5Р.5310—76, как относящийся к СЭУ, был бы вполне уместен, но в учебнике его нет.

Судостроение относится к оборонным отраслям промышленности и его главная задача — постройка надводных кораблей, подводных лодок и судов обеспечения для ВМФ. При этом комплектация систем СЭУ всегда осуществлялась отечественной судовой арматурой, соответствующей требованиям ВМФ, что должно быть и впредь. Поэтому выпускникам СПбГМТУ совершенно не обязательно знать весьма общие сведения об арматуре зарубежного производства фирм США, Германии, Да-

нии и как ее кодируют (приложение 1). Другое дело, если бы в учебных целях были рассмотрены отдельные оригинальные конструктивные решения, принятые в зарубежной арматуре и полезные для применения в отечественной практике.

Материал книги явно недостаточно отредактирован, а именно:

рисунки арматуры во многих местах книги помещены без необходимой корректировки заимствованного рисунка (чертежа), подрисовочные подписи не унифицированы по стилю написания, таблицы составлены с разной подробностью и едва ли в таком виде необходимы студентам для изучения конструкций арматуры, например, к зарубежному редуccionному клапану ARJ — на трех страницах (стр. 288—290);

на многих рисунках указаны размеры, отсутствующие в таблицах к этим рисункам (рис. 2.7.1, 2.2.2, 2.3.1, 2.4.1—2.4.3 и др.);

во многих случаях неверно указаны номинальные давления (рис. 2.2.1, 2.2.2, 2.4.2 и др.);

на рисунках и в таблицах к ним по разному обозначены номинальные диаметры (D_u и DN).

Не следовало перегружать книгу таким большим количеством рисунков арматуры и таблиц. Следовало ограничиться типовыми представителями изделий. Например, к рис. 2.2 мало что добавляют рис. 2.1.1—2.1.8; то же самое относится к иллюстрациям клапанов на стр. 33, 34, 39, 41—43, 55, 56 (рис. 2.6.4, 2.6.5, 2.6.10, 2.6.12, 2.6.13, 2.6.14, 2.8.1, 2.8.2.2) и многим другим, не содержащим каких-либо пояснений к особенностям конструкций изделий, хотя они были бы полезны, например, по конструкции уплотнения шпинделя клапанов на рис. 2.6.4 и 2.6.5.

В части, касающейся расчетов арматуры, следует заметить, что в силовых расчетах ручного привода

арматуры не учтены эргономические требования, ограничивающие величину крутящего момента на маховиках и рычагах, как это требуют ГОСТ 21752—76 и ГОСТ 21763—76, устанавливающие общие эргономические требования системы «человек—машина».

Помещенные в книгу расчеты следовало бы, как это обычно принято в учебниках, дополнить примерами расчетов, что существенно облегчило бы выполнение расчетов в практических работах студентов.

В аннотации к учебнику сказано, что он предназначен для студентов высших учебных заведений и может быть рекомендован инженерно-техническим и научным работникам, занимающимся проектированием систем СЭУ, однако с учетом отмеченных существенных недостатков, по моему мнению, книга не должна использоваться в качестве учебника и не может быть рекомендована специалистам, проектирующим системы СЭУ.

На мой взгляд, для подготовки студентов СПбГТУ и специалистов отрасли более предпочтительной остается книга М. С. Кашанского и др. «Судовая арматура» (изд-во «Судостроение», 1975), поскольку за годы, прошедшие после ее издания, не произошло принципиальных изменений в методах проектирования арматуры. По сравнению с рассматриваемым учебником, эта книга излагает сведения о судовой арматуре, безусловно, более грамотно, последовательно и достаточно обстоятельно (авторы — известные в отрасли специалисты), хотя в ней 27 усл. печ. л., а в учебнике в два раза больше — 66,4.

**А. П. Фомин, канд. техн. наук,
главный эксперт НИИ «Лот»
ФГУП «Крыловский ГНЦ»,
e-mail: lot@krylov.spb.ru**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПРАВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ (МИКРОПОРИСТОСТИ) ЛИТЬЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОВОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

О. Е. Федорова, К. О. Соколов, Е. А. Орлова, канд. хим. наук,
С. В. Евдокимов (АО «ЦТСС», e-mail: inbox@sstc.spb.ru) удк 621.747.58+621.762.86

Несмотря на развитие технологий производства, в деталях, отлитых из различных сплавов, возникает пористость. Отливки с макропорами либо отправляются на переплав, либо, когда это экономически целесообразно, исправляются заваркой, чеканкой и другими способами. Особенно это касается деталей, работающих в жидких средах: детали корпусов двигателей, насосов, редукторов и т. п. Микропористость, присущая всем отливкам из металлических сплавов и изделиям, изготовленным методами порошковой металлургии, существенно снижает ресурс изделий, работающих в коррозионных средах, а также делает невозможной их работу при повышенных давлениях.

Существует два типа пористости: макро- и микропористость. Термин макропористость обычно применяется к порам размерами от миллиметра до нескольких сантиметров. Микропористость — соответствует пористости с радиусом менее 500 мкм. Макропористые детали подлежат восстановлению с использованием эпоксидных композиций и шпатлевок, так как пустоты настолько велики, что воздействуют на структурную прочность и целостность изделия. Микропористость не влияет на эти параметры и является естественным результатом двух физических процессов, проявляющихся при кристаллизации жидких металлов: усадка и абсорбция газа.

По отдельным видам изделий брак в литье достигает 70%, что сказывается на увеличении себестоимости продукции, энергоёмкости, сроках поставки изделий и снижении качества в целом.

Большая номенклатура судовой арматуры, используемой при строительстве судов и кораблей, заставляет задуматься об унификации процесса ликвидации микропористости.

В настоящее время процессы исправления дефектов литья в судостроении регламентируются ОСТ 5.9578—75 «Отливки судовые из цветных сплавов. Исправление дефектов отливок. Типовой технологический процесс». Стандарт распространяется на отливки из цветных сплавов на основе меди,

алюминия и магния. Регламентированный способ устранения микропористости — односторонняя и всесторонняя пропитка бакелитовым лаком марки ЛБС-1 по ГОСТ 901—78.

Исправление пористости пропиткой бакелитовым лаком допускается на отливках, работающих в среде морской или пресной воды, нефти, масла или пара при температуре не выше 130 °С. Пропитка деталей бакелитовым лаком осуществляется в специальном автоклаве под давлением с последующей промывкой этиловым спиртом и сушкой. Оборудование участка состоит из автоклавов, сушильных шкафов, ванн промывки пропитанных бакелитовым лаком деталей.

Регламентированные сегодня методы ликвидации пористости имеют ряд серьезных недостатков — они распространяются только на отливки, изготовленные из цветных сплавов, в процессе пропитки требуется постоянный пооперационный контроль, начиная с контроля плотности пропитываемого материала, необходима дополнительная оснастка (заглушки и т. д.) для каждого типа отливок. Процесс имеет низкую производительность, большую длительность, трудоемкость и энергозатратность, не обеспечивает высокого качества пропитки. После пропитки требуется дополнительная механическая обработка для удаления пленок и натеков лака. Для исправленных изделий, пропитанных бакелитовым лаком, имеются ограничения по температуре их эксплуатации.

Новейшие конструкторские разработки и технологические процессы требуют современных методов герметизации микропор в металлических отливках и деталях, изготовленных методом порошковой металлургии. Приоритет в этом отдается вакуумной пропитке полимерными составами, как средству надежной герметизации пор различных материалов. Экономические и технические показатели вакуумной пропитки для герметизации пор в условиях поточного производственного процесса делают этот метод неотъемлемой составляющей современных технологий проектирования и изготовления деталей и узлов машин.

Пропитывающие материалы предыдущего поколения (в основном различные композиции на основе жидкого стекла и полиэфирных смол, модифицированных стиролом, в том числе бакелитовый лак) не устраивают производителей, так как они загрязняют поверхность обрабатываемых деталей, не обеспечивают должной герметизации, имеют недостаточно долгий срок службы, не безопасны для рабочих и окружающей среды. До появления материалов компании Loctite (одно из подразделений корпорации Henkel) пропитка считалась дорогостоящей операцией с сомнительной пользой. Благодаря использованию новых полимерных материалов и технологии вакуумной пропитки эти проблемы полностью решены.

Процесс пропитки деталей продуктами Loctite не вызывает их повреждения с изменением геометрических и прочностных характеристик, а также коррозии или окисления. После завершения пропитки детали могут передаваться на сборочные операции без какой-либо дополнительной обработки.

В процессе эксплуатации отвердевший пропитывающий продукт противостоит воздействию химически активных жидкостей, газов, масел и смазок, кислот и топлива. Герметики Loctite прошли интенсивные испытания с целью определения их стойкости к воздействию различных топливных жидкостей, смазочных материалов, смазочно-охлаждающих эмульсий, очистителей и других веществ, которые применяются в судостроительной, автомобильной, аэрокосмической, электронной и других областях промышленности. Сравнительное тестирование показало, что пропитывающие составы Loctite значительно превосходят традиционные средства пропитки по стойкости к растворителям и повышенным температурам. При этом диапазон рабочих температур пропитанных деталей составляет от $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Литые детали также пропитываются с целью герметизации имеющих в них пор перед нанесением защитных или декоративных покрытий на металлы, например, перед нанесением лакокрасочного или гальванического покрытия. Если поры не будут загерметизированы, то во время этих операций возможно

проникновение в деталь различных жидкостей. Жидкость, попавшая в поры, может выделяться из них впоследствии, повреждая окончательное покрытие в виде всевозможных раковин, пузырей или других дефектов. Так, причинами «вздутий», которые происходят в сушильных печах, часто бывают выделения жидкостей и газов из пор. Некоторые дефекты могут проявиться на поверхности только после окончательной обработки, возможно, даже в процессе эксплуатации изделия. Пропитка отливки, осуществляемая перед проведением окончательной обработки, дает возможность исключить попадание инородных жидкостей в поры.

Пористость, присущая деталям, изготавливаемым методами порошковой металлургии, сделала способ пропитки анаэробными смолами Loctite уникальным технологическим процессом. В отличие от литых деталей здесь чаще применяется пропитка с последующим анаэробным отверждением при комнатной температуре.

Подобно отливкам, детали, изготовленные методом порошковой металлургии, подвергаются пропитке для герметизации пор с целью предотвращения попадания растворов в поры и для защиты от дальнейшей коррозии, которая может проявиться уже после нанесения покрытия.

Для исправления микропористости могут применяться пропитывающие составы марки Анатерм ПК-80 (Россия, НИИ полимеров им. Каргина) и Resinol 88С (Германия, Henkel-Loctite), как наиболее близкие по совокупности технологических и эксплуатационных свойств.

Вытекания анаэробного герметика из пор не происходит вследствие отсутствия воздушных пробок, и эффективность такой герметизации очень высока. В процессе использует-

ся только герметик и вода. Излишки продукта легко смываются с поверхностей деталей водой, при этом превосходно очищаются детали даже очень сложной формы. Окончательное отверждение продукта происходит в баке с горячей водой при температуре $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этой температуре герметик полностью отверждается в течение 8–10 мин. К сожалению, при отверждении пропитанных деталей в баке с горячей водой из пор вытекает некоторое количество герметика. Это вызывается тем, что скорость теплового расширения металлических деталей ниже скорости теплового расширения пропитывающего продукта.

Для пропитки деталей могут использоваться различные методы. Выбор конкретного метода зависит от применяемой смолы и требований, предъявляемых к деталям:

- метод «сухой вакуум/давление» — самый медленный и наиболее сложный метод вакуумной пропитки;

- метод «влажный вакуум/давление» иногда рекомендуется для обработки отливок с очень маленькими порами и для металлических деталей, изготовленных методами порошковой металлургии, с высокой плотностью. Эту технологию пропитки применяют для небольших объемов производства или при эпизодической работе участка, когда присущие ей недостатки не успевают проявиться и удается обеспечить должную культуру и чистоту производства;

- метод «влажный вакуум» — самый простой, самый быстрый и наиболее широко распространенный. Простота и быстрота этой технологии, наряду с ее низкой стоимостью, в большинстве случаев служит решающим фактором выбора в ее пользу. Однако таким способом нельзя пропитать детали, которые

Результаты сравнительных испытаний пропиточных составов

Марка материала	Исходная пористость, %	Изменение пористости экспериментальных образцов, пропитанных составом Resinol 88С (ΔП), %	Изменение пористости экспериментальных образцов, пропитанных составом ПК-80 (ΔП), %
Сталь марки ПК40Н2Д2М	16,7–17,3	13,25	1,68
БрОГр2 (Бронза 1)	18,5–20,4	10,50	9,35
БрОСНГр5-2-5-2 (Бронза 2)	14,0–15,5	7,53	4,17

не смачиваются или плохо смачиваются пропитывающей смолой, а также детали, в которых имеются бутылкообразные поры.

Для оценки пропиточной способности составов Resinol 88С и Анатерм ПК-80 были проведены испытания пропитанных экспериментальных образцов на герметичность. Пропитке методом вакуум/давление подвергались образцы из стали марки ПК40Н2Д2М и бронза марок БрОГр2 и БрОСНГр5-2-5-2, изготовленные прессованием с последующим спеканием. Пористость образцов измеряли в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 18898—89 «Изделия порошковые. Методы определения плотности, содержания масла и пористости».

Анализ, полученных результатов (таблица, рис. 1) показал меньшую герметизирующую способность состава ПК-80 по сравнению с составом Resinol 88С для всех испытываемых материалов.

Процент остаточной пористости в случае применения состава Resinol 88С в 2—3 раза меньше, чем ПК-80.

Пропиточный состав Resinol 88С гарантированно снижает общую пористость экспериментальных образцов, изготовленных методами порошковой металлургии, до уровня остаточной пористости 4,18—6,27%, делая 100% их пригодными к использованию с точки зрения герметичности.

Кроме того, пропиточные составы компании Henkel-Loctite имеют значительно более высокие эксплуатационные характеристики, в частности, температурный диапазон эксплуатации от -90 до $+200$ °С по сравнению с температурным диапазоном для отечественных аналогов, который составляет от -60 до $+150$ °С, что дает неоспоримые преимущества, особенно в арктических условиях плавания.

Следует отметить, что после пропитки составом Анатерм ПК-80, промывки и полимеризации при внешнем осмотре образцов из железографита было обнаружено высту-

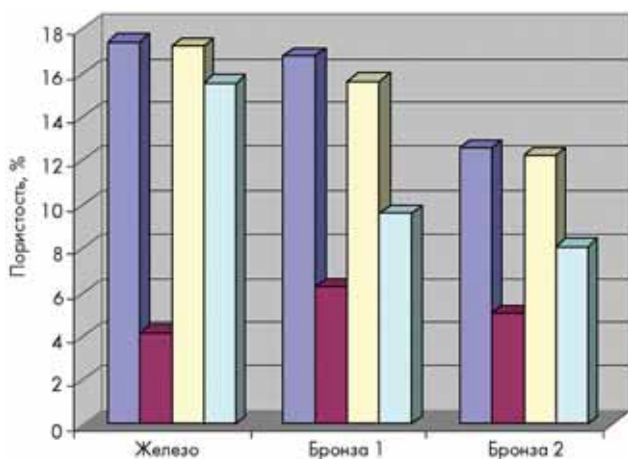


Рис. 1. Сравнительные результаты испытаний экспериментальных образцов на герметичность:

■ — до пропитки составом Resinol; ■ — после пропитки составом Resinol; □ — до пропитки ПК-80; □ — после пропитки ПК-80

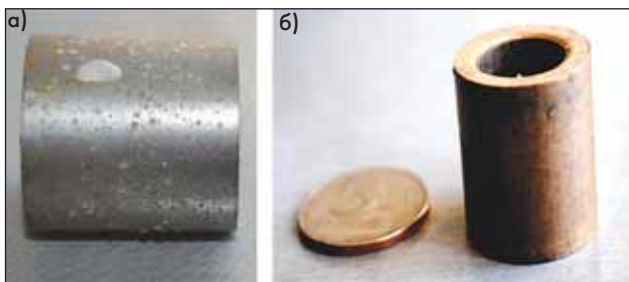


Рис. 2. Экспериментальные образцы из железографитового сплава (а) и бронзы (б) после пропитки составом Анатерм ПК-80

пание над поверхностью всех втулок полусфер неправильной формы, состоящих из полимеризованного состава. Это же явление, но в меньшей степени, было обнаружено и на по-

верхности втулок, изготовленных из порошков бронзы (рис. 2).

Наличие выходов полимеризованного состава на поверхность объясняется меньшим коэффициентом теплового расширения металлов, чем пропитывающего состава ПК-80, что заставляет еще жидкий состав выходить из приповерхностных пор и полимеризоваться при попадании в горячую воду. Это, несомненно, недостаток состава, так как при работе с реальными изделиями грозит изменением геометрических размеров и забиванием мелких отверстий и резьбы. Подобного эффекта при пропитке составом Resinol 88С обнаружено не было. Таким образом, после пропитки составом Resinol 88С нет необходимости в дополнительной операции очистки поверхности изделий от выступившего заполимеризованного пропиточного материала, что является явным преимуществом этого состава.

Для реализации технологического процесса пропитки деталей по методу «сухой вакуум/давление» может быть использован автоматизированный пропиточный комплекс КПА-1000 (поставка



Рис. 3. Общий вид пропиточного комплекса КПА-1000 в ООО «АкваПроп» (Санкт-Петербург)

ООО НПФ «Альтех»), предназначенный для пропитки деталей из различных металлов и сплавов, изготовленных методом литья или порошковой металлургии с целью обеспечения их газо- и гидронепроницаемости (рис. 3). Оборудование спроектировано на базе технологии вакуумной пропитки с использованием смол на основе метакрилата, в частности, пропиточного материала Resinol 88С (фирмы Loctite), и может быть изготовлено на отечественных предприятиях.

В состав комплекса входят (рис. 4): камера пропитки и центрифугирования 1 со сменными крышками на стойках, расходный бак 8, бак промывки 4, камера полимеризации (термостатирования) 5, рама 7, на которой смонтированы камера пропитки, центрифугирования и расходный бак, рама 6, на которой смонтированы бак промывки и камера полимеризации, пульт управления 2 с блоком терморегулирования на стойке, три загрузочные корзины 3 (рис. 5).

В каждом конкретном случае разрабатывается свой проект участка пропитки в соответствии с требованиями заказчика.

Предусмотрены два режима работы комплекса: «ручной» для проведения пусконаладочных работ, а также для выполнения пошагового цикла пропитки при нестандартных режимах работы; «автоматический» (основной режим), в котором все операции, связанные с перемещением корзины, закрыванием — открыванием крышек, созданием сухого и мокрого вакуума, подачей и сливом пропиточного материала, выполняются по программе. Режим работы камеры пропитки может меняться оператором в зависимости от принятой на предприятии технологии. Для каждого вида изделий разрабатывается своя схема загрузки и своя схема пропитки.

Сравнивая используемые в настоящее время методы и материалы пропитки микропор в судостроении и технологии, основанные на современных полимерных материалах, предлагаемых корпорацией Henkel-Loctite, можно сделать вывод о явных преимуществах последних:

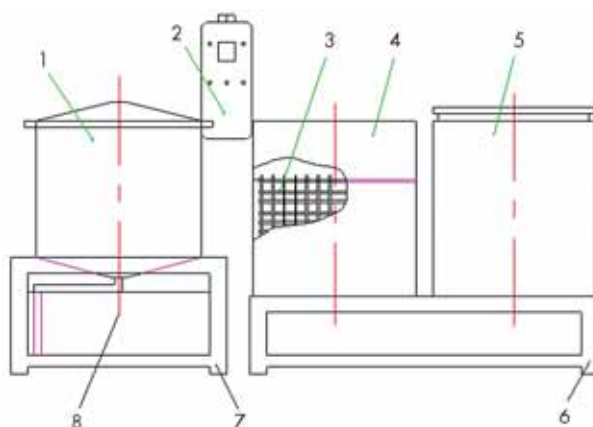


Рис. 4. Схема пропиточного комплекса

- простота обслуживания и контроля качества;
- экологическая безопасность процесса пропитки;
- автоматизация и унифицированность способа пропитки для изделий из различных материалов и формы;
- отсутствие необходимости какой-либо дополнительной операции (дробеструйной или дробеметной обработки, очистки абразивными кругами) перед сборкой;
- возможность нанесения гальванических, лакокрасочных покрытий после операции пропитки литья;
- возможность очистки и травления при окончательной обработке изделий;
- высокая стойкость отвержденного пропитывающего продукта к воздействию химически активных жидкостей, газов, масел и смазок, кислот и топлива в процессе эксплуатации;
- диапазон рабочих температур пропитанных деталей составляет от $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Современные составы для пропитки настолько хорошо зарекомен-



Рис. 5. Детали в корзине после процесса пропитки

довали себя, что на многих зарубежных предприятиях традиционные методы испытания на утечку после станочной обработки отливок были полностью исключены из технологической цепи при 100% пропитки готовых деталей. Случаи негерметичности деталей после пропитки настолько редки, что часто сами отливки не подвергаются испытаниям на утечку до сборки готового узла. Экономические и технические показатели вакуумной пропитки для герметизации пор в условиях поточ-

ного производственного процесса сделали этот метод неотъемлемой составляющей современных зарубежных технологий проектирования и изготовления деталей и узлов машин.

Таким образом, применение металлических отливок и деталей, изготовленных методом порошковой металлургии, пропитанных современными полимерными материалами, может стать новейшим инструментом проектирования и изготовления облегченных и высоконадежных деталей и узлов механизмов и оборудования. Для этого необходима отработка и внедрение современных технологий и оборудования в существующие или вновь создаваемые производства.

В настоящее время АО «ЦТСС» выпущен руководящий документ ГЛИ.3240-052—2013 «Изделия судовые из металлических сплавов и сталей. Типовой технологический процесс исправления дефектов методами герметизации полимерными составами», который согласован с Российским морским регистром судоходства.

Из зарубежного опыта известно, что создание пропиточного центра на одном предприятии не всегда экономически выгодно. Так, например, в Германии существует порядка 10 региональных центров. При этом обеспечивается постоянная загрузка, программируемые автоматизированные комплексы позволяют обслуживать разных заказчиков со всем их разнообразием изделий.

Отечественное судостроение в настоящее время не располагает подобными центрами, поэтому создание их крайне актуально.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ПРОВОДИМЫХ НА СТЕНДЕ АКУСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

В. А. Козлов (КБ «Армас»/АО «ЦТСС»,
e-mail: inbox@sstc.spb.ru)

УДК 620.179.17

Одно из актуальных направлений современного кораблестроения — работа по повышению скрытности перспективных проектов за счет снижения уровней акустических шумов, создаваемых подводной лодкой. В связи с этим проводятся исследова-

Гидравлический стенд АО «Концерн «НПО «Аврора» (рис. 1) имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что центробежный насос, обеспечивающий циркуляцию жидкости по испытательному стенду, создает при рабо-

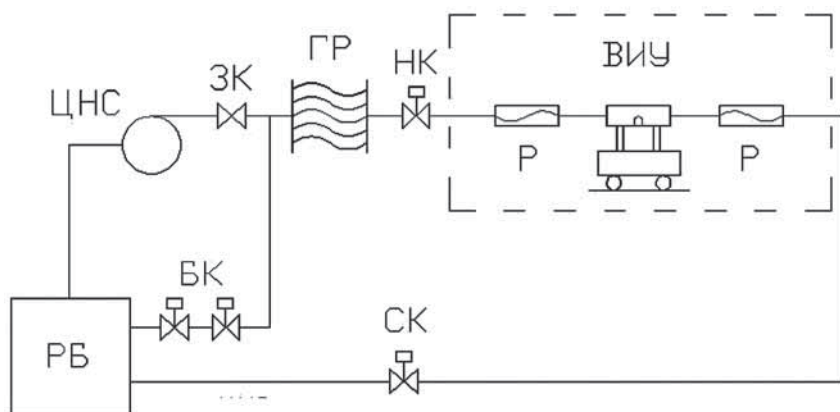


Рис. 1. Схема испытательного стенда на базе АО «Концерн «НПО «Аврора»: ЦНС — центробежный насос; ЗК — запорный клапан; ГР — гибкая развязка; ВИУ — виброизмерительный участок; НК — напорный клапан; Р — армированные рукава; РБ — расходный бак; БК — байпасный клапан; СК — сливной клапан. Длина участка трубопровода НК-ВИУ — 80 м, участка трубопровода СК-ВИУ — 80 м

ния в области малозумного судового оборудования, в том числе арматуры. В ближайшее время планируется совместная работа ФГУП «Крыловский государственный научный центр» и КБ «Армас» АО «ЦТСС» в рамках государственной программы «Разработка технологии акустического проектирования проточных частей арматуры с целью снижения уровней подводного шума».

На протяжении всего цикла создания корабельной арматуры необходимо контролировать ее характеристики и перед вводом в эксплуатацию проводить квалификационные испытания, включающие измерение виброакустических характеристик. В этой связи в КБ «Армас» и АО «Концерн «НПО «Аврора», а позже на базе АО «ПО «Севмаш» были созданы акустические стенды для испытаний арматуры.

те значительные колебания жидкости, которые являются причиной возникновения собственного шума испытательного стенда.

Испытательный стенд, созданный на базе АО «ПО «Севмаш» (рис. 2) имеет тот же недостаток.

В отличие от этих двух стендов стенд КБ «Армас» представляет собой замкнутую гидравлическую систему из участков трубопроводов, соединённых с двумя сообщающимися между собой емкостями с водой: вытеснительной и сливной (рис. 3). Стенд является уникальным благодаря возможности испытаний изделий с условным проходом 10–250 мм и отсутствию насоса для обеспечения циркуляции жидкости, т. е. он не содержит повышенных источников шума и вибраций. Для снижения собственных виброакустических помех стенда внедрен комплекс средств: ограждающие устройства для снижения пульсаций давления, амортизированные виброзадерживающие массы, изолированные фундаменты оборудования и испытательного участка. При контроле наиболее ответственных изделий, например донно-бортовой арматуры больших диаметров, к уровню собственных помех стенда предъявляются самые жесткие требования.

Стенд КБ «Армас» был создан для испытаний арматуры более 30 лет тому назад. Все это время он ус-

- введен в эксплуатацию в 2006 г.;
- стоимость: 55 млн. руб.;
- количество испытанных изделий: более 1500;
- экономический эффект на 2014 г.: более 300 млн. руб.;
- высокая производительность стенда позволяет обеспечить 100% контроль ВШХ арматуры и гидрооборудования, поставляемых на заказы;
- не имеет аналогов в России.

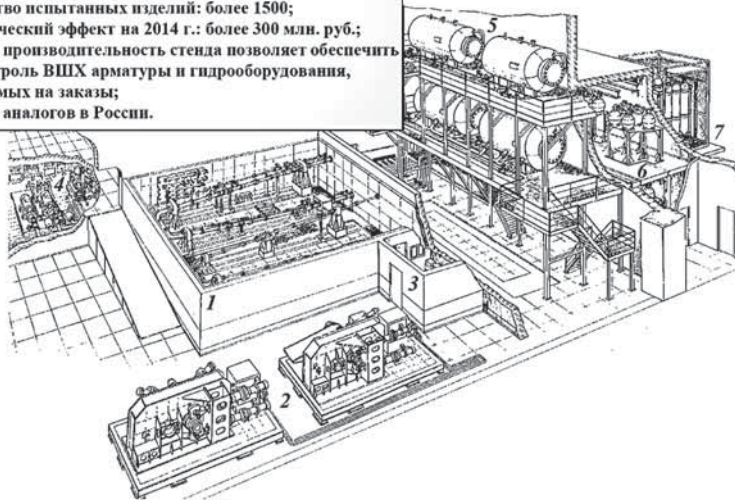


Рис. 2. Схема испытательного стенда на базе АО «ПО «Севмаш»: 1 — рабочий участок «ПГВ» и «Вода»; 2 — рабочий участок «РМ»; 3 — аппаратная; 4 — насосная; 5 — эстакада вытеснительных емкостей; 6 — пневмогидроаккумуляторы ПГВ; 7 — баллоны ВВД

пешно выполнял свои функции и удовлетворял требованиям, предъявляемым к испытательному оборудованию.

За прошедшее с момента его создания время виброакустические требования к испытываемой арматуре существенно ужесточились и, как следствие, возросли требования к комплексам, на которых проводятся квалификационные, периодические и приемосдаточные испытания. Также в городе увеличился показатель по фоновому шуму. С учетом возросших требований к уровням гидродинамического шума судового оборудования возникла необходимость модернизации стенда акустических испытаний судовой трубопроводной арматуры с целью снижения влияния собственных и внешних источников виброактивности на качество проводимых испытаний.

Источники возникновения собственных помех стенда акустических испытаний КБ «Армас» сложно выделить по отдельности. Наиболее разумное их разделение — по причинам возникновения собственных помех стенда: антропогенные факторы и неоднородности потока жидкости. Внутри этих двух категорий выделение источников помех стенда становится уже затруднительно в связи с невозможностью исключения тех или иных источников виброактивности.

Как выше было сказано, одной из причин возникновения собственных помех стенда являются антропогенные факторы — внешние источники шума и вибрации, возникающие в результате человеческой деятельности. С учетом территориального расположения стенда акустических испытаний КБ «Армас» возможно выделить несколько основных источников помех стенда антропогенного характера:

- южный участок западного скоростного диаметра, находящийся на расстоянии 300 м, с максимальной интенсивностью движения до 130 тыс. автомобилей в сутки и скоростью потока 110 км/ч;

- активные работы по расширению метрополитена (6-я линия метрополитена: Кировский завод — Броневая — Московские ворота), проводимые в непосредственной близости,

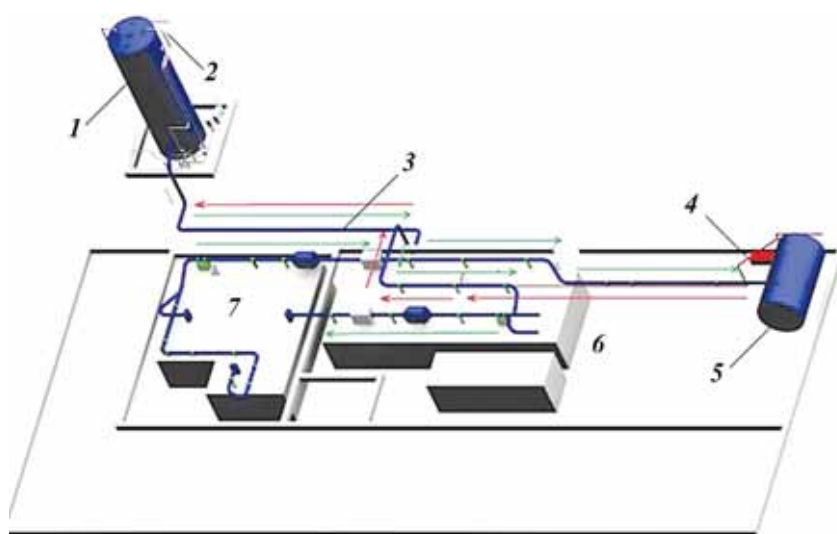


Рис. 3. Модель существующего стенда акустических испытаний:

1 — вытеснительная емкость; 2 — система подачи воздуха; 3 — напорная магистраль; 4 — трубопровод перекачки; 5 — сливная емкость; 6 — машинный зал; 7 — испытательный участок; → — поток рабочей среды; → — поток перекачки

к которым, в первую очередь, можно отнести прокладку туннеля;

- значительное число предприятий легкой промышленности, расположенных вблизи, где в цехах задействовано большое количество оборудования с высокими уровнями создаваемого шума и вибраций;
- интенсивный поток транспорта на близлежащих городских дорогах, который с момента создания стенда вырос в 10 раз.

Оценить влияние антропогенных факторов на качество измерений, проводимых на стенде акустических испытаний, возможно при сравнении результатов измерений гидродинамического шума (ГДШ), создаваемого испытываемой арматурой, проведенных в дневное и ночное время (рис. 4, а, б). Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) ГДШ, полученные в результате дневных и ночных измерений, сильно различаются. На низких частотах отклонения невелики и составляют 9—15%, но на средних частотах они уже достигают 40—50%. В среднем отклонения результатов измерения гидродинамического шума (ГДШ), создаваемого испытываемой арматурой, составляют 30%. Если при испытаниях арматуры, к которой не предъявляются жесткие требования по уровням ГДШ, такие отклонения не критичны, то при испытаниях донно-бортовой и малозумной арматуры они уже недопустимы.

На основании анализа результатов измерений уровней собственных помех стенда в третьооктавных полосах частот в диапазоне от 5 до 10000 Гц, полученных в зависимости от времени суток и климатических условий, можно определить коррелирующие коэффициенты и функции. Применение этих коэффициентов и функций к результатам измерения ГДШ, создаваемого испытываемой корабельной арматурой, позволит достичь более точных значений данных показателей.

Другая важная причина возникновения собственных помех стенда — распространение виброакустической энергии при течении жидкости. Пульсации давления, возникающие в неоднородном потоке при его протекании через различные элементы трубопроводной системы, оказывают значительное силовое давление на стенки трубопровода. В результате в металлических конструкциях возбуждаются местные деформации и вибрации, которые распространяются вдоль стенок со скоростью, значительно превышающей скорость распространения колебаний в жидкости, и «уносятся» по структурным конструкциям трубопровода энергию, обусловленную пульсациями давления в неоднородном потоке жидкости.

Учитывая это явление, любые геометрические изменения структурных конструкций трубопроводов (погибы, изменения сечений

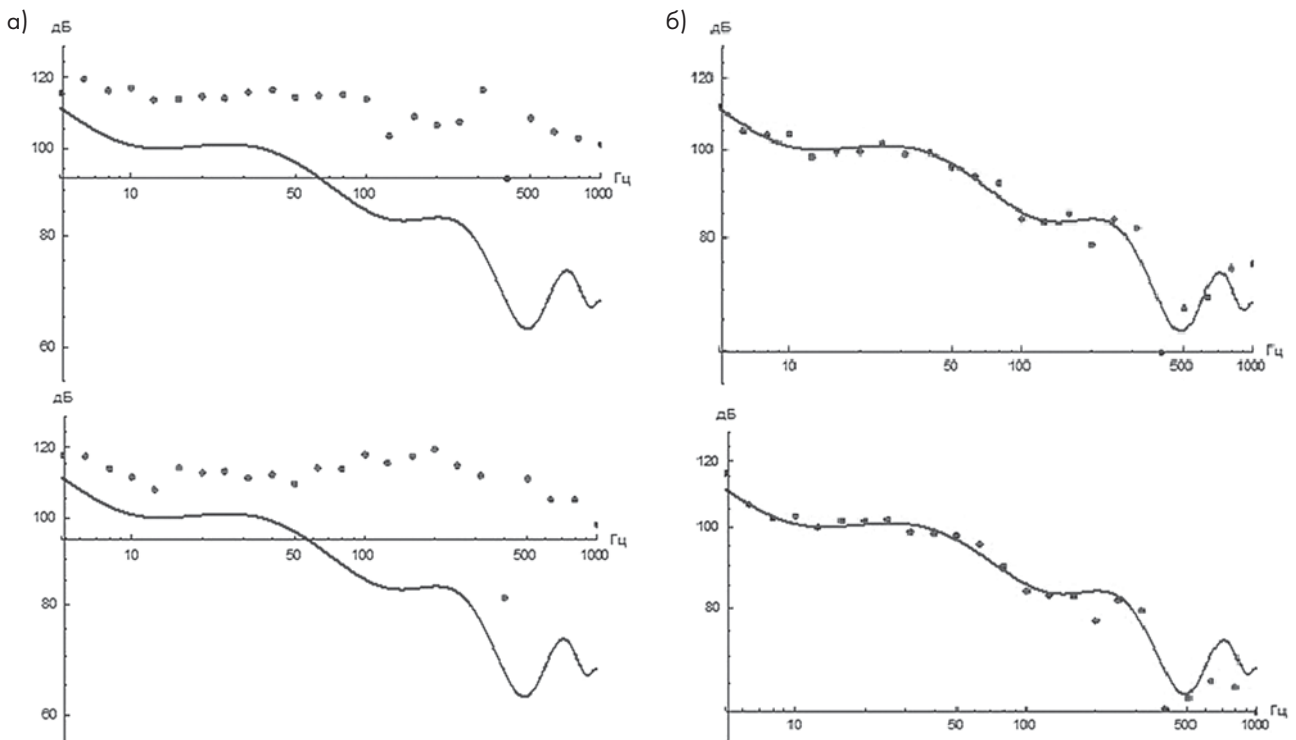


Рис. 4. Сравнение амплитудно-частотных характеристик гидродинамического шума. Точками показаны результаты измерений в дневное (а) и ночное (б) время, кривые — аппроксимация измерений, проведенных в ночное время

трубы, вставки, арматура и т. д.) следует рассматривать как активные элементы, в которых генерируются звуковые давления и динамические силы, действующие на структурные элементы трубопровода и обусловленные локальными пульсациями избыточного давления в жидкости при нарушении неоднородного потока рабочей среды в элементе трубопровода.

Полное исключение структурных конструкций, влияющих на формирование и распространение виброакустической энергии, не представляется возможным. Однако существует возможность уменьшить негативное влияние, снизив виброакустическую интенсивность основных источников благодаря применению эффективных виброизолирующих конструкций и рациональному проектированию трубопроводной системы стенда акустических испытаний.

По причине уникальности стенда акустических испытаний КБ «Армас» его модернизация в рамках государственной программы крайне необходима для обеспечения процесса ввода в эксплуатацию арматуры, к которой предъявляются наиболее высокие требования. В

том числе повысится пропускная способность стенда, то есть количество испытанных изделий, вследствие понижения его зависимости от внешних источников шума, а следовательно, и прибыль, которую получит предприятие. Немаловажным фактором также станет повышение точности измерений, проводимых на стенде, и наличие объекта для разработки и испытания новых, более совершенных проектов арматуры, отвечающих более высоким требованиям.

Подводя итоги, перечислим основные изменения, которые будут реализованы в рамках модернизации стенда акустических испытаний:

- замена запорной и регулирующей арматуры на арматуру с минимально возможными уровнями виброакустической интенсивности;
- изменение трассировки трубопровода для обеспечения максимально возможных радиусов изгиба трубопровода;
- минимизация количества изгибов и врезок;
- установка гибких вставок, отвечающих необходимым характеристикам для использования на стенде;

- изменение расположения опор и их конструкции;
- применение звукопоглощающих материалов для покрытия всего трубопровода.

В настоящий момент процесс модернизации акустического стенда КБ «Армас» находится на этапе согласования рабочей документации, в которой учтены результаты проведенных исследований. Введение стенда акустических испытаний в эксплуатацию планируется в 2017 г. после окончания строительно-монтажных работ и проведения его акустической паспортизации.

На основании полученных результатов возможно разработать рекомендации для эксплуатации существующего акустического стенда, а также для проектирования новых стендовых комплексов.

Литература

1. Завьялов Ю. Н. Разработка метода контроля судовой трубопроводной арматуры по результатам испытаний модельных аналогов. Автореф. дисс. на соиск... канд. техн. наук. СПб., 2012.
2. Романенко Е. В., Кузнецов Н. А., Попков В. И. Характеристика элементов трубопроводов с движущей жидкостью как источников колебаний // Сборник трудов научной конференции «XXV сессия Российского акустического общества, сессия Научного совета по акустике РАН».

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАЛЬНОГО ЛИТОГО ГРЕБНОГО ВИНТА ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО РЕЧНОГО СУДНА

Г. Г. Крушенко, докт. техн. наук, e-mail: genry@icm.krasn. ru
(Институт вычислительного моделирования СО РАН,
Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М. Ф. Решетнева)

УДК 629.5.035-034.14

Качество литых деталей определяется известной триадой — «точность размеров — чистота поверхности (шероховатость) — механические свойства». И эта триада имеет прямое отношение к судовым гребным винтам (ГВ), которые изготавливают обычно литьем в песчано-глинистые формы из специальных бронз и латуней, углеродистых и нержавеющей сталей (ГОСТ 8054—81 «Винты гребные металлические»), либо в виде цельнолитой конструкции (ГВ относительно малых размеров), либо в виде отдельных лопастей с последующим их креплением к ступице при изготовлении крупногабаритных ГВ [1]. Функция ГВ заключается в преобразовании вращения вала судового двигателя в упор — силу, толкающую судно вперед. Диаметры крупнейших ГВ достигают 10 м, масса — 70 т. При этом основная нагрузка ложится на лопасти, в связи с чем проблемой является их получение с требуемой геометрией и шероховатостью (чистотой) поверхности — параметрами, которые существенно влияют как на эксплуатационные характеристики ГВ [2], так и на ходовые характеристики судна [3]. Известно также, что шероховатость поверхности ГВ оказывает существенное влияние на возникновение кавитационной эрозии поверхности ГВ [4], развитие которой может привести не только к ухудшению ходовых характеристик судов, но и к разрушению лопастей [5]. При этом ходовые качества судна зависят от точности размеров лопастей и от их расположения в пространстве.

Литье стального гребного винта. Объектом исследования послужил цельнолитой четырехлопастный ГВ, относящийся к классу водометных движителей, пассажирского судна внутреннего плавания типа «Заря», отливаемый из стали 25Л. Водометный движитель представляет собой

один канал или систему каналов, расположенных внутри корпуса судна, по которым перемещается забортная вода с помощью осевого насоса (гребной винт в трубе), при этом расчетная скорость судна составляет около 40 км/ч. Диаметр винта по периметру кромок лопастей составляет 0,698 м, высота ступицы — 150 мм, масса 98 кг, частота вращения 1450 об/мин. Согласно ГОСТ 8054—81 ГВ судов такого типа относятся к классу «обычный», для которых параметры шероховатости R_a (R_z) входящей кромки лопасти на 0,1 длины сечения от радиуса ступицы и поверхности от 0,9R до конца лопасти должны быть не больше 20 (80) мкм, а для всех остальных поверхностей лопастей и ступицы — не больше 80 (320) мкм.

Литейную форму собирали из четырех песчаных стержней, изготовленных по CO_2 -процессу (химическое твердение смеси, состоящей из песка и жидкого стекла Na_2SiO_3).

Кратко изложим результаты работы по двум первым позициям названной выше триады — повышение размерной точности и повышение качества поверхности ГВ, — более подробно описанные ранее автором в [6], [7].

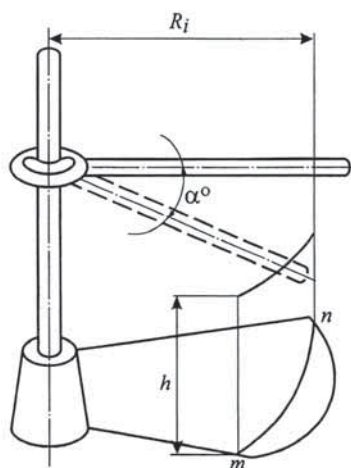


Рис. 1. Схема измерения размеров лопасти

Повышение размерной точности лопастей. Для обеспечения точности геометрии лопастей ГВ и их расположения в пространстве, которая оценивается по точности одного из наиболее важных геометрических параметров — шага сечения лопастей H_c (рис. 1), последний рассчитывали по методике, описанной в ГОСТ 8054—81, на сечении лопасти радиуса R_i между двумя крайними точками m и n , каждая из которых расположена на расстоянии не менее 100 мм от кромки лопасти.

Между этими точками в плоскости, перпендикулярной оси винта, с помощью шагомера при заданном угле α определяют разность высот h . С использованием полученных данных шаг сечения данного радиуса r_i подсчитывается по формуле

$$H_c = \frac{360}{\alpha} h.$$

При литье ГВ в разовые песчаные формы точность параметра H_c должна обеспечиваться, в первую очередь, заданными размерами элементов формы, а следовательно, точностью используемой для их изготовления оснастки, а также точностью сборки формы перед заливкой и шероховатостью ее поверхности. Как было указано ранее, литейную форму собирали из четырех песчаных стержней, в полостях которых из заливаемой стали формируются лопасти. После выбивки форм и зачистки лопастей измеряли величину h .

Измерения проводились на каждой лопасти на трех ГВ, выбранных методом случайных чисел, причем с целью получения более достоверных результатов каждый ГВ измеряли несколько разметчиков.

При этом было установлено отсутствие каких-либо закономерностей в изменении H_c , что свидетельствует о случайном характере отклонений. Оказалось также, что из 48 рассчитанных значений H_c для лопастей всех трех ГВ, только 4 (8,33%) не соответствуют требуемым значениям, причем отклонения за поле допусков лежат в интервале от -6 до $+7$ мм.

Анализ полученных результатов показал, что к факторам, в наибольшей степени ответственным за отклонение расчетных значений

H_c от требуемых, можно отнести неточность изготовления стержневых ящиков, в которых формируют песчаные стержни, в которых формируются лопасти, погрешности сборки формы из стержней и механической обработки лопастей и, что менее вероятно, погрешности измерений при разметке. Доработка оснастки и организация более тщательной сборки формы позволила получать винты с требуемыми размерами лопастей. С целью предупреждения отклонений размеров рекомендуется периодически обмерять полость стержневого ящика и, в случае необходимости, доводить его размеры до требуемых. Кроме того, следует разработать специальные шаблоны для обеспечения точности сборки стержней в форму.

Повышение чистоты поверхности. Способ повышения чистоты поверхности ГВ заключается в применении нанопорошка (НП) в красках, наносимых на поверхность песчаных стержней с целью уменьшения пригара [7]. При использовании таких покрытий практически полностью предотвращается образование пригара и, как результат, повышается чистота и улучшается качество поверхности отливок, отпадает необходимость проведения обрубных и зачистных работ, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда и экологическое состояние [8], [9].

Литейную форму собирали из четырех изготовленных по CO_2 -процессу песчаных стержней, окрашенных стандартной краской, содержащей порядка 10% НП SiC , в результате чего было полностью предотвращено образование пригара на лопастях и ступицах. Измерение шероховатости показало, что величина R_a (R_z) не превышает 20 (80) мкм.

Повышение механических свойств. В многочисленных работах установлено, что чем мельче структурные составляющие литых изделий, получаемых как из чугунов и сталей [10], так и из цветных сплавов [11], тем выше их механические свойства и эксплуатационные характеристики.

Такое поведение поликристаллических металлов в большом диапазоне структурных составляющих хорошо описывается классическим соотношением Холла-Петча (Hall-Patch dependence) [12, 13]:

$$H_v(\sigma_T) = H_0(\sigma_0) + \frac{k}{\sqrt{D}},$$

где H_v — твердость материала; σ_T — предел текучести; H_0 — твердость тела зерна; σ_0 — внутреннее напряжение, препятствующее распространению пластического сдвига в теле зерна; k — коэффициент пропорциональности; D — размер зерна. Из формулы видно, что при уменьшении размера зерна происходит рост прочности материала.

В литейном производстве применяется большое количество способов и средств измельчения (модифицирования) структуры сплавов, как на основе железа [14, 15], так и цветных [16, 17]. Суть всех этих способов заключается во введении в металлический расплав веществ: по первому механизму — либо служащих самостоятельными центрами кристаллизации («прямое» гетерогенное зародышеобразование — от греч. *heteros* — другой и *genos* — происхождение; буквально — чужеродный; в данном контексте — специально вводимые добавки) [18]), либо образующих таковые в результате взаимодействия с расплавом; по второму механизму — блокирующих рост возникающих в затвердевающем расплаве кристаллических образований. В результате модифицирования измельчается либо макрозерно, либо структурные составляющие на микроуровне, либо и макро- и микроструктура, включая изменение геометрии выделений интерметаллических фаз с иглообраз-

ной, вызывающей возникновение концентрации напряжений и развитие трещин, на глобулярную или близкую к ней, что предотвращает опасность возникновения трещин. Введение центров кристаллизации производится лигатурами (промежуточный сплав, состоящий из основы — компонента, идентичного основному компоненту модифицируемого сплава, и модифицирующей добавки), а блокирование роста — с помощью флюсов, в основном состоящих из хлоридов. Однако указанные способы и средства обладают теми или иными недостатками, которые сводятся либо к повреждению плавильных агрегатов, либо удлиняют подготовку расплава к литью.

Поэтому разработан еще один альтернативный способ воздействия на структуру кристаллизующегося металла, достоинством которого является быстрое снижение температуры расплава при заливке в форму — так называемая «суспензионная заливка» [19]. Сущность способа заключается во введении в струю заливаемого в форму металла металлических порошкообразных микрохолодильников (лат. *inoculatio* — прививаю), создающих активные экзогенные или эндогенные центры кристаллизации, инокулирующее (модифицирующее) воздействие которых проявляется в увеличении скорости и развитии преимущественно объемного затвердевания, диспергирования структуры литого металла, формирующейся в процессе кристаллизации [20], которая, как известно [11], определяет механические свойства литых деталей.

Основное преимущество этого способа — присущий ему эффект быстрого охлаждения заливаемого металла, так как известно, что чем выше температура жидкого металла и чем дольше он находится в этом агрегатном состоянии, тем в большей степени теряют зарождающую способность находящиеся в расплаве потенциальные центры кристаллизации, что ведет к укрупнению структуры и, как результат, к снижению механических свойств литых изделий [21, 22].

Эксперимент. В результате изучения процесса течения вязких жидкостей, к которым относится и сталь, была разработана система заливки металла в форму 1 (рис. 2) из ковша 9 с применением изготовленной из

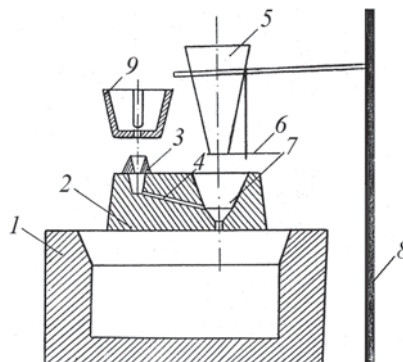


Рис. 2. Установка для ввода в жидкий металл микрохолодильников:

- 1 — литейная форма; 2 — литниковая надставка; 3 — литниковая чаша; 4 — канал; 5 — бункер для порошка (микрохолодильников); 6 — диск с калибровочными отверстиями; 7 — центробежная бобышка; 8 — станина; 9 — разливочный ковш

быстросохнущей формовочной смеси надставки 2, устанавливаемой над заливочным отверстием формы, которая обеспечивает циркуляцию металла перед его вхождением в форму за счет расположения канала 4 по касательной к центробежной бобышке 7. При этом в металл из бункера 5 через диск 6 с калибровочными отверстиями одновременно поступает смесь порошка с дробью (1,5...2,0% от массы металла). Ранее было установлено [23], что в канале с внезапным расширением в области за уступом образуется циркуляционная зона, что и относится к описываемому случаю литья, и это позволяет сделать предположение, что в литейную форму поступает достаточно однородная смесь жидкого металла с одновременно плавящимися микрохолодильниками.

Однако чтобы в этом убедиться, было проведено исследование с применением радиоактивных изотопов.

В качестве инокуляторов применяли чугунную дробь размерами 0,5...1,5 мм, которую насыщали радиоактивным изотопом углерода C^{14} посредством цементации в кварцевом реакторе, в который засыпали дробь и смесь, состоящую из карбоната бария $BaCO_3$ и изотопа углерода C^{14} . Реактор после откачивания воздуха запаивали и выдерживали 5 ч в электрической печи при 1000 °С. Количество вводимого в металл изотопа определяли из условий экспозиции ядерных фотопластинок типа МР, которая обеспечивала получение оптической плотности, достаточной для микроскопической оценки распределения дроби в металле.

Обработанную таким способом дробь вводили по схеме (см. рис. 1) в струю стали 35Л (температура заливки 1580 °С) при литье проб массой 3 кг. На шлифах отлитых проб проводили экспонирование фотопластинок, выдерживая их под пробками в течение 480 ч. Изучение полученных позитивов с помощью микроскопа МБМ при увеличении в 58 раз показало, что инокуляторы диспергируются и распределяются по объему металла равномерно (рис. 3).

В дальнейшем суспензионную разливку применили на заводе «Сибтяжмаш» при литье ходовых колес кранов повышенной грузоподъемности из стали 60Л массой 800 кг [24]. В качестве инокулято-

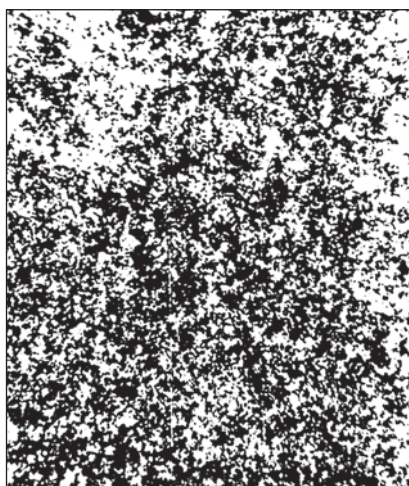


Рис. 3. Авторадиограмма распределения фрагментов дроби в образцах из стали 35Л

ров применяли смесь из 90% чугунной дроби и 10% ферромарганца. При этом бункер, вмещающий до 100 кг инокуляторов, прикрепляли к боковой поверхности 6-тонного стопорного ковша. При заливке использовали систему, приведенную на рис. 1, причем диаметр литникового хода составлял 80 мм. Во избежание замораживания металла в литниковой системе инокуляторы начинали вводить в металл через 15...20 с после начала заливки.

Изучение отлитых деталей показало, что благодаря хорошему питанию усадочные раковины в прибылях имеют более компактную форму, чем у отливок, полученных по обычной технологии. С увеличением дозы вводимых инокуляторов с 1,5 до 2,5% микрзерно измельчается соответственно в 1,3 и в 2 раза. Несколько измельчается и макрзерно. Ферритно-перлитная составляющая распределяется в объеме отливок более равномерно и концентрация углерода по сечению зерна выравнивается.

Влияние инокулирования на механические свойства гребного винта из стали 25Л			
Способ литья	$\sigma_{в}$, МПа (прирост, %)	$\sigma_{0,2}$, МПа (прирост, %)	δ , % (прирост, %)
Без инокуляторов	452	245	21
С инокуляторами	479 (6,0)	261 (6,5)	24 (14,3)
Требования ГОСТ 977–88	450	240	19

Все эти эффекты привели к повышению механических свойств отливок. Так, если при литье без инокуляторов при испытании образцов, вырезанных из ходовых колес, временное сопротивление разрушению $\sigma_{в}$ составляет 742 МПа, предел текучести $\sigma_{0,2} = 370$ МПа, относительное удлинение $\delta = 11,3\%$, то при инокулировании они повышаются (первая цифра при введении 1,5% инокулятора, вторая — при 2,5%): $\sigma_{в} = 820/830$ (на 10,5/11,8%), $\sigma_{0,2} = 390/410$ (на 5,4/10,8%), $\delta = 13/15$ (на 15,0/32,7%).

Положительный опыт, полученный при литье ходовых колес, был использован при литье ГВ на Красноярском судоремонтном заводе при введении в расплав 2,5% смеси из 90% чугунной дроби и 10% ферромарганца. Сталь готовили в электродуговой печи. Заливку выполняли с использованием устройства, приведенного на рис. 1. Результаты испытаний механических свойств, проведенных на вырезанных из ступицы ГВ образцах, показали, как и на крановых отливках, повышение механических свойств (таблица).

Заключение. Качество гребного винта было повышено в результате выполнения комплекса мероприятий: а) обеспечения точности размеров путем доводки стержневой оснастки и сборки литейной формы; б) повышения чистоты поверхности в результате окраски поверхности стержней краской, содержащей нанопорошок, для уменьшения пригара; в) в повышении механических свойств в результате применения суспензионной заливки.

Литература

1. Degu Y. M., Sridhar K. Marine propeller manufacturing — a new approach//American journal of engineering research. 2014. Vol. 3. Issue 5.
2. Лысенков П. М., Михайлов В. С., Тевелев Л. Г. Влияние рельефа поверхности гребных винтов на их гидродинамические характеристики//Судостроение. 1987. № 2.
3. Grigson, C. W. B. Propeller roughness, its nature and its effect upon the drag coefficients of blades and ship power//Trans. R.I.N.A. 1982. Vol. 124.
4. Korkut E., Atlar M. An experimental investigation of the effect of foul release coating application on performance, noise and cavitation characteristics of marine propellers// Ocean Engineering. 2012. Vol. 41.
5. Tom van Terwisga, Erik van Wijngaarden, Bosschers J. and Kuiper G. Achievements and challenges in cavitation research on ship propellers// International Shipbuilding Progress. 2007. Vol. 54. No. 2–3.
6. Крушенко Г. Г., Буров А. Е., Козлов А. А. и др. Повышение точности изготовления рабо-

чего колеса водометного движителя//Судостроение. 2003. № 4.

7. Крушенко Г. Г. Применение нанопорошков химических соединений для повышения качества поверхности литых судовых винтов//Судостроение. 2015. № 6.

8. Швецов В. И., Иванов М. А., Кулаков Б. А. и др. Процессы образования и предотвращения пригара на стальных отливках//Вестник ЮУрГУ. Серия: Metallurgy. 2015. № 1.

9. Крушенко Г. Г. Литые нанопокртия//Нанотехника. 2012. № 2.

10. Гольдштейн Я. Е., Мизин В. Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. М.: Metallurgy, 1986.

11. Золоторевский В. С. Структура и прочность литых алюминиевых сплавов. М.: Metallurgy, 1981.

12. Hall E. O. The deformation and Ageing of Mild Steel: III. Discussion of Results//Proceeding of the Physical Society. Section B.

1951. Vol. 64. № 9.

13. Petch N. J. Cleavage Strength of Polycrystals//J. Iron and Steel Institute 1953. Vol. 174.

14. Крещановский Н. С., Сидоренко М. Ф. Модифицирование стали. М.: Metallurgy, 1970.

15. Гольдштейн Я. Е., Мизин В. Г. Модифицирование и микролегирование чугуна. М.: Metallurgy, 1986.

16. Модифицирование силиуминов. Киев: АН УССР, 1970.

17. Бондарев Б. И., Напалков В. И., Тарарышкин В. И. Модифицирование алюминиевых деформируемых сплавов. М.: Metallurgy, 1979.

18. Данилов В. И. Строение и кристаллизация жидкости. Киев: Изд-во АН УССР, 1956.

19. Затуловский С. С. Суспензионная разливка. Киев: Наукова думка, 1981.

20. Гольдштейн Я. Е., Мизин В. Г. Инокулиро-

вание железо-углеродистых сплавов. М.: Metallurgy, 1993.

21. Крушенко Г. Г., Хайкин А. Л., Торшилова С. И. и др. Температурная обработка в жидком состоянии сложнолегированного сплава системы Al-Si-Mg с целью повышения механических свойств отливок//Изв. вузов. Цветная металлургия. 1983. № 5.

22. Крушенко Г. Г., Падалка В. А., Балашов Б. А. и др. Опыт приготовления литейного сплава АК9М2 на алюминиевом заводе с использованием жидкой шихты//Цветные металлы. 1996. № 8.

23. Бояркина К. Е. Течение вязкой жидкости в канале со скачком сечения//Наука. Промышленность. Оборона: Тр. XVI Всерос. научно-технич. конф. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015.

24. Крушенко Г. Г. Улучшение качества стальных крупных отливок с помощью микроаллоидников//Сталь. 2001. № 12.

SVEZA Gas ДЛ Я ГАЗОВОЗОВ

В октябре 2016 г. российский фанерный комбинат «СВЕЗА Усть-Ижора» получил сертификат французской компании *Gaztransport & Technigaz* (ГТТ) на соответствие требованиям к строительству мембранных резервуаров газозовов. Таким образом, группа «СВЕЗА», мировой лидер в производстве березовой фанеры, стала первой отечественной компанией, лицензированной для поставок продукции производителям танкеров для перевозки сжиженного природного газа (СПГ). В планах группы «СВЕЗА» — занять не менее 30% рынка, годовой объем которого оценивается в 60 000 м³ фанеры.

Группа «СВЕЗА» — четвертая компания в мире, прошедшая сертификацию ГТТ. «Нам уже принадлежит 20% мирового выпуска березовой фанеры, что в 2 раза больше, чем у конкурентов, и мы стремимся осваивать новые рынки и новые сегменты. Сертификация открывает двери в сегмент транспортирования СПГ. Теперь наряду с фанерой европейских производителей при строительстве современных газозовов будет использоваться российский продукт, — комментирует Юлия Ермакова, руководитель службы маркетинга и клиентского сервиса группы «СВЕЗА». — Тестовая партия «газовой» фанеры прошла тщательную проверку ГТТ. Первые промышленные образцы продукции были выпущены в апреле 2016 г. на нашем предприятии в Санкт-Петербурге».

К фанере для изготовления мембранных резервуаров судов для транспортировки СПГ предъявляются повышенные требования. Материал эксплуатируется при больших нагрузках: емкость танкеров достигает 200 000 м³, масса перевозимого газа при этом — до 85 000 т. Образцы фанеры «СВЕЗА» прошли все испытания на прочность, в том числе испытание сжиженным природным газом.

Петербургский комбинат «СВЕЗА Усть-Ижора» был выбран для выпуска фанеры SVEZA Gas неслучайно. «Наше предприятие специализируется на обслужи-



Корейские покупатели проверяют качество фанеры SVEZA Gas

ванию требовательных покупателей, более 80% продукции идет на экспорт, у предприятия удобный доступ к морским путям, — говорит Святослав Сарсон, руководитель комбината «СВЕЗА Усть-Ижора». — Техническая оснащенность и производственные компетенции комбината позволяют обеспечить высокое качество «газовой» фанеры. Мы тесно взаимодействуем с производителями танкеров, и они довольны качеством и сервисом «СВЕЗА».

«В 2016 г. «СВЕЗА» поставила продукцию для строительства двух газозовов в Южной Корее и ведет переговоры о новых поставках, — говорит Андрей Иммолев, директор по продажам и маркетингу группы «СВЕЗА». — В целом мировое танкеростроение растет вслед за потреблением сжиженного газа. Например, сейчас в портфеле заказов ГТТ — 91 судно, и это открывает участникам рынка новые возможности для роста и развития бизнеса».

Марина Сига́й («СВЕЗА»)

РЕКОНСТРУКЦИЯ СУХИХ ДОКОВ СУДОРЕМОНТНОГО ЗАВОДА В МУРМАНСКЕ

В. Ю. Дикушин, Н. Л. Сергеева, А. В. Яковлев
(АО «ЦТСС», e-mail: inbox@ssts.spb.ru)

УДК 629.5.081.32.004.67

Реконструкция сухих доков судоремонтного завода в Мурманске предусматривается в составе комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на модернизацию производственной инфраструктуры завода для обеспечения выполнения ремонтных работ кораблей и судов производственной программы.

Северный и Южный сухие доки завода были построены в 1939—1941 гг. по проекту Союзного государственного треста № 46. Существующие сухие доки расположены параллельно друг другу, расстояние в осях доков составляет 42,8 м.

В 1945—1947 гг. проводились ремонтные работы по заделке каверн и трещин, вызванных разрушениями во время войны. Стены камер доков были покрыты торкретбетоном.

За период эксплуатации доки несколько раз реконструировались.

В 1952—1955 гг. камера Южного дока была удлинена на 27 м для обеспечения постановки в док более крупных судов.

В 1961—1962 гг. проводилось восстановление покрытия из торкретбетона. Днище Южного дока было покрыто диабазовой брусчаткой на 60%, а днище Северного дока облицовано брусчаткой полностью.

В 1978—1995 гг. осуществлялась реконструкция и удлинение камеры Северного дока. Тогда же была проведена внутримассивовая цементация бетона стен головной части и шкафной ниши Северного дока. Проектами предусматривалась реконструкция и цементация камер обоих доков и строительство новой доковой насосной станции, но работы были выполнены только в Северном доке на 70% и прекращены из-за отсутствия финансирования.

В настоящий период сухие доки по результатам обследования находятся в ограниченно-работоспособном состоянии и требуют выполнения капитальных ремонтно-восстановительных работ.

Основные параметры доков после выполненных реконструкций приведены ниже.

Северный док имеет длину 187 м, ширину по верху стен 26—28 м.

Южный док имеет длину 236 м, ширину по верху стен 30,8 м.

Ширина камер доков по днищу составляет 22 м. Ширина на входе — 26 м.

Высота стен камер доков составляет 14,2 м.

Глубина воды в камерах доков при среднем уровне воды составляет около 10,4 м.

Южный док выдвинут в сторону акватории по сравнению с Северным доком на 21 м.

В качестве затворов доков используются батопорты. На стенах доков установлены порталные краны грузоподъемностью 32 т и 16 т.

Доки выполнены из монолитного железобетона. В основании доков залегает скальный грунт.

Головные части доков выполнены в виде конструкции неразрезного типа. Один из устоев каждой головы входит в состав междоковой конструкции. С внешних сторон головы имеют устои, к которым примыкают шкафные ниши для батопортов.

Боковые и торцевая стены Южного дока имеют ступенчатую форму. Ширина четырех верхних уступов — по 0,6 м, двух нижних — по 1,0 м. Стенки уступов вертикальны. Торцевая стена Южного дока имеет в плане ломаное очертание, а в поперечном разрезе повторяет конструкцию боковых стен.

Южная боковая стена Южного дока, имеющая толщину в основании от 4,9 до 8,7 м, в распор прибетонирована к скале. Северная стена Южного дока выполнена в виде массивной подпорной стенки с наружной наклонной гранью, толщина в основании 8,7 м. Толщина стенок поверху 1,2 м.

Северный док имеет различное очертание стен.

Боковые стены Северного дока в старой части имеют почти такую же конструкцию, как и стены Южного дока.

Боковые стены удлиненной части Северного дока выполнены в виде массивных стенок, имеющих наклонные грани. В нижней части боковые стены с внутренней стороны имеют ступенчатую форму, такую же, как и стены старой части. Толщина стен в основании 8,7 м.

Торцевая стена Северного дока с вертикальной внутренней гранью и примыкающая к ней часть южной стены с наклонной внутренней гранью прибетонированы в распор к скале.

Верхнее строение стен реконструируемой и удлиненной частей Северного дока представляет собой железобетонную балку с двумя железобетонными консолями для раз-

мещения пунктов подключения энергосред.

В стенах камер доков устроены лестничные сходы шириной 1,2 м, два — в Северном доке и три — в Южном.

Днища обоих доков представляют собой монолитные железобетонные плиты толщиной 0,95–1,37 м на скальном основании. По краям плит выполнены водоотводные канавки для стока воды в приемные колодцы, расположенные у головных частей доков.

Днища камер доков температурно-осадочными швами отделены от стен и разбиты на секции длиной ~13 м.

Для уменьшения противодавления воды, фильтрующейся через скалу, под днищем выполнен дренаж. В днищах устроены герметичные люки для спуска в дренажные галереи.

Днище Южного дока на удлиняемой части заанкеровано за скалу. Поверхности днищ камер доков, кроме полос для установки кильблоков, покрыты брусчаткой толщиной 15 см. В Северном доке облицована только старая часть днища, а в Южном — 2/3 поверхности днища, начиная от головы. В основании днищ выполнена гидроизоляция — асфальтовая мастика по бетонной подготовке.

По длине стены доков разрезаны температурно-осадочными швами на секции длиной 9–15 м.

На недостроенном участке камеры Северного дока отсутствуют подкрановые пути, сети и пункты энергоснабжения, а также покрытие стапеля.

План существующих сухих доков и поперечные разрезы представлены на рис. 1.

Реконструкция сухих доков предусматривается для обеспечения постановки крупных надводных кораблей. На предварительной стадии проектирования рассматривались два основных варианта реконструкции сухих доков. По варианту 1 предусматривается реконструкция только Южного дока с увеличением его габаритов (длины, ширины и глубины), при этом параметры Северного дока не изменяются. По варианту 2 предусматривается реконструкция Северного и Южного доков с образованием одного дока при сохранении участков боковых стен доков — северной стены Северного дока и южной стены Южного дока.

Работы по реконструкции доков предусматривается выполнять в стес-

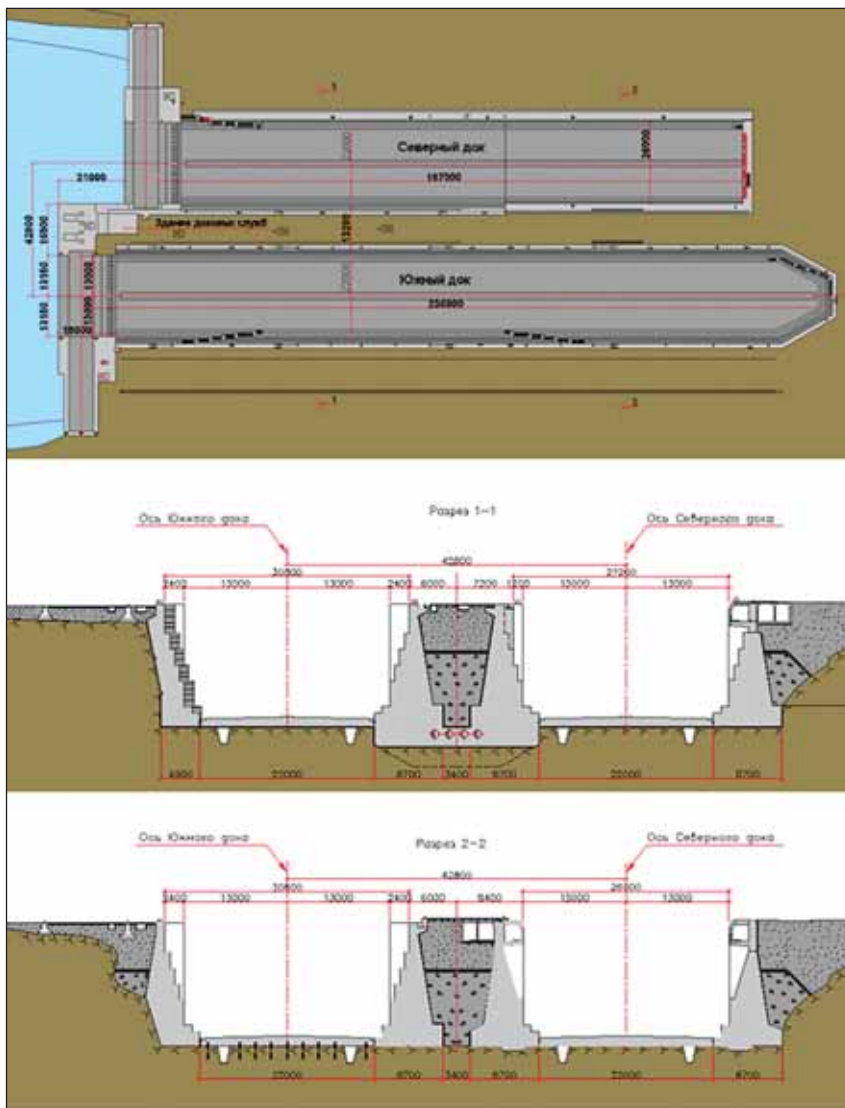


Рис. 1. План существующих сухих доков и поперечные разрезы

ненных условиях действующего предприятия. При этом необходимо учитывать, что возможности увеличения габаритных размеров доков ограничены существующими железной и автомобильной дорогами, существующими зданиями, а также границами территории завода.

Предлагаемые принципиальные строительные решения определяются существующей конструкцией сухих доков и инженерно-геологическими условиями площадки строительства.

Геологическое строение участка представлено комплексом четвертичных отложений, в основании которых залегают коренные скальные породы с маломощной корой выветривания. Четвертичный комплекс представлен современными морскими отложениями и ледниковыми (моренными) отложениями верхне-четвертичного возраста. С поверх-

ности территория спланирована насыпным грунтом.

По варианту 1 длина камеры Южного дока (от внутренней грани основного затвора до торцевой стены) увеличивается до 335 м. Удлинение дока предусматривается в сторону акватории, исходя из необходимости сохранения автомобильной и железной дорог, расположенных за торцевой стеной дока.

Ширина камеры дока по днищу принимается равной 46 м. Ширина камеры дока по верху определяется принятыми конструктивными решениями по устройству каналов и пунктов подключения промэнергопровода и составляет 49,7 м. Ширина входа принимается равной ширине дока по низу 46 м.

Высота стен камеры дока увеличивается до 17,55 м с обеспечением глубины воды в камере 13,4 м.

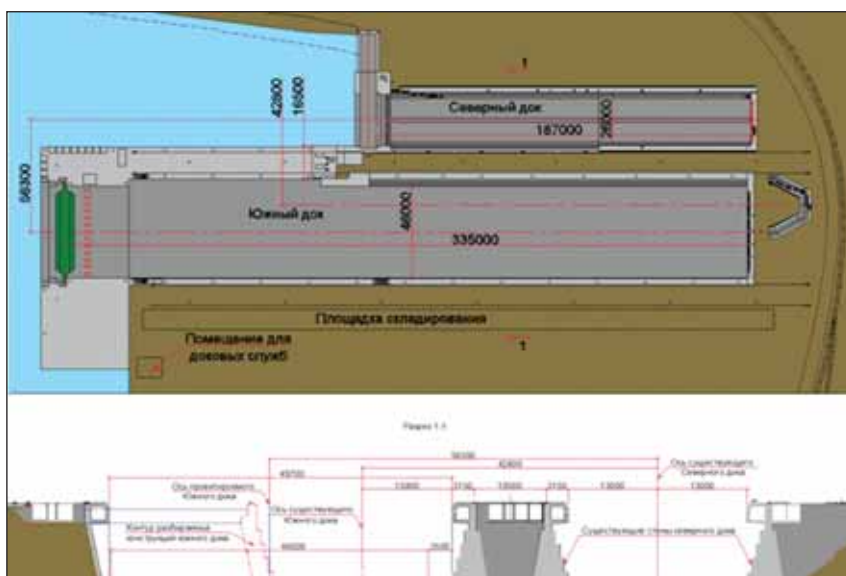


Рис. 2. Реконструкция доков по варианту 1. План и поперечный разрез

В камере дока предусматривается установка промежуточного затвора подкосного типа для разделения камеры на две части.

Решения по реконструкции Южного дока предусматривают сохранение конструкции междоковой стены и выполнение следующих работ:

- разборка южной боковой стены, головной части со шкафной нишей и дна камеры;
- реконструкция существующей междоковой стены в связи с понижением отметки дна и соответствующим увеличением высоты стены и устройство новых подкрановых путей, каналов и пунктов подключения промэнергопроводок;
- строительство новой северной стены в продолжение междоковой стены с устройством подкрановых путей, каналов и пунктов подключений промэнергопроводок;
- строительство новых южной боковой и торцевой стен, дна и головной части Южного дока;
- строительство временной строительной перемычки для разборки существующих конструкций дока и возведения новых насухо.

Новое дно камеры дока в границах существующих конструкций выполняется из монолитных железобетонных плит толщиной 1 м после разборки существующего дна и выемки скального грунта.

Под дном предусматривается гидроизоляция, уложенная на слой пористого бетона, выполняющего роль дренажного ковра под дном дока.

На удлиняемом участке сухого дока, из-за падения кровли скальных грунтов в сторону акватории, между подошвой дока и кровлей скальных грунтов располагается прослойка щебеночно-песчаных грунтов, не обладающих достаточной несущей способностью. В связи с этим для восприятия действующих нагрузок на данном участке предусматриваются следующие проектные решения: 1) замена щебеночно-песчаных грунтов на бетонную подготовку из пористого бетона под дном при толщине заменяемого слоя щебеночно-песчаных грунтов менее 1,5 м; 2) устройство свайного основания при толщине грунтов под подошвой дока более 1,5 м. Толщина дна плиты на свайном основании принимается равной 2 м.

Существующая северная стена Южного дока сохраняется, с проведением на ней ремонтно-восстановительных работ. Кроме этого, в верхней части стены предусматривается устройство нового верхнего строения из монолитного железобетона с тумбовыми массивами и пунктами подключения. На удлиняемой части стена дока предусматривается в виде конструкции ящичного типа из монолитного железобетона.

Новая южная стена в пределах существующего дока выполняется из монолитного железобетона, в распор прибетонированного к скале и заанкерowanego за нее анкерами. На удлиняемой части дока стена камеры предусматривается в виде конструкции консольного типа из монолитного железобетона, с опирани-

ем на скальный грунт. Консоль выполняется переменной по высоте, по мере понижения уровня скалы.

Существующую насосную станцию, расположенную между Северным и Южным доками, после проведения в ней ремонтных работ и работ по замене устаревшего оборудования, предусматривается использовать только для обслуживания Северного дока. Для обеспечения наполнения и опорожнения реконструируемого Южного дока предусматривается устройство новой насосной станции. Насосная станция оборудуется группами насосов, обеспечивающих опорожнение камеры дока, удаление фильтративных и дренажных вод.

Наполнение Южного дока производится по системе галерей наполнения через водозаборные фильтроголовки с рыбозащитными устройствами, устанавливаемые группами в нишах стен северного и южного устоев головы.

Новая голова Южного дока выполняется неразрезной конструкции из монолитного железобетона на свайном основании. Устои головы монолитно объединены с дном. В днище головы размещены галерея наполнения/опорожнения дока и галерея для дренажных вод.

В целях уменьшения давления и противодействия воды на сооружение в районе дока предусмотрена дренажная система для понижения уровня грунтовых вод. Дренаж под дном дока предусматривается аналогично дренажу под днами существующих доков в виде двух продольных и нескольких поперечных проходных галерей глубиной 2 м, шириной по низу 80 см. Дополнительно под дном дока укладывается слой пористого бетона толщиной 200 мм, выполняющего, как уже было сказано выше, роль дренажного ковра под дном дока. Дренажные галереи подводятся к колодцам для приема дренажных вод, расположенным в насосной станции.

Для обеспечения работы кранов вдоль всего дока на междоковом пространстве предусматривается реконструкция стен доков по аналогии с решениями, заложенными проектом 1979 г. Аналогично предполагается выполнить реконструкцию существующих и новых каналов промэнергопроводок с учетом размещения необходимого оборудования. Подкрановые пути, размещаемые за южной

стеней Южного дока, выполняются в виде балок из монолитного железобетона. За подкрановыми путями, на всем протяжении, устраивается площадка складирования из монолитного железобетона. Каналы промэнергопроводок выполняются из монолитного железобетона на грунтовом основании, являющемся засыпкой пазухи за стеной дока. Плиты перекрытия каналов промэнергопроводок предусматриваются из сборного железобетона.

План реконструируемого по варианту 1 Южного сухого дока и поперечный разрез представлены на рис. 2.

По варианту 2 предусматривается реконструкция Северного и Южного доков с образованием одного дока при сохранении конструкций северной стены Северного дока и южной стены Южного дока.

Длина камеры дока (от внутренней грани основного затвора до торцевой стены) принимается равной 335 м. Ширина камеры дока по дну определена равной 60 м, исходя из сохранения существующих северной стены Северного и южной стены Южного доков с учетом конструктивных решений по увеличению глубины дока.

Ширина камеры поверху определена равной 70 м, исходя из существующего расположения стен и конструктивных решений по устройству каналов и пунктов подключения в верхней части стен.

Ширина дока на входе принимается равной 60 м.

Высота стен дока аналогично варианту 1 принимается равной 17,55 м при глубине воды в камере 13,4 м.

При реконструкции сухих доков предусматривается выполнение следующих работ:

- разборка доковой стены, разделяющей Северный и Южный доки, торцевых стен, головных частей и дна камер доков;
- реконструкция существующих северной стены Северного дока и южной стены Южного дока в связи с увеличением их высоты для увеличения глубины воды в доке и устройство новых подкрановых рельсов, каналов и пунктов подключения промэнергопроводок;
- строительство новых боковых стен в продолжение реконструируемых с устройством подкрановых путей, каналов и пунктов подключения промэнергопроводок;

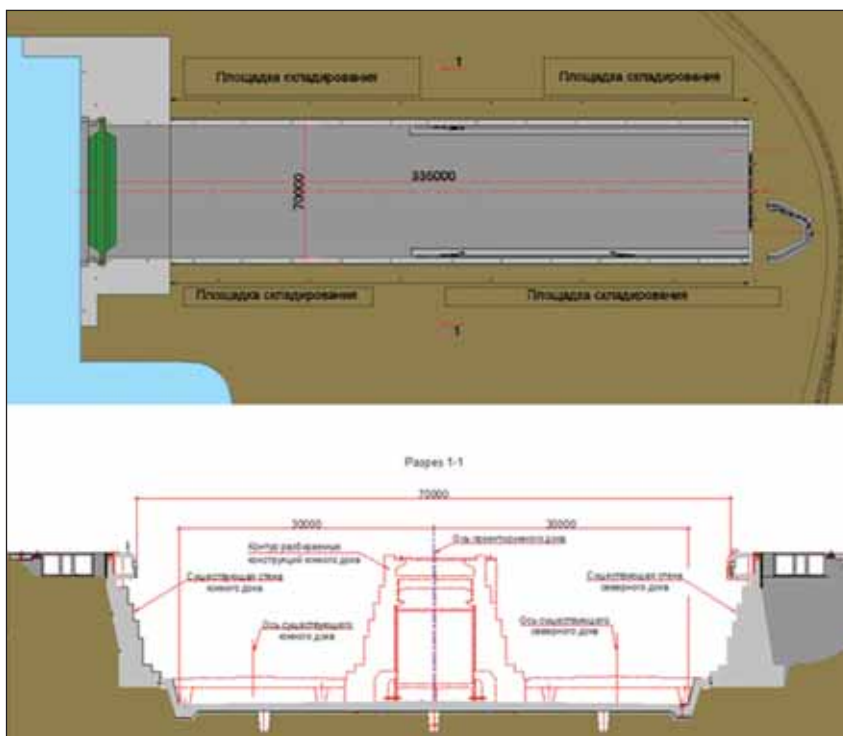


Рис. 3. Реконструкция доков по варианту 2. План и поперечный разрез

- строительство новой торцевой стены, дна и головной части дока;
- строительство временной строительной перемычки для разборки существующих конструкций дока и возведения новых насухо.

Южная стена Южного и северная стена Северного доков в пределах существующего дока сохраняются, с проведением на них ремонтно-восстановительных работ. Кроме этого, в верхней части стен предусматривается устройство нового верхнего строения из монолитного железобетона с тумбовыми массивами и пунктами подключений. На удлиняемой части дока стена камеры предусматривается в виде конструкции консольного типа из монолитного железобетона.

Принципиальные решения, принимаемые по конструкции дна реконструируемого дока, для варианта 2 аналогичны решениям по первому варианту.

Для обеспечения наполнения и опорожнения реконструируемого дока предусматривается устройство новой насосной станции, располагаемой в северном устье головы. Насосная станция оборудуется группами насосов, обеспечивающих опорожнение камеры дока, удаление фильтрационных и дренажных вод.

Наполнение камеры производится по системе галерей наполне-

ния через водозаборные фильтры-оголовки с рыбозащитными устройствами, устанавливаемые группами в нишах, устроенных в стенах северного и южного устоев головы.

Новая голова камеры дока выполняется неразрезной конструкции из монолитного железобетона на свайном основании. Устои головы монолитно объединены с дном. В днище головы размещены галерея наполнения/опорожнения дока и галерея для дренажных вод.

Дренажная система дока конструктивно выполняется по аналогии с вариантом 1, с устройством трех продольных дренажных галерей.

Вдоль стен дока, по аналогии с вариантом 1, устраиваются каналы промпроводок, пункты подключений, подкрановые пути для кранов г/п 100 т и площадки складирования.

План сухого дока по варианту 2 и поперечный разрез представлены на рис. 3.

Все работы по реконструкции доков по вариантам 1 и 2 выполняются «насухо» под защитой временной строительной перемычки. Конструктивно строительная перемычка предусматривается в виде шпунтовой перемычки из трубошпунта.

Для дальнейшего проектирования заводом был выбран вариант 2 реконструкции сухих доков — с образованием одного дока.

ЦЕНТРОВКА КОРАБЕЛЬНОГО ВАЛОПРОВОДА С КОНТРОЛЕМ УПРУГОЙ ЛИНИИ

Л. П. Гаврилюк, докт. техн. наук, В. Г. Нестеров, канд. техн. наук (АО «ЦТСС», e-mail: inbox@ssts.spb.ru)

УДК 629.5.035-233.1.081.4

Центровка валопровода с «разумным искривлением», когда подшипники расположены на разной высоте относительно теоретической оси валопровода, что вызвано необходимостью оптимальной загрузки подшипников, в настоящее время является общепринятой практикой. Совершенствование конструктивных решений движительного комплекса, когда валопровод стал более гибким и, следовательно, более напряжённым, а контроль центровки стал более точным, вывело на передний план влияние деформаций корпуса корабля на центровку валопровода, т. е. возникла необходимость учёта изменения упругой линии корпуса при выполнении центровки валопровода по нагрузкам на подшипниках.

При расчёте нагрузок на подшипниках валопровода принято оценивать влияние только общих деформаций корпуса [1]. Значения этих деформаций определяются на стадии проектирования корабля моделированием воздействия на корпус эксплуатационных нагрузок при предельном волнении моря в режиме основного использования корабля. Общие деформации можно охарактеризовать углами поворота сечений корпуса по теоретическим шпангоутам и упругой линией, соответствующей этим углам поворота. В качестве примера на рис. 1 показан облик расчётной упругой линии корпуса корвета длиной 104 м, находящегося на вершине волны.

Окончательная центровка валопровода по нагрузкам на подшипниках, вне зависимости от гибкости валопровода, выполняется пос-

ле спуска корабля на воду и при этом не учитывается фактическое положение упругой линии корпуса корабля.

При постройке корабля данное обстоятельство не является критичным, так как на весь период центровки валопровода, начиная с пробивки теоретической оси и до окончания вывешивания валопровода по расчётным нагрузкам на подшипниках, сохраняется единство системы базирования движительного комплекса с одновременным обеспечением определённых требований к объёму формирования корпуса корабля и к массе погруженных механизмов. Тем не

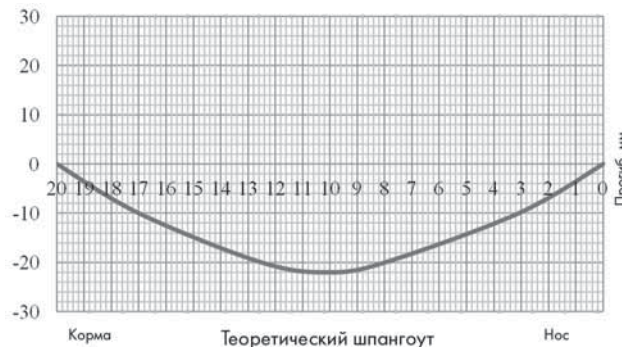


Рис. 1. Расчётная упругая линия корпуса корабля

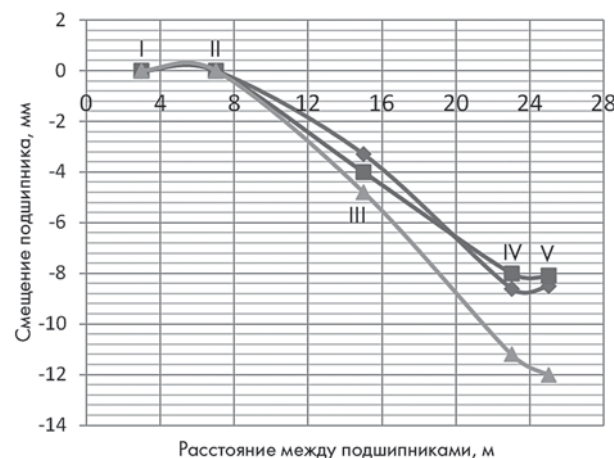


Рис. 2. Изменение упругой линии валопровода:

I — кормовой дейдвудный подшипник; II — носовой дейдвудный подшипник; III — опорный подшипник; IV — кормовой подшипник выходного вала редуктора; V — носовой подшипник выходного вала редуктора
◆ — сухой док; ■ — балласт; ▲ — полная загрузка

менее положение упругой линии корпуса может значительно отличаться от расчётного значения, если имеются отклонения от технологии формирования корпуса либо превышены допуски на установку фундаментов под валопровод и силовую установку. В таком случае возникает необходимость в объективной оценке влияния положения корпусных конструкций на центровку движительного комплекса, что без контроля упругой линии осуществить невозможно.

Информация об изменении положения упругой линии корпуса крайне необходима при эксплуатации корабля. Объясняется это тем, что с течением времени происходит перераспределение сварочных напряжений, возникают местные изгибы днищевой части корпуса, которые могут стать причиной изменения положения фундаментов, нарушения стеновой сборки главных механизмов и изменения параметров центровки валопровода. На рис. 2 на примере крупнотоннажного судна показан характер изменения упругой линии валопровода и высотного положения подшипников в зависимости от загрузки судна и деформаций корпуса [2]. Такой характер изменения упругой линии справедлив и для валопроводов боевых кораблей. При этом следует отметить, что для корабельного валопровода, более протяжённого, чем валопровод транспортного судна, диапазон изменения упругой линии будет ещё более значителен.

Если при монтаже валопровода не принимать во внимание местные деформации корпуса, то обусловленное ими нарушение центровки валопровода вызовет, как минимум, ухудшение виброакустических характеристик корабля из-за неравномерного износа подшипников гребного вала и перераспределения нагрузок на остальных подшипниках, а как максимум — недопустимый нагрев с разрушением опорных подшипников промежуточных валов и выход валопровода из строя. Поэтому на стадии постройки корабля следует применять методы и средства контроля

местных деформаций корпуса корабля, позволяющие оптимизировать загрузку подшипников.

Знание характера и значений изменения упругой линии корпуса ещё более необходимо при ремонте корабля. Выполнение ремонтных работ сопровождается вскрытием съёмных листов для выгрузки механизмов с последующей их заваркой, сварочными работами на корпусе в районе расположения валопровода, заменой листов обшивки корпуса и т. п. Всё это оказывает влияние на послеремонтный изгиб корпуса, который существенным образом может отличаться от изгиба, имевшегося до постановки корабля в ремонт, а главное — при этом изменится положение оси валопровода, относительно которой была выполнена центровка валопровода по расчётным нагрузкам. И, как правило, к моменту постановки корабля в ремонт бывает утрачена система базирования, использовавшаяся для центровки валопровода при постройке корабля. А если при ремонте возникает необходимость в замене сборочных единиц валопровода, как, например, опорных подшипников, или в выгрузке крупногабаритных механизмов, таких как главный турбозубчатый агрегат, что имело место при модернизации авианесущего крейсера «Адмирал Горшков»¹ в АО «ПО «Севмаш», то восстановление построечных монтажных баз и параметров центровки валопровода перерастает в большую проблему.

Эта проблема вполне решается, если воспользоваться основами согласования корабельных комплексов вооружения [3].

Поскольку корабль является упругим телом и его корпус можно представить в виде эквивалентного бруса, то изменения взаимного расположения неких точных элементов, жёстко связанных с корпусом, адекватны изменениям формы нейтральной оси эквивалентного бруса, т. е. адекватны изменениям упругой линии корпуса корабля. В качестве таких точных элементов, отслеживающих изменение положения упругой линии корпуса, при согласовании корабельных комплексов вооружения используется система контрольных площадок.

Для формирования системы контрольных площадок в плоскости ми-

дель-шпангоута размещают центральную контрольную площадку (ЦКП) с точностью установки $\pm 30''$ относительно основной плоскости корабля, а в районах расположения комплексов вооружения — районные контрольные площадки (РКП). Контрольные площадки по возможности располагают как можно ближе к нейтральной оси корпуса на главных поперечных переборках, которые в данном случае являются контрольными сечениями при определении прогиба корпуса корабля. Положение каждой РКП выверяется относительно ЦКП, что позволит в дальнейшем, используя определённые технологические приёмы при монтаже оборудования, обеспечить параллельность опорной поверхности фундамента относительно контрольной поверхности ЦКП.

После спуска корабля на воду проводят измерения наклонов РКП относительно ЦКП. В данном случае изменения наклонов РКП будут характеризовать поворот контрольных сечений корпуса, что необходимо для определения коэффициентов уравнения наклонов касательных каждого контрольного сечения к упругой линии корпуса, которое имеет вид:

$$\Theta = ax + bx^2 + cx^3, \quad (1)$$

где Θ — наклон касательной в данном сечении относительно ЦКП; x — расстояние между сечением, в котором расположена данная РКП, и ЦКП; a, b, c — коэффициенты, определяемые измерениями наклонов РКП к ЦКП из решения следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^4 &= \sum_{i=1}^n \beta(x_i) x_i; \\ a \sum_{i=1}^n x_i^3 + b \sum_{i=1}^n x_i^4 + c \sum_{i=1}^n x_i^5 &= \sum_{i=1}^n \beta(x_i) x_i^2; \\ a \sum_{i=1}^n x_i^4 + b \sum_{i=1}^n x_i^5 + c \sum_{i=1}^n x_i^6 &= \sum_{i=1}^n \beta(x_i) x_i^3, \end{aligned} \right\} (2)$$

где n — количество РКП; $\beta(x)$ — результаты измерений наклонов РКП относительно ЦКП в направлении диаметральной плоскости.

Интегрируя уравнение (1), получаем уравнение упругой линии:

$$y(x) = 2,424 \cdot 10^{-3} ax^2 + 1,616 \cdot 10^{-3} bx^3 + 1,212 \cdot 10^{-3} cx^4, \quad (3)$$

где $y(x)$ — прогиб в определённом сечении корпуса корабля, мм.

Полученные в результате решения уравнения (4) прогибы упругой линии корпуса относительно контрольных сечений позволяют обработать опорные поверхности фундаментов под оборудование комплексов вооружения с теми углами упреждения, которые необходимы для обеспечения параллельности опорной поверхности фундамента относительно ЦКП в тот момент, когда корабль будет иметь стандартное водоизмещение. На практике выполнение такой операции позволяет монтировать оборудование комплексов вооружения на ранних этапах постройки корабля с обеспечением заданной точности.

Основываясь на методологии и опыте согласования корабельных комплексов вооружения, предлагается следующая концепция выполнения центровки валопроводов с учётом фактического положения его упругой линии.

Протяжённость валопровода современного корабля может достигать 25 м и более в зависимости от класса корабля. Если валопровод представить в виде касательной к упругой линии корпуса, то, например, для корабля, упругая линия которого показана на рис. 1, при протяжённости валопровода 30 м будет видно, что данный валопровод укладывается более чем на половине кормового участка кривой упругой линии корпуса корабля. Такое соотношение справедливо и для валопроводов большей протяжённости, что позволяет, как уже отмечалось, при расчётах нагрузок на подшипниках валопровода для оценки влияния упругой линии валопровода в качестве последней принять положение упругой линии корпуса, а конкретно — её прогибы по теоретическим шпангоутам. Но на практике в качестве контрольных сечений при определении параметров упругой линии валопровода следует принять реальное расположение подшипников валопровода.

Так как РКП, используемые для согласования корабельных комплексов вооружения, располагаются в основном в центральной и носовой части корабля, то для материализации контрольных сечений, поворот кото-

¹ В настоящее время — авианосец «Викрамадитья» в составе ВМС Индии (прим. ред.).

рых позволяет следить за изменениями упругой линии валопровода, на фундаменте каждого подшипника валопровода размещают штатно специальную контрольную площадку (СКП). Что касается подшипников кронштейна и дейдвудного устройства, то СКП следует размещать в помещениях, расположенных выше и по возможности ближе к подшипникам. Положение опорных плит СКП выверяется относительно ЦКП в пределах заданных отклонений и фиксируется.

В идеале установку и выверку СКП желательно проводить в период постройки корабля после завершения работ по формированию корпуса и гидравлических испытаний. Но если в стапельный период постройки корабля контрольные площадки не были установлены, то эта операция выполняется перед постановкой корабля в ремонт.

Примерная схема размещения СКП показана на рис. 3, где красным цветом отмечены СКП.

Принципиально последовательность центровки валопровода при ремонте корабля выглядит следующим образом.

Перед постановкой корабля в сухой док приводят водоизмещение корабля к стандартному и выполняют измерения наклонов СКП относительно ЦКП, что определяет поворот контрольных сечений, необходимый для расчёта упругой линии.

Используя формулы (1)–(3), определяют параметры упругой линии валопровода, а именно прогибы в контрольных сечениях по СКП и соответствующее высотное положение подшипников.

После проведения перечисленных операций совершают постановку корабля в док и выполняют ремонт.

По окончании ремонта и вывода корабля из дока приводят водоизмещение корабля к стандартному, вновь определяют положение упругой линии валопровода и высотное расположение подшипников валопровода. Полученные результаты сравнивают с теми, что имели место до постановки корабля в док, и корректируют расчётные нагрузки на подшипниках валопровода, используя коэффициенты влияния.

Коэффициенты влияния характеризуют зависимость изменения нагрузки на подшипник от высотного

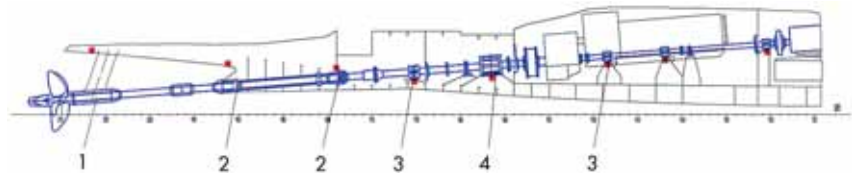


Рис. 3. Схема размещения СКП:

1 — подшипник кронштейна; 2 — подшипник дейдвудного устройства; 3 — опорный подшипник; 4 — главный упорный подшипник

перемещения соседних подшипников и определяются результатами решения системы уравнений трёх моментов [4]:

$$t_{i,i} = \sum_j k_{j,i} \cdot y_j \quad (4)$$

где $t_{i,i}$ — коэффициент влияния на i -й подшипник изменения нагрузки на j -м подшипнике; $k_{j,i}$ — коэффициент влияния на i -й подшипник перемещения j -го подшипника; y_j — вертикальное перемещение j -го подшипника.

При вычислении коэффициентов влияния задаётся последовательно единичное перемещение каждого подшипника на один миллиметр и определяется изменение реакций всех подшипников для каждого перемещения. Характер изменения реакций иллюстрирует таблица, составленная для оптимизации параметров центровки кормового участка валопровода корабля, схема которого приведена на рис. 3.

Из таблицы видно, что даже при перемещении подшипника на один миллиметр диапазон изменения нагрузок на подшипниках достаточно широк, а если учесть, что фактические значения прогибов упругой линии достигают нескольких миллиметров, то приращение или снятие нагрузки на каждом подшипнике будет еще более значительным.

Определив коэффициенты влияния по формуле (4) и имея значения высотных положений подшипников валопровода до и после постановки корабля в док, выполняют оптимизацию нагрузок, рассчитывая ту дополнительную нагрузку, на которую следует догрузить или разгрузить каждый подшипник, включая подшипники кронштейна

и дейдвудного устройства. Оптимизируя нагрузки, выполняют окончательную центровку валопровода.

Иногда ремонт корабля может сопровождаться минимальным объёмом вскрытия съёмных листов и сварочных работ на корпусе, которые не влияют на критическое изменение упругой линии корпуса. В этом случае использование технологии центровки валопровода с контролем его упругой линии даёт ещё один положительный эффект — возможность выполнения окончательной центровки валопровода в сухом доке. Для этого постановка корабля в сухой док осуществляется на стапельные тележки, оборудованные домкратами. Создавая соответствующие усилия в домкратах тележек и используя систему контрольных площадок, приводят упругую линию корпуса к тому положению, что было измерено до постановки корабля в док. Таким образом, обеспечивается равенство значений упругой линии корпуса в доке и упругой линии корпуса на плаву, что позволяет выполнить окончательную центровку валопровода по расчётным нагрузкам на подшипниках.

Заключение. Представлена концепция центровки валопроводов кораблей, основанная на контроле упругой линии валопровода, изменение параметров которой в значительной мере влияет на загрузку подшипников валопровода. Практическая реализация концепции позволит повысить эксплуатационную надёжность валопровода, а в отдельных случаях перенести центровку валопровода на более раннюю стадию.

Литература

1. Кравченко В. С. Монтаж судовых энергетических установок. Л.: Судостроение, 1975.
2. Archer C., Martin D. K. Static and Dynamic Alignment // Transactions of the Institute of Marine Engineers. 1979. Vol. 91. № 4.
3. Гаврилюк Л. П. Основы согласования корабельных комплексов вооружения. СПб.: ОАО «ЦТСС», 2011.
4. ОСТ5.4368–81. Валопроводы судовых движительных установок. Монтаж. Технические требования, правила приёмки и методы контроля, 1981.

Изменение реакций подшипников

Перемещаемый подшипник	Коэффициенты влияния, кН/мм				
	$k_{i,1}$	$k_{i,2}$	$k_{i,3}$	$k_{i,4}$	$k_{i,5}$
1 (кронштейн)	+0,96	-2,37	+1,99	-0,66	+0,11
2 (дейдвудный кормовой)	-2,37	+7,25	-8,38	+4,09	-0,68
3 (дейдвудный носовой)	+1,99	-8,38	+14,42	-10,63	+3,18
4 (опорный)	-0,66	+4,09	-10,63	+12,94	-7,02
5 (главный упорный)	+0,11	-0,68	+3,18	-7,02	+6,94

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

ПОЛЯРНЫЙ КОДЕКС

Полярный кодекс (далее Кодекс) — документ Международной морской организации (ИМО), принятый резолюциями MSC.385(94) и MEPC.264(68). Кодекс разработан на основе оценки характерных для полярных вод рисков и призван обеспечить безопасную эксплуатацию судов и защиту полярной среды.

С 1 января 2017 г. требования Кодекса в отношении безопасности мореплавания начнут применяться к новым судам, построенным на эту дату и после нее. Суды, построенные ранее этого срока, должны соответствовать данным требованиям не позднее даты первого очередного или промежуточного освидетельствования после 1 января 2018 г.

Эксплуатационные требования по защите окружающей среды (полный запрет сброса нефти и нефтесодержащих вод, вредных жидких соединений, операционные ограничения на сброс сточных вод и мусора и др.) с 1 января 2017 г. начнут применяться к судам, эксплуатирующимся в полярных водах. Для определенных судов имеется возможность получения отсрочки Администрации флага в отношении выполнения требования по полному запрету сброса нефти и нефтесодержащих вод до даты первого очередного или промежуточного освидетельствования после 1 января 2018 г.

Требования по безопасности мореплавания Кодекса не будут применимы к судам, не имеющим конвенционных свидетельств, выданных в соответствии с Главой I СОЛАС 74. Полярный кодекс не будет применяться к военным судам и судам, использующимся для государственных некоммерческих целей. Область применения Кодекса в Арктике — пространство к востоку от мыса Канин Нос до Берингова пролива и в Беринговом море — к северу от 60° с. ш. Область применения Полярного кодекса в Антарктике — пространство южнее 60° ю. ш.

5 октября в рамках Международной выставки ТРАНСТЕК состоялась организованная Российским морским регистром судоходства (РС) и ПАО «Совкомфлот» (СКФ) конференция «Полярный кодекс и безопасность судов ледового плавания»¹. На конференции были представлены доклады, заслуживающие внимания конструкторских бюро, судостроительных заводов, компаний-судовладельцев, учебных заведений.

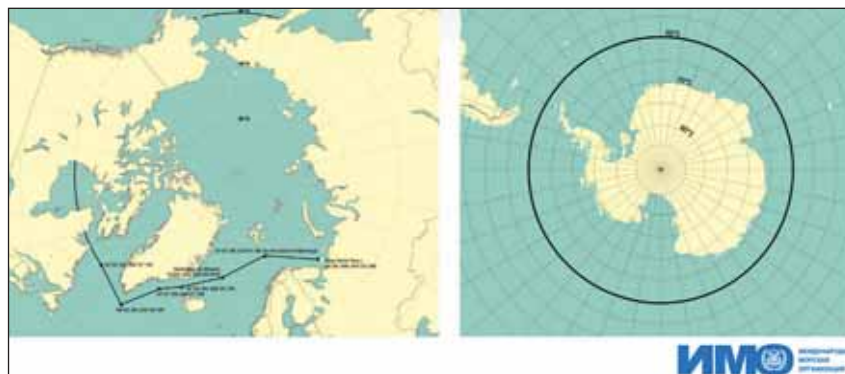
С приветственным словом к участникам обратился директор Департамента государственной политики в области морского и речного транспорта В. В. Клюев. Открыл конференцию генеральный директор РС К. П. Пальников.

Технический офицер ИМО М. А. Гаппоев дал краткий обзор существующей международной нормативной базы для судов, эксплуатирующихся в замерзающих морях, и подробно остановился на деятельности ИМО по полярным вопросам после принятия Полярного кодекса. В частности, он рассказал о разработке проекта Руководящих указаний по методологии определения ограничений для эксплуатации во льдах, одобрении проекта поправок к Конвенции ПДНВ (Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. — Прим. ред.) и Кодексу ПДНВ в час-

ти требований к подготовке капитанов и помощников капитана судов, а также решении вопросов по применению Кодекса к судам, не подпадающим под действие СОЛАС (в том числе рыболовным).

Первый заместитель генерального директора — главный инженер СКФ И. В. Тонковидов выступил с докладом о современных транспортных решениях как ключевом элементе крупных промышленных проектов в Арктике. Он рассказал об уникальном опыте работы в арктических и субарктических морях, который Группа компаний «Совкомфлот» накопила за последнее десятилетие. «Именно наличие таких компетенций, квалифицированного судового персонала и системы специальной подготовки экипажей к работе в ус-

ловиях северных морей является залогом надежной транспортной составляющей нефтегазовых проектов в арктической зоне», — подчеркнул И. В. Тонковидов. Он напомнил, что на текущий момент СКФ успешно обслуживает три ключевых арктических нефтегазовых проекта — месторождения «Приразломное», «Варандей» и «Новый порт», а треть судов компании обладает высоким ледовым классом. И. В. Тонковидов отметил, что в СКФ разрабатывается система удаленного мониторинга технического состояния флота, которая позволяет дополнительно контролировать качество и безопасность судоходства. «Внедрение систем удаленной превентивной диагностики позволяет на постоянной основе получать все необходимые



Современные географические границы арктического района и вод Антарктики, как определено в применимых правилах СОЛАС и МАРПОЛ

¹ Материалы конференции — см. на сайте РС: www.rs-class.org/ru/register/seminar/list.php.

ОБОРУДОВАНИЕ

- ОКНА МОСТИКА**
Средства для очистки растаявшего льда, замерзшего дождя, снега, тумана, брызг и конденсата
- СПАСАТЕЛЬНЫЕ ШЛЮПКИ**
Все шлюпки должны быть оснащены запасными или запасными закрытыми тентами
- ОДЕЖДА 1**
Парашютная тепловая защита для всех людей на судне
- ОДЕЖДА 2**
На носовом судне – водоотталкивающая или теплоотражающая защита для каждого человека на судне
- УДАЛЕНИЕ ЛЬДА**
Специальное оборудование для удаления льда, например, гидромолоты и гидромолотные установки, специальные инструменты, тавры или топоры или деревянные молотки
- ПРОТИВОПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**
Оборудование для тушения пожара, противопожарные работы при низкой температуре, что необходимо: заваривать швы, сваривать и паять трубопроводы, выключать и включать котлы

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И УКОМПЛЕКТОВАНИЕ ЭКИПАЖЕМ

- НАВИГАЦИЯ**
Получение информации о льдах и условиях
- СВИДЕТЕЛЬСТВО И НАСТАВЛЕНИЕ**
Требуется наличие на судне Свидетельства судна полярных водов и судового Наставления на эксплуатацию в полярных водах
- ПОДГОТОВКА**
Капитан, старший помощник и члены экипажа должны быть подготовлены к работе в экстремальных условиях, должны получить соответствующее образование (получить для эксплуатации в полярных водах (полярных льдах) и подготовку по расширенной программе для всех экипажей, включая льдовые условия)

КОНСТРУКЦИЯ И ПОСТРОЙКА

- МАТЕРИАЛЫ**
При постройке судна, предназначенного для эксплуатации при низкой температуре воздуха, должны использоваться материалы, подходящие для эксплуатации при низкой рабочей температуре судна
- КОНСТРУКЦИИ**
Конструкция судна, включая надельные распорки, должна выдерживать как общие, так и местные нагрузки на конструкции
- КАТЕГОРИИ СУДОВ**
В полярных водах могут эксплуатироваться суда трех категорий в зависимости от условий:
A) полярный лед средней толщины;
B) таковой средней лед;
C) открытые льды/льдовое покрытие льдовое покрытие, тем не менее пригодный для категорий A и B

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОДЕКС ДЛЯ СУДОВ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В ПОЛЯРНЫХ ВОДАХ, ПРИНЯТ В НОЯБРЕ 2014 ГОДА КОМПЕТЕНТОМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ НА МОРЕ ИМО
- ОН ПРИМЕНЯЕТСЯ К СУДАМ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИМСЯ В АРКТИЧЕСКИХ И АНТАРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ
- ЦЕЛЬ КОДЕКСА СОСТОИТ В ТОМ, ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ БЕЗОПАСНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ СУДОВ И ЗАЩИТУ ПОЛЯРНОЙ СРЕДЫ ПОСРЕДСТВОМ МАССОВОГО ДОСТУПА ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ПОЛЯРНЫХ ВОД РИСКОВ, СНИЖЕНИЕ КОТОРЫХ НЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ В ДОСТАТОЧНОЙ МЕРЕ В ДРУГИХ ДОКУМЕНТАХ

ИМО МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОМПЕТЕНТОМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ НА МОРЕ

Полярный кодекс для безопасности судов

НЕФТЬ

- СБОРС**
Сбор в море нефти или нефтесодержащих смесей с любых судов запрещен
- КОНСТРУКЦИЯ**
Для всех нефтяных танкеров, включая танкеры двойного корпуса и двойного дна (суда категорий A, B, построенные после 1 января 2017 года или после этой даты)
- ТЯЖЕЛОЕ ЖИДКОЕ ТОПЛИВО**
Тяжелое жидкое топливо запрещено в Антарктике (дополнительно Конвенция МАРПОП). Суда, оборудованные к тому, чтобы не иметь на борту и не использовать тяжелое жидкое топливо в Арктике
- СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
Рассмотреть вопрос о применении неопасных биоразлагаемых смазочных материалов или материалов на водной основе в соответствующих условиях, которые расположены на пролегающей полярной части корпуса в непосредственном контакте с морской водой

МУСОР

- ПЛАСТМАССА**
Запрещается сброс в море пластика (дополнительно Конвенция МАРПОП)
- ПИЩЕВЫЕ ОТХОДЫ I**
Запрещается выбрасывание пищевых отходов на лед
- ПИЩЕВЫЕ ОТХОДЫ II**
Использование или выбрасывание пищевых отходов (размером не более 25 мм) могут выбрасываться только если судно находится на расстоянии не менее 12 морских миль от ближайшего побережья ледяной или бракидного берега
- ТУШИ ЖИВОТНЫХ**
Сбор туш животных запрещается
- ОСТАТКИ ГРУЗА**
Сбитый груз, мусор, средства или предметы, предназначенные и/или бывшие в употреблении, могут быть сброшены только в том случае, если все они упакованы, так и под наблюдением экипажа в герметично закрытых и помеченных контейнерах соответствующего дизайна (дополнительно Конвенция МАРПОП)

СТОЧНЫЕ ВОДЫ

- СБОРСЫ I**
Запрещается любой сброс сточных вод в полярных водах (применяется дополнительное определение «сточные воды»)
- УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД**
Сбор разрешается, если на судне имеются соответствующие установки для обработки сточных вод и обработанные сточные воды сбрасываются на льду в соответствии с требованиями Конвенции МАРПОП, за исключением сброса в море районов концентрации увеличенной толщины льда
- СБОРСЫ II**
• Незамороженные или необработанные сточные воды могут быть сброшены на расстоянии более 12 морских миль от любого шельфового ледника или гряды
• Измельченные и обеззараженные сточные воды могут быть сброшены на расстоянии более 3 морских миль от любого шельфового ледника или гряды

ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ

- ИНВАЗИВНЫЕ ВОДНЫЕ ВИДЫ**
Должны применяться меры по сведению к минимуму риска переноса инвазивных водных видов в судовых балластных водах и моря биоразнообразия судна

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОДЕКС ДЛЯ СУДОВ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В ПОЛЯРНЫХ ВОДАХ, ВСТУПАЕТ В СИЛУ 1 ЯНВАРЯ 2017 ГОДА
- ОН ПРИМЕНЯЕТСЯ К СУДАМ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИМСЯ В АРКТИЧЕСКИХ И АНТАРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ, В ДОПОЛНЕНИЕ К СУДЕБНОМУ КОДЕКСУ ТРЕБОВАНИЙ КОНВЕНЦИИ МАРПОП
- ОН ОБЪЕДИНЯЕТ ВЕЩАТЕЛЬНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННО-И ОБЩЕГО СУПЕРКАПИТАНА СУДА, ПОСЛАНИЕ ПОСЛАНИЕ КРУСОВОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ, КОТОРЫЙ ВНЕШАЕТСЯ В ПОЛЯРНЫХ ВОДАХ И НЕ СБАЛАНСИРОВАН ДВА ИЛИ БОЛЬШЕ МЕДИАМ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- КАТЕГОРИИ СУДОВ**
Суда трех категорий по степени готовности:
A) полярный лед средней толщины;
B) таковой средней лед;
C) открытые льды/льдовое покрытие льдовое покрытие, тем не менее пригодный для категорий A и B
- ПРИПЯТ**
Иногда под ледяной обшивкой и подледным покрытием могут находиться льды, которые могут быть сброшены на расстояние не менее 12 морских миль от любого шельфового ледника или гряды
- ШЕЛЬФОВЫЙ ЛЕДНИК**
Иногда под ледяной обшивкой и подледным покрытием могут находиться льды, которые могут быть сброшены на расстояние не менее 12 морских миль от любого шельфового ледника или гряды

ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

- СБОРС**
В полярных водах запрещается сброс вредных жидких веществ (ВЖВ) или смесей, содержащих ВЖВ

ИМО МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОМПЕТЕНТОМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ НА МОРЕ

Полярный кодекс защищает окружающую среду. Иллюстрации — из доклада М. А. Гаппова

данные о состоянии ключевых механизмов. Это особенно актуально для обеспечения непрерывного цикла работы флота в отдаленных районах Арктики, труднодоступных для посещения судов сервисными инж-

нерами и другими квалифицированными специалистами», — подчеркнул главный инженер СКФ.

РС представил на конференции Руководство по применению положений Международного кодекса для

судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярного кодекса). С докладом о принципиально важных аспектах его применения выступил начальник отдела корпуса и судовых устройств М. А. Кутейников. Он

отметил, что документ разработан РС для удобства клиентов и является инструментом для определения перечня требований Кодекса, применимых к конкретному судну. Руководство не дублирует текст Кодекса и не содержит дополнительных требований. Документ описывает порядок проведения освидетельствований и выдачи Свидетельства судна полярного плавания, а также содержит требования по эксплуатационной и экологической безопасности судов, предназначенных для работы в полярных водах. Он будет применяться при освидетельствовании судов и судового оборудования, рассмотрении проектной документации и документации на суда в постройке и эксплуатации.

Министерство транспорта Российской Федерации первым дало поручение РС на проведение освидетельствований судов в соответствии с требованиями Полярного кодекса. В настоящий момент РС имеет такие поручения от морских

администраций 11 государств флага. Следует отметить, что суда с действующим ледовым классом РС и дополнительными знаками ANTI-ICE и WINTERIZATION в символе класса уже во многом соответствуют требованиям Кодекса.

Для обеспечения клиентов РС рекомендациями по подготовке Наставления по эксплуатации судов в полярных водах в полном соответствии с требованиями Полярного кодекса Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова провел по заказу РС соответствующую научно-исследовательскую работу. С ее результатами познакомил доцент ГУМРФ, доктор технических наук А. А. Ершов. В частности, докладчик привел предложения по типовому содержанию Наставлений, а также отметил преимущества использования методов математического моделирования для определения безопасных условий маневрирования судна во льдах и выработки конк-

ретных рекомендаций. Практическая значимость Наставлений с точки зрения обеспечения безопасного плавания в полярных водах была детально рассмотрена в докладе на примере аварии лайнера «Exploger» в 2007 г.

Об опыте разработки рекомендаций по допустимым безопасным и опасным режимам движения судна во льдах рассказал первый проректор Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, профессор В. Н. Трякин. Он подчеркнул, что выполнение расчетов допустимых режимов движения судна во льдах является необходимым для понимания ледовой прочности судна, а их целесообразность связана с отличием формы корпуса у судов ледового плавания от традиционной, специфическими расчетными режимами движения при маневрировании таких судов, высокой повреждаемостью и износом конструкций при эксплуатации в тяжелых ледовых условиях.

ВЕЛИКАЯ РОССИЯ: СУДОСТРОИТЕЛИ

Этой осенью вышел в свет очередной — 26-й том российской биографической энциклопедии «Великая Россия», посвященный судостроителям. Автор-составитель данного тома Игорь Яковлевич Баскаков 30 сентября 2016 г. отметил свое 80-летие. Всю свою жизнь он посвятил отечественному судостроению, прошел трудовой путь от инженера до заместителя главного конструктора и начальника проектного отдела. Ему приходилось решать конкретные задачи по проектированию кораблей, судов и участвовать в их постройке и испытаниях.

С переходом на должность директора музея истории ПАО «СФ «Алмаз» И. Я. Баскаков вплотную занялся вопросами истории отечественного судостроения и биографиями судостроителей и корабелов, со многими из которых ему приходилось непосредственно работать или встречаться за свою более чем полувековую профессиональную деятельность в судостроении.

Наряду с этим Игорь Яковлевич использовал обширную базу биографических данных, собранных научным издательством «Гуманистика», которое еще в 1996 г. выпустило в свет первое издание биографической энциклопедии «Инженеры Санкт-Петербурга». В дальнейшем при под-

готовке последующих томов в них также содержались материалы о судостроителях, поэтому настоящий том не претендует на полноту сведений обо всех отечественных судостроителях.

Профессор А. И. Мелуа, под чьей редакцией готовился этот том, назвал помещенные в нем биографические статьи И. Я. Баскакова «ценным фондом», который не всегда можно найти в архивах предприятий. «Его воспоминания о коллегах и выполнявшихся на предприятиях заказах, — пишет он в предисловии к этому изданию, — восполняют историю отечественного судостроения, позволяют сохранить память о работавших в отрасли ученых и специалистах».

В заключение издательство и автор-составитель поблагодарили оказавших помощь и содействие при составлении этого тома, в том числе и В. Ф. Рыманова — референта генерального директора АО «ЦТСС».

Все заинтересовавшиеся этим изданием могут найти его по выходным данным: российская биографическая энциклопедия «Великая Россия». Судостроители. Том 26/Под ред. проф. А. И. Мелуа, проф. Я. Я. Голко. Автор-составитель И. Я. Баскаков. СПб.: «Гуманистика». 2016.



ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ПАРОМЫ ДЛЯ КАСПИЯ

26 октября на Бакинском судостроительном заводе (Baku Shipyard) был подписан контракт на постройку двух железнодорожно-автомобильно-пассажирских паромов типа Ro-Rax (проект CNF18C) для ЗАО «Азербайджанское Каспийское Морское Пароходство». Проект разработан Морским Инженерным Бюро. Новый паром «открытого» типа с кормовой схемой грузообработки сможет перевозить 56 вагонов, 50 грузовых автомобилей, а также около 100 пассажиров. Это судно с бульбообразной носовой оконечностью и транцевой кормой, с избыточным надводным бортом, носовым расположением жилой надстройки, машинным отделением в корме, с двухвинтовой дизельной пропульсивной установкой, кормовым и носовым подруливающими устройствами, с двумя грузовыми палубами. Наибольшая проектная длина паромов 154,5 м, ширина 17,5 м, высота борта 7,5 м, осадка по КВЛ 4,5 м, соответствующий дедвейт 5540 т. Строительство двух паромов оценено заводом в размере 132 млн манат (около 80 млн дол.). По данным пароходства его будущие заказы на новые суда также будут размещать-

ся на Бакинском судостроительном заводе, контрольный пакет акций которого принадлежит государственной нефтяной компании SOCAR. Ждать обещанного пришлось недолго: 18 ноября был подписан контракт на постройку двух танкеров-продуктовозов-химовозов пр. RST12C.

ТБС ДЛЯ «ФЕМКО»

15 октября в Лейрвике (Норвегия) прошла церемония наименования и крещения новых транспортно-буксирных судов (ТБС) ледового класса «Помор» и «Норманн», построенных верфью Navyard Ship Technology AS по проекту NAVYARD 843 ICE. Суда были заказаны ООО «Сибирская лизинговая компания» для Группы компаний «ФЕМКО». Первое ТБС «Алеут» из заказанных 3 ед. было сдано в ноябре 2015 г. ТБС спроектированы и построены для работы в арктических условиях. Они способны самостоятельно преодолевать ледяной покров толщиной 1,1–1,3 м. Основная задача ТБС — обслуживание морских буровых платформ, буксировка, снабжение и аварийно-спасательное дежурство. На сегодняшний день, флот «ФЕМКО» насчитывает 15 специализированных и транспорт-

ных судов. В ближайшее время он должен был пополниться ТБС «Алексей Кузнецов» (пр. SPA-150).

НОВЫЙ ДВУХТОПЛИВНЫЙ

Японская компания Yanmar разработала новый судовый двигатель марки Y26DF, который позволяет использовать как сжиженный природный газ (СПГ), так и дизельное топливо. Этот двухтопливный шестицилиндровый двигатель по данным разработчиков дает возможность достаточно легко соответствовать требованиям ИМО (стандарты Tier 3, предлагающие к 2020 г. снизить выбросы окислов азота на 80% по сравнению с первым — Tier 1 — уровнем, а также на 20% углекислого газа). Мощность двигателя 1533 кВт при 750 об./мин. Одной из особенностей двигателя является возможность переключения между СПГ и обычным топливом даже при полной нагрузке двигателя.

СУДНО-АВТОМАТ

Английская компания Automated Ships и норвежская Kongsberg Maritime решили создать первое в мире полноразмерное беспилотное

Продолжение на стр. 71



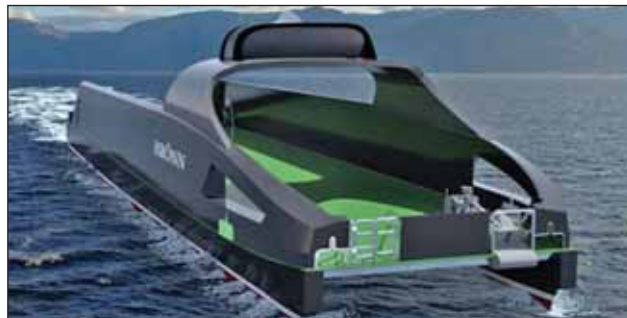
Проектное изображение железнодорожно-автомобильно-пассажирского паромов пр. CNF18C (www.meb.com.ua)



Судовой двухтопливный двигатель марки Yanmar 6EY26DF (www.yanmar.com)



ТБС «Помор» на испытаниях (www.femco.ru)



Проектное изображение полноразмерного беспилотного судна «Hrönn» (www.km.kongsberg.com)

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ В 2017 ГОДУ

Отечественные строительные материалы — 2017

24—27 января, Москва
www.osmexpo.ru

Vessel Efficiency and Fuel Management Summit

25—26 января, Лондон
www.wplgroup.com

Ship Recycling Congress

25—26 января, Лондон
www.wplgroup.com

Euomaritime 2017

31 января—2 февраля, Париж
www.euomaritime.fr

Maritime Reconnaissance and Surveillance Technology

30—31 января, Рим
www.maritime-recon.com

Euomaritime

31 января—2 февраля, Париж
www.euomaritime.fr

Floating LNG 2017

13—14 февраля, Лондон
www.smi-online.co.uk

Oceanology International North America Reed

14—16 февраля, Сан-Диего
www.oceanologyinternational-northamerica.com

Underwater Intervention

21—23 февраля, Новый Орлеан
www.underwaterintervention.com

European Shipping Week

27 февраля—3 марта, Брюссель
www.europeanshippingweek.com

Полиуретанэкспо—2017

28 февраля—2 марта, Москва
www.polyuretanex.ru

Композит—экспо 2017

28 февраля—2 марта, Москва
www.composite-expo.ru

Фотоника. Мир лазеров и оптики—2017

28 февраля—3 марта, Москва
www.photonics-expo.ru

Интерлакокраска — 2017

28 февраля—3 марта, Москва
www.interlak-expo.ru

Transas Global Conference

6—8 марта, Мальта
www.transas.ru

Arctic Shipping Summit

8—9 марта, Монреаль
www.wplgroup.com

MIPS/Securika 2017

13—16 марта, Москва
www.securika-moscow.ru

Seatrade Cruise Global

13—16 марта, форт Лодердейл
www.seatradecruiseglobal.com

International Composites Event

14—16 марта, Париж
www.jeccomposites.com

Brazilian Symposium on Water Waves

13—15 марта, Рио-де-Жанейро
www.armosmarine.com

Море. Ресурсы. Технологии 2017

15—17 марта, Мурманск
www.murmanexpo.ru

Shipping 2017

20—22 марта, Стамфорд
www.cmshipping2017.com

Охота и рыболовство. Весна 2017

23—26 марта, Санкт-Петербург
www.expoforum-center.ru

Bilbao Marine Energy Week 2017

27—31 марта, Бильбао
www.bilbaomarinenergy.com

Sinaval

28—30 марта, Бильбао
www.bilbaoexhibitioncentre.com

INMEX Vietnam

29—31 марта, Хошимин
www.maritimeshows.com

Sea Tec 2017

29—31 марта, Марина-ди-Каррапа
www.sea-tec.it

MCE Deepwater Development

3—5 апреля, Амстердам
www.mcedd.com

Ocean Business 2017

4—6 апреля, Саутгемптон
www.oceanbusiness.com

Gastech

4—7 апреля, Токио
www.gastechevent.com

Российское судостроение. Импортозамещение

6—7 апреля, Санкт-Петербург
www.morspb.ru

Экспо Контроль—2017

12—14 апреля, Москва
www.rual-expo.ru

НЕФТЕГАЗ—2017

17—20 апреля, Москва
www.neftegaz-expo.ru

ЭЛЕКТРО—2017

17—20 апреля, Москва
www.electro-expo.ru

Транс Россия 2017

18—20 апреля, Москва
www.transrussia.ru

Sea Asia

25—27 апреля, Сингапур
www.sea-asia.com

Связь—2017

25—28 апреля, Москва
www.sviaz-expocomm.ru

НАВИТЕХ—2017

25—28 апреля, Москва
www.navitech-expo.ru

Arctic Shipping Forum 2017

25—28 апреля, Хельсинки
www.informamaritimeevents.com

Waterpower Week

1—3 мая, Вашингтон
www.hydro.org

ОТС

1—4 мая, Хьюстон
www.otcnet.com

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ В 2017 ГОДУ

Maritime Industry
9–11 мая, Горинхем
www.evenementenhal.nl

Navexpo
10–12 мая, Лорьян
www.navexpo.com

Металлообработка—2017
15–19 мая, Москва
www.metobr-expo.ru

Black Sea Ports and Shipping 2017
18–19 мая, Батуми
www.transportevents.com

Tugology' 17
23–24 мая, Роттердам
www.tugandosv.com

Greentech 2017
30 мая—1 июня, Форт Лодердейл
www.green-marine.org

Nor Shipping 2017
30 мая—2 июня, Осло
www.messe.no

Offshore Wind Energy 2017
6–8 июня, Лондон
www.offshorewind2017.com

Electric & Hybrid Marine World Expo 2017
6–8 июня, Амстердам
www.electricandhybridmarineworld-expo.com

MAST Asia
12–14 июня, Токио
www.mastconfex.com

Seawork 2017
13–15 июня, Саутгемптон
www.seawork.com

CARIS 2017
19–22 июня, Оттава
www.caris.com

Brazil Offshore 2017
20–23 июня, Макаэ
www.braziloffshore.com

Trans Nav 2017
21–23 июня, Гдыня
www.transnav2017.am.gdynia.pl

Нефть и газ
27–30 июня, Москва
www.mioge.ru

ОМАЕ 2017
25–30 июня, Тронхейм
www.asme.org

Международный военно-морской салон MBMC/IMDS 2017
28 июня—2 июля, Санкт-Петербург
www.navalshow.ru

Naval Future Force Science and Technology Expo
20–21 июля, Вашингтон
www.onr.navy.mil

Marintec South America—Navalshore
15–17 августа, Рио-де-Жанейро
www.marintecsa.com.br

EWTEC 2017
27 августа—2 сентября, Корк
www.ewtec.org

Offshore Europe
5–8 сентября, Абердин
www.offshore-europe.co.uk

Baltexpo 2017
11–13 сентября, Гданьск
www.baltexpo.ztw.pl

RAO/CIS OFFSHORE 2017
12–15 сентября, Санкт-Петербург
www.rao-offshore.ru

НЕВА 2017
19–22 сентября, Санкт-Петербург
www.transtec-neva.ru

Seatrade Offshore Marine & Workboats

25–27 сентября, Абу-Даби
www.seatradeoffshoremarine.com

International Marine Electronics Conf. and Expo
26–28 сентября, Вашингтон
www.nmea.com

INMEX SMM India
26–28 сентября, Мумбаи
www.inmex-smm-india.com

Baltic Sea Port & Shipping 2017
28–29 сентября, Таллин
www.transportevents.com

Петербургский международный газовый форум
3–6 октября, Санкт-Петербург
www.gas-forum.ru

Navegistic
4–6 октября, Асунсьон
www.navegistic.com

Offshore Energy
10–11 октября, Амстердам
www.offshore-energy.biz

Охота и рыболовство. Осень 2017
19–22 октября, Санкт-Петербург
www.expoforum-center.ru

Kormarine 2017
24–27 октября, Пусан
www.kormarine.com

OTC Brazil 2017
24–26 октября, Рио-де-Жанейро
www.otsbrasil.org

The Polar Petroleum Potential Conf. & Exhibition
31 октября—3 ноября, Калгари
www.3partic.com

Securika St Petersburg 2017
7–9 ноября, Санкт-Петербург
www.expoforum-center.ru

Europort 2017
7–10 ноября, Роттердам
www.europort.nl

Inno Sklad BALTICA 2017
14–16 ноября, Санкт-Петербург
www.expoforum-center.ru

Транс Балтика 2017
29 ноября—1 декабря, Санкт-Петербург
www.expoforum-center.ru

Marintec China
5–8 декабря, Шанхай
www.marintec.com

Iranimex
12–14 декабря, Киш
www.europort.nl

судно для различных операций на морском шельфе. О соответствующем заключенном между этими компаниями меморандуме было сообщено в ноябре. Судно-автомат, которое уже имеет имя «Högn», планируется построить в Норвегии, возможно на верфи Fjellstrand, в 2017–2018 гг. Основное судовое оборудование, обеспечивающее дистанционное управление, должна поставить компания Kongsberg Maritime. К работам должно подключиться и классификационное общество DNV GL.

ДЕДВЕЙТ УВЕЛИЧИЛИ НА 32%

В ноябре в первый рейс после модернизации на турецкой верфи Hydrodynamis в Тузле вышел сухогруз «Ополье» типа «Волго-Балт». Проект 2-95A/R модернизации судна, имеющего размерения 113,87 x 13 x 5,5 м, разработан Морским Инженерным Бюро. Основная цель — увеличение количества перевозимого груза. В основу проекта заложена идея применения высоких (2,5 м с учетом существующих) непрерывных продольных комингсов люков, которые позволяют повысить стандарт общей прочнос-



Увеличение высоты комингсов на сухогрузе «Ополье» (www.meb.com.ua)

работ в средней части, для улучшения мореходных качеств была поднята палуба бака до высоты 8665 мм над основной плоскостью (в месте пересечения палубы бака и форштевня). Дедвейт судна в море увеличился с 3208 до 4235 т (т. е. на 1027 т, или на 32%), объем грузовых трюмов — с 4720 до 5677 м³ (т. е. на 957 м³, или на 20,3%). Технико-экономические показатели модернизированного сухогруза «Ополье»

Reliance Industries Ltd. первое в мире крупнотоннажное судно для перевозки сжиженного этана — VLEC «Ethane Crystal» (VLEC — Very Large Ethane Carrier). Его вместимость 87 000 м³. Это более чем в 2 раза превышает существующие этановозы «Navigator Aurora» и «Navigator Eclipse» вместимостью 37 000 м³. Специально спроектированная конструкция его грузовых танков (GTT Mark III) позволяет также транспортировать сжиженный нефтяной газ. Судно, переданное заказчику в начале ноября, планируется использовать на линии Северная Америка — Индия. Это первый из шести этановозов, которые должны быть построены на класс ABS.

ТИП 26 ВМЕСТО 23

Компания BAE Systems сообщила, что резка стали для новых британских многоцелевых фрегатов типа 26 (Type 26 Global Combat Ships) начнется на верфи в Глазго летом 2017 г. Ранее в СМИ сообщалось, что планируется заказ 8 ед. общей стоимостью 1,9 млрд фунтов стерлингов. В настоящее время ведутся подготовительные работы для строительства



VLEC «Ethane Crystal» (фото SHI, www.samsungshi.com)



Британский многоцелевой фрегат типа 26 (www.baesystems.com)

ти корпуса судна и увеличить вместимость трюмов и дедвейт судна, не вступая в противоречие с требованиями Международной Конвенции о грузовой марке. Комингсы грузовых трюмов стали больше на 1,3 м. В носовой части стенки продольных комингсов соединили с конструкциями бака, в кормовой — с конструкциями юта. Поперечные переборки на шпангоутах 61, 97 и 133 также соответственно нарастили. Помимо

стали существенно превышать возможности судна до модернизации, что позволяет ему эффективно эксплуатироваться в условиях смешанных «река—море» и морских перевозок.

ЭТАНОВОЗ «ETHANE CRYSTAL»

Южнокорейская верфь Samsung Heavy Industries (SHI) построила для индийской компании

первых трех кораблей, характеризующихся также как противолодочные. К этой работе компания BAE Systems уже привлекла 27 компаний. Многоцелевые фрегаты типа 26 заменяют корабли типа 23. Они могут эксплуатироваться в различных районах Мирового океана и выполнять широкий диапазон задач, включая, как сообщается, и гуманитарные.

Подготовил А. Н. Хаустов

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

ТРАЛЬЩИКИ И ТРАЛЫ ВМФ СССР (1941—1945)¹

В. М. Йолтуховский, докт. воен. наук, ВУНЦ
ВМФ «Военно-морская академия»

УДК 629.5

За шесть дней до нападения на СССР, грубо нарушив международное морское право, ВМС фашистской Германии начали в Балтийском море постановку большого минного заграждения «Вартбург», состоящего из 3 тыс. мин и минных защитников. В дальнейшем германский флот широко использовал минное оружие на наших морских театрах военных действий, особенно на Балтике.

В большинстве случаев враг скрытно ставил комбинированные заграждения, состоящие из якорных и донных мин в несколько ярусов, минных защитников однократного и многократного действия, а также мин-ловушек. Всего в ходе войны противоборствующие стороны выставили более 165 тыс. мин и минных защитников (табл. 1).

В первые дни боевых действий на минах получил серьезное повреждение крейсер «Максим Горький», затонули эсминец «Гневный» и несколько кораблей других классов. Оказались затруднены жизненно важные морские перевозки. Крупные потери от мин Балтийский флот понес при прорыве из Таллина в Кронштадт в конце августа 1941 г., а также при эвакуации военно-морской базы Ханко.

В начале Великой Отечественной войны наибольшую трудность при организации борьбы с минной угрозой представляло уничтожение новейших магнитных мин. В связи с этой проблемой пришлось решать ряд сложных научно-технических вопросов. Один из них — уменьшение магнитных полей кораблей с целью ограничения их воздействия на неконтактный взрыватель мины.

Эту проблему в нашей стране начали решать за несколько лет до начала второй мировой войны. Ответственность за проведение работ по размагничиванию кораблей вначале возлагалась на лабораторию Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ), которой руководил А. П. Александров — позже президент Академии наук СССР. К марту 1938 г. его группа разработала метод защиты кораблей от магнитных мин и индукционных торпед. Он сводился к компенсации магнитного поля корабля системой накладываемых на его корпус обмоток, через которые пропускались постоянные токи определенных направ-

лений и величин. Такие токи регулировались через потенциометрическую систему от установленных магнитометров.

Проведенные разработки и анализ устройства немецких мин позволили за первые три месяца войны оснастить противоминными устройствами большинство находящихся в строю крупных кораблей и подводных лодок. За изобретение метода противоминной защиты кораблей в 1942 г. Сталинской премии I степени были удостоены А. П. Александров, И. В. Курчатов, Б. А. Гаев, П. Г. Степанов, В. М. Тучкевич, В. Р. Регель, офицеры Научно-технического комитета ВМФ Б. Е. Годзевич и И. В. Климов.

Одновременно с работами по размагничиванию велось переоборудование гражданских судов под тральщики. Уже 22 июня 1941 г. к стенке завода в Ленинграде подошли буксиры, на которых устанавливалось тральное оборудование. Это позволило к августу увеличить состав тральных сил до 58 тральщиков (не считая базовых) и 55 катеров-тральщиков различных типов, а к сентябрю вернуть работы по переоборудованию еще 25 судов.

Вскоре в тяжелейших условиях блокады в Ленинграде началось строительство

Таблица 1

Общее количество мин, выставленных на советских морских театрах ¹				
Морской театр	Контактные	Неконтактные	Минные защитники	Всего
Северный	10426	965	531	11922
Балтийский	56886	7223	15836	79945
Черноморский	20183	2492	7632	30307
Тихоокеанский	41117	780	1003	42900
Всего	128612	11460	25002	165074

¹ РГА ВМФ, ф. р-2, оп. 4, д. 11, л. 164.



Эскадренный тральщик «Владимир Полухин»

¹ Архив ВМФ, ф. 2, оп. 1, д. 632, л. 12; оп. 6, д. 317, л. 12; д. 1045, л. 109, 110; ф. 13, оп. 71, д. 18, л. 202, 203; ф. 14, оп. 47, д. 247, л. 124; ф. 161, оп. 6, д. 378, л. 17; ф. 345, оп. 29, д. 1, л. 1; ф. 506, оп. 36, д. 118, л. 142, ф. 580, оп. 1, д. 8, л. 2, 3; ф. 767, оп. 2, д. 42, л. 69; д. 77, л. 203.

новых катеров-тральщиков, модернизация и ремонт находящихся в строю кораблей и катеров; достраивались два эскадренных тральщика «Владимир Полухин» и «Василий Громов». При достройке эскадренных тральщиков пр. 59 был учтен опыт первого года Великой Отечественной войны: усилено зенитное вооружение, улучшено штурманское оборудование (наряду с малонадежными магнитными компасами, устанавливались более стабильные гирокомпасы). На кораблях внедрялись новинки отечественного приборостроения — курсограф и одограф. Последний позволял учитывать дрейф корабля, что особенно было ценным не только при тралении, но и проводке кораблей за тралами.

Положение с тралящими кораблями несколько улучшилось после вступления в строй разработанного в блокадном Ленинграде малого базового тральщика — «стотонника» (пр. 253-Л). Основные тактико-технические элементы (ТТЭ) советских тральщиков периода войны приведены в табл. 2.

Сложная минная обстановка, объясняемая не только большим количеством мин, оснащенных противотральными устройствами, но и применением минных защитников, затруднявших траление, привела к большому расходу тралов. Поэтому в начале октября 1941 г. Народный комиссар ВМФ адмирал Н. Г. Кузнецов обратился к председателю Государственного Комитета Обороны с ходатайством о дополнительном изготовлении необходимых комплектов, находящихся на вооружении тралов. Однако промышленность из-за загрузки заводов другими заказами для фронта, за-

Таблица 2
Основные тактико-технические элементы тральщиков ВМФ СССР¹

Тип корабля	Полное водоизмещение, т	Осадка при полном водоизмещении, м	Мощность двигателя, л.с.	Скорость, уз	Максимальная скорость с тралами, уз	Вооружение	
						тральное	артиллерийское
Базовый тральщик «Фугас»	450	2,2	1400	18,5	14–15	ПТ, ЗТ, МТШ	1–100-мм 1–45-мм
Тральщик «Менжинский»	467	2,6	400	7,7	4	ЗТ, МТШ	1–45-мм
Тральщик «Ижорец»	140	2,2	200	7,7	4	МТШ	1–45-мм
Катер-тральщик «Рыбинец»	26	1,0	136	9	4	ОТШ, КТ	—
Катер-тральщик МСВ-38	10,2	0,6	73	7,5	4	КТ	—
Катер-тральщик К-15-М-17	15,7	0,65	65	9,1	5	КТ	—

¹ Йолтуховский В. М. Минная война на море. СПб.: ВВМУПП им. Ленинского Комсомола, 1998. С. 224.

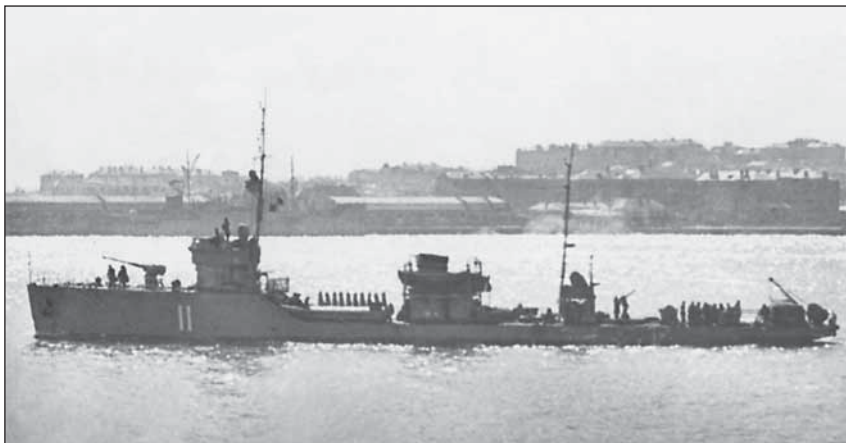
труднений с их обеспечением необходимыми материалами, рабочей силой, топливом и электроэнергией не могла сразу дать требуемого количества тралов.

Исключительно серьезную проблему представляло собой создание оружия для уничтожения донных мин. Принципиально новые механизмы взрывателей донных мин вызвали необходимость появления других средств борьбы с ними: магнитных и электромагнитных тралов. В конце июня 1941 г. на Черноморском флоте была реализована идея создания баржевого электромагнитного трала (БЭМТ). С его помощью успешно уничтожались магнитные мины на малых глубинах, в узких и мелководных районах, рейдах, гаванях. Вскоре на Балтике начались ра-

боты по созданию БЭМТ (трал-баржи) в труднейших условиях блокадного Ленинграда. Параллельно с поисками материалов продолжалась разработка проекта и выяснение остойчивости барж после установки оборудования, проверка непотопляемости. К концу 1943 г. на БФ своими силами было введено в строй 19 трал-барж, с которыми за 1942—1943 гг. тральщики прошли свыше 11 тыс. миль. С августа 1941 г. на Балтийском море продолжались испытания опытных образцов парного хвостового магнитного трала (ХМТ). Начиная с 1942 г., он широко использовался для уничтожения мин с магнитно-статистическими взрывателями.

БЭМТ и ХМТ могли буксироваться только тральщиками, а большинство тральных сил БФ и ЧФ представляли собой катера-тральщики. Возникла необходимость создания легкого неконтактного трала. В августе 1941 г. с помощью сотрудников ЛФТИ его изготовили на ленинградском заводе «Судомех» и успешно испытали на Неве.

Лишь к началу июня 1942 г. были разработаны некоторые образцы неконтактных тралов, которые 1 июня были приняты на вооружение или допущены к тралению. Наконец, 10 июня на кронштадтских фарватерах трал-баржа КП-25 подорвала первые донные мины. Минная обстановка в районе Кронштад-



Базовый тральщик «Трал»

та оставалась напряженной. Нужно было срочно отправлять подводные лодки в море для действия на сообщениях врага, а минная опасность не позволяла открыть фарватеры. Дивизион первых в советском ВМФ магнитных тральщиков работал на фарватерах круглосуточно.

Принципиально проблема уничтожения донных мин (в основном) была решена лишь после вступления в строй тральщиков союзников (ТАМ, АМ, ММС), а также неконтактных тралов («Л», «ЛЛ», «Конго»).

Рассмотренными тралами, а также петлевыми электромагнитными тралами на Краснознаменном Балтийском флоте с 3 июня 1942 г., началось систематическое траление неконтактных мин на кронштадтских фарватерах. Уже 10 июня тральщики «Сиг» и «Ястреб» взорвали шесть мин. Проблема уничтожения немецких магнитных мин в принципе была решена, но это был трудоемкий и опасный процесс.

С первых часов военных действий противник в р-не Севастополя, Очакова, Кронштадта, Моонзундских островов применял акустические мины с резонансной частотой взрывателя 90—100 Гц. Для срочного поиска средств борьбы с этими минами были привлечены ученые акустической лаборатории Физического института АН СССР. На базе их исследований, а также изучения английского акустического трала в феврале 1944 г. был принят на вооружение буксируемый акустический трал БАТ-2 с радиусом действия 120—150 м. Он стал основным средством уничтожения акустических мин на всех театрах.

Вскоре на Балтике враг выставил магнитно-акустические мины, взрыватели которых срабатывали лишь при постепенном возрастании звукового колебания, т. е., кроме магнитного, воссоздавалось акустическое поле корабля. Для траления комбинированных неконтактных мин применялись специальные пульсаторы, позволявшие периодически изменять звуковое колебание, создаваемое излучателем трала БАТ-2. Это достигалось путем изменения напряжения, подводимого к электродвигателю молотка. Одновременно с пульсатором обеспечивалась совместная работа БАТ-2 и с петлевым электромагнитным тралом. Все эти тралы интенсивно применялись и



Тральщики-«стотонники» в море

в ходе Великой Отечественной войны. При помощи тралов только на Балтике было взорвано до конца войны 428 неконтактных мин. Ученые П. П. Киткин, И. А. Киреев, А. К. Верещагин, А. Б. Гейро участвовали в разработке современных контактных тралов для траления якорных мин.

В ходе Великой Отечественной войны велись работы для создания индивидуальных средств противоминной защиты подводных лодок. Для перерезания минрепов (тросов) якорных мин на ряде лодок применялись резаки.

Во второй и третий периоды войны шло постепенное развитие минно-тральных сил всех флотов. Они развивались с учетом опыта войны. В первую очередь, происходила их модернизация за счет усиления зенитного вооружения, установки новых неконтактных тралов или усовершенствованных механических тралов. При этом шла естественная ротация тралящих кораблей; одни корабли исключались из состава флота (гибель, навигационные происшествия, возвращение судов другим наркоматам и ведомствам), другие входили в строй боевых кораблей от промышленности или от союзников.

На протяжении всей войны, наряду с поддержанием кораблей, их вооружения и техники в строю, проводилась работа по созданию и внедрению новой техники, отвечающей требованиям войны. Стояла острая проблема качественного ремонта, модернизации тральщиков, оснащения их современными тралами, зенитной артиллерией и пулеметами.

Зимой 1942/43 г. на 11 тральщиках типа РТ СФ дополнительно установлено по два 20-мм автомата «Эрликон», а на ТЩ-60 даже по три «Эрликона». Усилено зенитное вооружение на тральщиках типа ТАМ; дополнительно устанавливалось по одному «Эрликону». Модернизация тралящих кораблей позволила увеличить их возможности в уничтожении всех образцов мин противника, кроме гидродинамических, а также возможности самообороны и решения других боевых задач.

Снятие блокады Ленинграда в январе 1944 г. благоприятно сказалось на снабжении города, флота, деятельности промышленности, в т. ч. судостроительных и ремонтных заводов. В летнюю кампанию 1944 г. флот пополнился 81 тральщиком и катером-тральщиком. Военно-морской флаг впервые подняли эскадренный тральщик «Василий Громов», 35 малых базовых тральщиков и 45 катерных тральщиков (главным образом, это были катера типов «КМ» и «Я», перевезенные по железной дороге с заводов Костромы и Ярославля).

К концу апреля 1945 г. в составе Балтийского флота насчитывалось 85 тральщиков и 209 катеров-тральщиков (КАТЩ), что практически в шесть раз превышало их количество в начале войны, но было недостаточно для развертывания систематического траления опасных от мин районов Балтики.

Ограниченные возможности судоремонтной базы Ленинграда не позволяли за зиму ввести в строй десятки поврежденных или выработавших моторесурс кораблей и ка-



Катерные тральщики за работой

теров. Поэтому в море на траление часто выходили суда, нуждавшиеся в ремонте или поступившие от промышленности с необученными экипажами. Так, в 3-й бригаде траления, перебазированной в Усть-Двинск, из 43 катеров-тральщиков 38% нуждались в неотложном ремонте и 32% имели выработанный моторесурс до 200%. А для подготовки экипажей новых кораблей и катеров необходимо 3—4 мес. — сроки, которые никогда в практике наших флотов не соблюдались.

К тому же флот остро нуждался в магнитных тральщиках, а основу тральных сил составляли катера-тральщики с ограниченными ТЭ и мореходностью. Они могли работать только в прибрежных районах и практически были непригодны для действия в открытом море.

Так, в составе Северного флота общее количество тральщиков и катеров-тральщиков было явно недостаточным по сравнению с размерами морского театра и масштабами минной войны противника. Особенно остро ощущался недостаток тральщиков для уничтожения неконтактных мин. Поэтому командование Беломорской флотилии предлагало Военному совету флота все траулеры типа РТ, переоборудованные под сторожевые корабли, а также СКА типа МО, оснастить неконтактными тралами. Это требовало незначительного дооборудования кораблей и катеров. Однако флоту нужны были и сторожевые корабли и от этой идеи пришлось отказаться.

Одновременно флот пополнялся незначительным количеством ка-

теров-тральщиков отечественной постройки. В октябре от верфи Двинсплава поступили три КАТЩ в состав ОВР Главной базы Беломорской военной флотилии (БВФ).

10 американских тральщиков типа АМ, разработанного с учетом опыта первых лет второй мировой войны, получил по ленд-лизу в 1943—1944 гг. Северный флот и 24 таких корабля в 1944—1945 гг. — Тихоокеанский флот. На этих тральщиках были предусмотрены электромагнитный и акустический тралы, новинка для отечественной промышленности и флота — реактивный бомбомет, усиленное зенитное вооружение, специальное размагничивающее устройство, дистанционное управление механизмами. На тральщиках типа АМ устанавливалась гидролокационная станция «Скорпион-С», которая по своим ТТХ сравнима с ГЛС «Дракон-129» (английский «Асдик»). РЛС «СЛ-1» эффективно

использовалась для обнаружения подводных лодок в надводном положении, при тралении и проводке кораблей за тралами.

Кроме кораблей перечисленных типов, СФ получил в 1944 г. два новейших БТЩ ММС-136 с деревянными корпусами, построенных в Англии в декабре 1942 г. Их противоминное вооружение составляли петлевой, электромагнитный и акустический тралы. Эти корабли участвовали в борьбе с минной опасностью в ходе войны, послевоенном боевом тралении до 1950 г.

ВМФ получал в ограниченных количествах импортные тралы. Шли они с задержкой, в упрощенном варианте, зачастую не в комплекте. За время войны английское Адмиралтейство прислало 110 неконтактных тралов. А наша промышленность лишь за I квартал 1945 г. выпустила 1296 комплектов всех образцов. Так что поступление импортных устройств было ограниченным и не могло оказать заметного влияния на ход борьбы с минной опасностью. Хотя нужно признать, что их качество, в основном, было выше, чем отечественных тралов, в частности, тралов «Оропеза», «Л», «ЛЛ», «С». Тралы совершенствовались в направлении улучшения эксплуатационных свойств, повышения живучести и надежности контактных, а также мощности неконтактных тралов. Большое значение приобретали облегченные катерные тралы. Однако ощутимым изъяном в обеспечении флота противоминным оружием являлось медленное внедрение в производство новых образцов тралов и ограниченное количество их поступления на флоты.



Американский тральщик типа АМ в составе Северного флота

Исходя из характера минной обстановки на морских театрах, для уничтожения мин больше применялись неконтактные тралы. Наиболее масштабное использование на Севере получил разомкнутый электромагнитный трал типа «Л» английского производства. Позже его изготовление освоили минно-тральные мастерские СФ и БВФ и применяли тральщики типов ТАМ, АМ, РТ, ММС. В ходе боевого траления в войну с тралами этого типа пройдено на Севере 53 768 миль и вытралено 65 магнитных мин.

Несколько образцов неконтактных тралов были приняты на вооружение 27 января 1944 г. Позже (как основное средство борьбы с

акустическими минами) 22 февраля 1944 г. приказом наркома ВМФ принят на вооружение буксируемый акустический трал для боевого применения в сочетании с электромагнитными тралами. Ему было присвоено наименование БАТ-2.

Кроме того, для уничтожения донных мин на Балтике были разработаны и применялись баржевые электромагнитные тралы, прорыватели минных заграждений, дооборудованные из устаревших судов и кораблей. Впервые в истории нашего флота решением Военного совета БФ от 25 апреля 1945 г. корпуса малых подводных лодок (М-72, М-73, М-74, М-76) переоборудовались под магнитные и электромагнитные тралы.

За период войны только Северный и Балтийский флоты получили от отечественной промышленности и флотских мастерских около 6,2 тыс. новых и восстановленных тралов. Это свидетельствует о том, что именно тралами советского производства велась борьба с минным оружием на наших морских театрах и в речных бассейнах. Семью типами тралов, а также бомбометанием и подрывами за все время войны, по неполным данным, было уничтожено около 9350 мин и минных защитников, из них 1530 неконтактных. Однако эффективная борьба с ними стала возможной только после создания необходимого количества тральщиков и различных типов тралов.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ СССР И США В ПОСЛЕВОЕННЫЕ ГОДЫ

А. В. Платонов, докт. воен. наук,
e-mail: dokpav@gmail.ru

УДК 629.5

К моменту окончания второй мировой войны в американском и британском флотах номенклатура боевых кораблей расширилась вдвое: линейные корабли, авианосцы (тяжелые или эскадренные, легкие, эскортные), крейсера (большие, тяжелые, легкие, ПВО), мониторы (морские и речные), канонерские лодки (морские и речные), эскадренные и эскортные миноносцы, фрегаты, шлюпы, корветы, заградители надводные (минные и сетевые), тральщики (эскадренные, базовые, рейдовые, речные), десантные корабли (штабные корабли амфибийных сил, десантные корабли-доки, десантные транспорты-доки, танко-десантные и пехотно-десантные корабли, корабли огневой поддержки, быстроходный войсковой транспорт, десантный войсковой транспорт, десантный транспорт, грузовой десантный транспорт), подводные лодки (ПЛ) (большие или крейсерские, средние, малые, сверхмалые, заградители подводные). К боевым катерам относились торпедные, артиллерийские, сторожевые, противолодочные, катера-тральщики, десантные.

Все новые подклассы кораблей появились именно благодаря опыту военных действий на море, в то вре-

мя как СССР практически один на один столкнулся с самой мощной сухопутной армией фашистской Германии, какую когда-либо знало человечество. Потому все имеемые ресурсы были брошены прежде всего на оснащение Красной Армии. Советский ВМФ на свои нужды получал средства по остаточному принципу. Тем не менее, на момент победоносного завершения Великой Отечественной войны численность надводных кораблей ВМФ СССР выросла почти в три раза и достигла 375 ед. Флот понес колоссальные потери, соизмеримые с его предвоенным составом. Так, из имеемых в 1941 г. почти 170 надводных кораблей основных классов, было потеряно — 137. Подводные силы сократились с 211 ПЛ до 162.

При этом из 405 надводных кораблей, вошедших в состав флота за годы войны, только 289 были кораблями специальной постройки, из которых 12 передали по мобилизации из Морпогранохраны, а 184 — союзники. Надводные силы Тихоокеанского флота более чем на 70% состояли из импортных кораблей, в основном полученных по ленд-лизу. Многие из них в ближайшие годы требовалось вернуть: линкор, крейсер, половину эсминцев Северного

флота, все 29 фрегатов Тихоокеанского флота, большую часть из 78 больших охотников и т. д.

При этом состав кораблей ВМФ СССР далеко не соответствовал таковому передовых флотов. Не говоря уже о безнадежно устаревших линейных кораблях типа «Севастополь», «тяжело-легких» крейсерах типа «Киров», которые фактически годились только для закрытых морей (их было всего шесть). Имевшиеся три десятка эсминцев (в силу «незенитного» главного калибра) морально устарели еще к началу Великой Отечественной войны. Три с половиной десятка сторожевых кораблей и больших охотников (не обращая внимание на их качество) даже по минимуму не могли обеспечить решение всех собственных этому классу кораблей задач. То же можно сказать и о тральщиках. Таким образом, по состоянию на 1946 г., у Советского Союза практически отсутствовали линкоры, крейсера, десантные корабли, а имевшиеся эсминцев, эскортных кораблей и тральщиков явно не хватало.

Первую послевоенную кораблестроительную программу под названием «Десятилетний план военного судостроения на 1946—1955 годы» СНК СССР принял 27 ноября 1945 г. Она предусматривала строительство четырех тяжелых крейсеров, 30 легких крейсеров, 188 эсминцев, 177 сторожевых кораблей, 430 эскадренных и базовых тральщика, 367 ПЛ и более 2000 малых кораблей и катеров. Началось про-



«Свердлов» — головной в серии крейсеров пр. 68-бис

ектирование линейного корабля пр. 24 со сроком закладки в 1955 г.

Чтобы понять, как такая программа в то время могла появиться, и как с ней могло согласиться руководство наркомата судостроительной промышленности, надо учесть два фактора.

Первый фактор связан со взглядами командования ВМФ на необходимые классы кораблей и на их боевые возможности. В начале 1945 г. приказом Наркома ВМФ сформировали несколько комиссий по определению путей дальнейшего развития советского ВМФ по опыту морских операций уже завершающейся войны. При этом в отношении целого ряда типовых задач флота, таких как уничтожение сил флота противника в море и в базах, нарушение его океанских коммуникаций, оборона своих морских коммуникаций, отечественный опыт оказался крайне специфичен или вообще отсутствовал. В силу вышеизложенных обстоятельств результаты работы некоторых подкомиссий «возвращали» нас к концу 30-х годов. Например, подкомиссия по эсминцам подготовила документ «Соображения по выбору типа миноносца и торпедных катеров», датированный 31 января 1945 г. В нем, в частности, уменьшение случаев применения торпедного оружия эсминцами в годы войны объяснялось «слишком большим» отвлечением их для решения других задач, а не появлением новых радиоэлектронных средств обнаружения. Роль последних как бы признавалась, но лишь для того, чтобы обосновать необходимость увеличения количества ата-

кующих кораблей. Вообще, эсминцы рассматривались исключительно как торпедные корабли. Их предназначением, кроме торпедных атак (по мнению членов подкомиссии), должно было стать противолодочное охранение боевых кораблей, дозорная и разведывательная служба, минные постановки. В результате противолодочное вооружение планировалось лишь для самообороны, а что касается универсального (зенитного) главного калибра было сказано, что такие установки имеет лишь «часть кораблей американского и японского флотов», и что эти артиллерийские «широкого распространения не получили».

Руководству ВМФ рекомендовалось строить новые корабли (в том числе линкоры и тяжелые крейсера с 305-мм артиллерией, эсминцы с незенитным главным калибром), в которых явно просматривались предвоенные проекты.

Второй фактор, который не мог не повлиять на кораблестроительную программу, — это техническое состояние кораблей к 1946 г. Дело в том, что абсолютное большинство кораблей отечественной постройки находились в небоеспособном состоянии. Например, на Черном море «в живых» осталось пять эсминцев из 16. Три эсминца пр. 7 и пр. 7у находились в столь изношенном состоянии, что просто физически не могли выходить в море. Новый эсминец пр. 30 «Огневой» уже в августе 1945 г. встал в ремонт из-за неисправности машинно-котельной установки. С большим трудом в строю поддерживались лишь два корабля

типа «Новик» и два трофейных румынских эсминца. Аналогичное положение сложилось на Северном и Балтийском флотах.

Положение усугублялось и состоянием судоремонтной базы. В результате, лидер «Ленинград» простоял в ремонте более 8 лет, после чего прослужил всего 3,5 года. Лидер «Баку» ремонтировался 6,5 лет, эсминцы «Грозный» и «Громкий» — почти 7 и 8 лет.

Перед руководством ВМФ встал проблема выбора: или настаивать на создании нового поколения кораблей, вступление которых в строй можно ожидать только во второй половине 50-х годов, или согласиться на то, что предлагала промышленность. Здесь и кроется смысл приставки «-бис» к предвоенным проектам. Причем судостроительная промышленность при формировании корпусов применила новейшие технологии мирового уровня, а вот контрагенты в этих корпусах разместили вооружение и механизмы 30-х годов, производство которых было достаточно отработано и перебоев с их поставкой быть не должно. Отсюда и готовность руководства Наркомата судостроения строить корабли большими сериями. В той ситуации интересы флота и кораблестроителей совпали.

Советский ВМФ получил 14 крейсеров пр. 68-бис, 70 эсминцев пр. 30-бис, 247 больших охотников пр. 122-бис. Под их прикрытием из боевого состава флота вывели линкоры, крейсера и эсминцы предвоенной постройки, сдав на металл или переклассифицировав в учебные.

Но «Десятилетний план военного судостроения на 1946—1955 гг.» (как впрочем и все предшествующие) до конца реализован не был. Причин было несколько. Главная заключалась в том, что в полной реализации этой программы попросту отпала необходимость. С одной стороны — флот утолил корабельный голод, а с другой — к середине 50-х годов стали нужны другие корабли.

Главной ударной силой на море оставалась авиация, а «становым хребтом» флота — их носитель — авианосец. Несмотря на свою универсальность, он сам нуждался в защите, и прежде всего от подводных лодок и средств воздушного нападения.

Но сама воздушная угроза стала иной. В ходе войны вся система



«Свободный» — один из 70 эскадренных миноносцев пр. 30-бис

ПВО группировки линейных сил ориентировалась на отражение массовых налетов пикирующих бомбардировщиков и торпедоносцев, позже — летчиков-смертников. После завершения второй мировой войны ничего подобного произойти не могло. Но сами-то американцы отлично помнили, что Хиросиму и Нагасаки с лица Земли смели бомбы, сброшенные с одиночных бомбардировщиков, на которые японская ПВО, по большому счету, и внимания не обратила. А потому более всего натовские адмиралы боялись одиночного бомбардировщика над своим соединением. Такой бомбардировщик мог оказаться очень далеко от своих берегов, а это сразу выдвинуло новое требование к корабельному зенитному оружию — 100 %-ное уничтожение одиночной или малочисленной высотной воздушной цели на максимальном удалении от ордера. Подобную задачу могло решить наряду с истребительной авиацией только зенитное ракетное оружие. В данных условиях обстановки уповать исключительно на палубную авиацию не приходилось. Она просто могла не взлететь по погодным условиям данного района.

Зенитные ракетные комплексы впервые появились еще в годы второй мировой войны в Германии, а после ее окончания — в США. Однако это были наземные комплексы, и адаптация их к морским условиям представляла большую сложность. Проблема заключалась отчасти в их массогабаритных характеристиках, но главное — в необходимости стабилизации. Американцы сразу пошли по пути создания специальных морских зенитных ракетных комплексов (ЗРК) и уже в 1954 г. принимают на вооружение первый из них — ЗРК средней дальности «Terrier» (32 км), а через четыре года — ЗРК большой

дальности «Talos» (100 км). Вес и габариты первых морских комплексов оставались значительными и их (в первую очередь) установили на крейсерах. При этом первый «миноносный» ЗРК «Tartar» приняли на вооружение только в 1960 г., а до этого альтернативы крейсерам с зенитным управляемым ракетным оружием (ЗУРО) не было. Новых кораблей не закладывали, а модернизировали имеющиеся, то есть постройки периода второй мировой войны. Всего, начиная с 1955 г., зенитные ракетные комплексы получили 11 кораблей. В конце 1957 г. в США заложили первый послевоенный крейсер «Long Beach», ставший кораблем качественно нового поколения: кроме зенитных ракетных комплексов он имел ядерную энергетическую установку. Таким образом, после второй мировой войны новым и практически единственным предназначением крейсеров в иностранных фло-

тах стала противовоздушная оборона соединений — прежде всего авианосных. В начале 50-х годов предпринимались также попытки придать крейсерам новые наступательные возможности путем вооружения их крылатыми ракетами «Regulus». Они предназначались для поражения ядерной боевой частью наземных целей, но из-за низких тактико-технических характеристик от них быстро отказались.

Нечто похожее происходило и с советскими новыми артиллерийскими крейсерами, которые попытались адаптировать к новым реалиям, вооружив первыми образцами управляемого ракетного оружия. Однако в силу ряда причин в СССР не пошли проторенной «американской» дорожкой. Во-первых, изначально переоборудованные крейсера пр. 68-бис не предполагали наличие на них ракет большой дальности для стрельбы по береговым целям (например П-20). Во-вторых, первый зенитный ракетный комплекс «Волхов-М» приняли на вооружение только в 1962 г., да и то в единственном экземпляре. Дело в том, что его 10-метровые ракеты имели жидкостный реактивный двигатель, требовали перед стартом заправки топливом (причем производилось это вручную), а их погреба не вписывались по высоте в корпус крейсера. В-третьих, в том же 1962 г. принимается на вооружение корабельный ЗРК «Волна», массогабаритные характеристики которого позволяли размещать его



Первый американский атомный крейсер «Long Beach»



Американский эсминец «Hull» типа «Forrest Sherman»

на кораблях класса «эсминец». И наконец, в четвертых, уже тогда советское руководство видело как альтернативу американской палубной авиации противокорабельные крылатые ракеты. Вот именно их и хотели разместить на артиллерийских крейсерах, в дополнение к их основному вооружению.

Первым стал ракетный комплекс «Стрела» (КСС), испытания которого проходили, в том числе, с борта крейсера «Адмирал Нахимов» в 1956 г. Планировали несколько корпусов кораблей пр. 68-бис достраивать по пр. 67 с двумя спаренными пусковыми установками и боекомплект в 19 ракет КСС, но уже без артиллерийского вооружения. Несмотря на то, что из 24 пусков 20 оказались успешными, комплекс на вооружение не приняли. Одной из причин стало появление следующего комплекса противокорабельных ракет КСЩ, более компактного, с большей дальностью стрельбы и, что особенно отмечалось, который должен был поражать цели ниже ватерлинии, то есть в подводную часть. Именно в силу своих сравнительно небольших массогабаритных характеристик его сразу поставили на вооружение эсминцев, а в 1957 г. было выдано ТТЗ на достройку крейсеров пр. 68-бис по пр. 64, вооруженному комплексом крылатых ракет П-6, который предназначался для ПЛ. Все эти проекты так и остались на бумаге, как и предложения достраивать крейсера пр. 68-бис в качестве вертолетоносца, авианосца, корабля «активной

ПВО – ПЛО» и так далее. Настало время крейсеров нового поколения.

В начале 60-х годов американские ВМС получили почти всю номенклатуру образцов корабельного вооружения нового поколения. Все это нашло свое место на новостроящихся кораблях, но США имели огромное количество сравнительно новых, но уже морально устаревших эсминцев постройки середины 40-х годов. Естественно возникло желание продлить их полноценную боевую жизнь путем вооружения новыми образцами оружия. Для этого разработали специальную программу FRAM, утвержденную в 1958 г. 163 эсминца (в основном типа «Gearing») получили на вооружение противолодочный ракетный комплекс ASROC, противолодочные торпеды, систему противолодочного

оружия DASH с телеуправляемым вертолетом, а также современное радиоэлектронное вооружение. Кроме этого, чуть позже — во второй половине 60-х годов, четыре корабля типа «Forrest Sherman» переоборудуют в эсминцы УРО с вооружением их ЗПК «Tartar», а еще восемь корпусов — в эсминцы ПЛО с заменой одной 127-мм артиллерийской установки на противолодочный ракетный комплекс ASROC.

Проблема быстрого морального устаревания только вступивших в строй кораблей существовала и в Советском Союзе. Это привело к тому, что в 1957 г. начинается переоборудование восьми эсминцев пр. 30-бис в корабли радиотехнической разведки пр. 31. Как корабли разведки эти эсминцы оказались крайне малоэффективны. Дело в том, что корабельная станция радиотехнической разведки «Бизань» обнаруживала только сам факт работы РЛС и могла выдать лишь грубое направление на нее. Далее радиолокационный сигнал по нескольким параметрам должна была анализировать аппаратура «Гафель», являющаяся несколько адаптированной к корабельным условиям береговой станцией. Она имела пять частотных диапазонов, конструктивно исполненных в пяти станциях: «Гафель 9-10», «Гафель 11-14», «Гафель 12-13», «Гафель 15-16» и «Гафель 17-18». Аппаратура имела такую массу и габариты, что на одном корабле ее разместить не удалось, поэтому приборы разнесли на два эсминца, предполагая, что они будут действовать парами. Но и это не все: дальность действия «Бизань-8» ока-



Эсминец «Огненный», переоборудованный в корабль радиотехнической разведки по пр. 31



«Бравый» — эскадренный миноносец пр. 56К

залась на треть меньше, чем у «Гафель», которому она должна была выдавать целеуказание. При работе корабельных РЛС оказалось невозможно использовать один из самых информативных поддиапазонов «Гафель 11-14». По проекту 31 модернизировали четыре пары эсминцев, из которых одни имели «Гафель 9-10», «Гафель 11-14», и «Гафель 15-16», а другие — «Гафель 12-13», «Гафель 11-14» и «Гафель 17-18». Насколько эти корабли оказались востребованы можно судить по тому, что только «Бесшумный» и «Безбоязненный» служили в паре на Тихом океане. Еще в одиночестве на Балтике плавал «Огненный», а остальные корабли почти всю оставшуюся жизнь провели в консервации.

В 1958 г. начинается переоборудование 12 эсминцев типа «Спокойный» по пр. 56-ПЛЮ. В ходе модернизации обычные бомбометы заменили на реактивные РБУ-2500, а на «Московском комсомольце» дополнительно установили еще две РБУ-6000. Демонтировали кормовой торпедный аппарат, зато оставшийся мог использовать противолодочные торпеды. Для обеспечения нового противолодочного оружия эсминцы оснастили приборами управления стрельбой противолодочными торпедами «Звук-56» и реактивными бомбами — «Смерч-56».

Еще более радикальной переделке подвергся эсминец «Бравый», переоборудованный по проекту 56К, а также восемь эсминцев, переоборудованных по пр. 56А. В ходе работ с кораблей демонтировали все прежнее оружие, размещенное в корму от первого торпедного аппарата, и вместо него разместили ЗРК «Волна», антенный пост которого занял место на башенноподобном основании вместо грот-мачты. В районе кормовой дымовой трубы позже побортно уста-

новили два 30-мм артиллерийских комплекса АК-230. В носовой части рядом с автоматом СМ-20 дополнительно смонтировали две РБУ-6000. На топе фок-мачты появилась антенна трехкоординатной РЛС обнаружения «Ангара». Поскольку модернизация по пр. 56А по срокам затянулась, оказалась трудоемкой и дорогой, шесть оставшихся ЭМ пе-



Эсминец «Светлый», оборудованный кормовой взлетно-посадочной площадкой, с которой отработывались полеты легкого вертолета Ка-15

реоборудовать не стали, и они дослужили свой век в первоначальном виде. На одном из них — «Светлом» — была оборудована кормовая взлетно-посадочная площадка, с которой в 50-х годах отработывались полеты легкого вертолета Ка-15.

Таким образом, в первое послевоенное десятилетие изменилась приоритетность типовых задач военноморских сил. Главными из них стали борьба за океанские коммуникации, где доминировала подзадача обороны судоходства прежде всего от ПЛ, а также содействие группировке сухопутных войск на изолированных операционных направлениях.

В этих условиях появляются новые средства борьбы на море. Прежде всего это ядерное оружие и средства

его доставки. В сознании большинства военно-политических руководителей складывается стереотип, что «кто не способен применить ядерное оружие, тот почти не нужен». Таким образом, в начале 50-х годов у Советского Союза появился реальный шанс сравняться с самой могущественной военно-морской державой. По мнению советского военно-политического руководства, все что требовалось — это, во-первых, создавать военноморское ядерное оружие и не уступать США в количестве боеголовок. Во-вторых, найти альтернативу главной американской ударной системе военно-морских вооружений — авианосцу, точнее палубной авиации.

Ударные силы Советского Военно-Морского Флота как бы разделились на две составляющих. Первая предназначалась для нанесения ядерных ударов по территории противника. Здесь достаточно быстро

приоритет отдали баллистическим ракетам, а в качестве носителя — ПЛ. Вторая — для борьбы с авианосцами. Впрочем, очень быстро выяснилось, что к двум ударным составляющим требуется добавить третью — противолодочную. Одновременно почти вся дорогостоящая советская программа надводного кораблестроения стала не нужна, по крайней мере, в отношении линкоров и крейсеров. Авианосцев в постройке не было, а при создании противокорабельного ядерного оружия, они уж точно были бы не нужны.

Таким образом, именно ядерная составляющая позволила Советскому Союзу начать с США военноморское соперничество и достичь паритета.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.561.5

Костылев А. И., Сазонов К. Е., Тимофеев О. Я., Егизаров Г. Е., Соловьев А. С., Егоров Д. Н., Штрамбрант В. И. Ледовые натурные испытания ледокола «Владивосток»//Судостроение. 2016. № 6. С. 9—12.

В статье специалистов Крыловского центра, Выборгского судостроительного завода и Росморпорта представлены результаты натурных испытаний ледокола пр. 21900М «Владивосток», проводившихся для подтверждения спецификационных характеристик нового ледокола. Результаты ходовых и маневренных испытаний во льдах показали, что по своим ледовым качествам новый ледокол соответствует классу РМРС icebreaker 7. Ил. 6. Табл. 2. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: ледокол, проектирование, натурные испытания.

УДК 629.5.024:656.61.052.5]:543.42

Кудишкин В. С. Опыт применения спектрального метода для определения собственных частот колебаний корпуса судна при его движении во льдах//Судостроение. 2016. № 6. С. 13—17.

Были изучены спектральные характеристики ледоколов и ледокольно-транспортных судов с целью определения собственных частот колебаний корпуса при движении судна во льдах. В качестве расчетной модели принята корреляционная модель теории случайных функций, позволяющая оценить статистические параметры анализируемых процессов. В ходе исследований был установлен асимптотический вид корреляционной функции и спектра, а также рассмотрены все расчетные параметры, влияющие на состоятельность оценок статистического спектра. По результатам проведенной работы можно утверждать, что эмпирический спектр с погрешностью менее 1% совпадает с теоретическим, а его резонансные частоты соответствуют искомым собственным частотам корпуса. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 13 назв.

Ключевые слова: ледовый импульс, ледовая вибрация, корреляционная функция, спектральный метод.

УДК 629.553

Егоров Г. В., Тонюк В. И. «Азовские/каспийские пятитысячники» — сухогрузные многоцелевые суда проекта RSD18 для порта Оля//Судостроение. 2016. № 6. С. 18—24.

Приводятся конструктивные особенности и основные характеристики судов пр. RSD18 (построено 6 ед.), позволяющие транспортировать массовые грузы из речных портов России в порты Азовского и Каспийского морей. Ил. 16. Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: сухогрузы, многоцелевые суда, проектирование.

УДК 629.5.022.2/.3

Дубровский В. А. Первый шаг в правильном направлении//Судостроение. 2016. № 6. С. 26—27.

О создании скоростного катамарана с существенной аэродинамической разгрузкой и возникающих при этом проблемных вопросах. Ил. 2. Библиогр.: 15 назв.

Ключевые слова: катамаран, аэродинамическая нагрузка, трехкорпусное судно.

УДК 623.82.001.63

Овсянников С. И. Из истории перспективного проектирования в Северном проектно-конструкторском бюро//Судостроение. 2016. № 6. С. 29—32.

Технический прогресс при проектировании кораблей и судов в Северном проектно-конструкторском бюро. Программы кораблестроения на разные годы. Ил. 7.

Ключевые слова: военное кораблестроение, проектирование, архитектурно-конструктивный тип корабля, корабельные пусковые установки, аванпроекты.

УДК 623.827:621/.039

Сагайдаков Ф. Р., Чернецова Н. А., Никитина Е. К. Особенности разработки атомных подводных лодок типа «Virginia» ВМС США//Судостроение. 2016. № 6. С. 33—38.

Процесс усовершенствования атомных подводных лодок типа «Virginia» предусматривает внедрение «прорывных» технологий, которые должны обеспечить существенный рост их боевых возможностей, в том числе: переход к полному электродвижению, при-

менение композитных материалов для ограждения выдвигных устройств, интегрирование систем боевого управления и комплексов радиоэлектронного вооружения, оружия и технических средств движения подводной лодки. Ил. 7. Табл. 1. Библиогр.: 36 назв.

Ключевые слова: атомная подводная лодка, полное электродвижение, интегрированные системы управления.

УДК 629.5.048.3

Бурцев С. И., Дзино А. А. О холодноснабжении систем кондиционирования воздуха кораблей и судов//Судостроение. 2016. № 6. С. 39—41.

Представлен сопоставительный анализ решений по холодноснабжению на основе абсорбционных и парокомпрессионных холодильных машин, рассмотрена общепромышленная разработка для обоих вариантов. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: судовые системы кондиционирования, сопоставительный анализ.

УДК 621.747.58+621.762.86

Федорова О. Е., Соколов К. О., Орлова Е. А., Евдокимов С. В. Современные технологии исправления дефектов (микропористости) литевых деталей и изделий порошковой металлургии в судостроении и судовом машиностроении//Судостроение. 2016. № 6. С. 47—50.

Рассматриваются проблемы ликвидации микропористости в деталях общесудовых систем, получаемых литьем и методами порошковой металлургии. Сравняются пропиточные способности составов марки Анатерм ПК-80 и Resinol 88С. Приводятся технологии и оборудование для ликвидации микропористости пропиточными полимерными составами. Ил. 5. Табл. 1.

Ключевые слова: дефекты, микропористость, литье, порошковая металлургия.

УДК 629.0.179.17

Козлов В. А. Повышение качества измерений, проводимых на стенде акустических испытаний//Судостроение. 2016. № 6. С. 51—53.

Статья посвящена исследованию влияния посторонних шумов и вибраций на качество измерений, проводимых на стенде акустических испытаний КБ «Армас». Предлагаются методы по снижению этого влияния: проведение реконструкции стенда и введение коррелирующих значений и функций для показателей гидродинамического шума, создаваемого испытываемой корабельной арматурой. Ил. 4. Библиогр.: 2 назв.

Ключевые слова: судовая трубопроводная арматура, стенд акустических испытаний, гидродинамический шум, вибрация.

УДК 629.5.035-034.14

Крушенко Г. Г. Повышение качества стального литого гребного винта для пассажирского речного судна//Судостроение. 2016. № 6. С. 54—57.

Приводятся результаты работы, обеспечившей повышение качества четырехлопастного литого стального гребного винта посредством доводки стержневой оснастки и сборки литейной формы, повышения чистоты поверхности при окраске поверхности песчаных стержней краской, содержащей нанопорошок, а также улучшения механических свойств в результате применения суспензионной заливки. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 24 назв.

Ключевые слова: судовые винты, точность, шероховатость поверхности, механические свойства.

УДК 629.5.081.321.004.67

Дикушин В. Ю., Сергеева Н. Л., Яковлев А. В. Реконструкция сухих доков судоремонтного завода в Мурманске//Судостроение. 2016. № 6. С. 58—61.

Рассматриваются два варианта реконструкции сухих доков в Мурманске. Ил. 3.

Ключевые слова: сухой док, судоремонт, реконструкция.

УДК 629.5.035-233.1.081.4

Гаврилюк Л. П., Нестеров В. Г. Центровка корабельного валопровода с контролем упругой линии//Судостроение. 2016. № 6. С. 62—64.

Представлена концепция центровки валопроводов кораблей, основанная на контроле упругой линии валопровода, изменение параметров которой в значительной мере влияет на загрузку подшипников валопровода. Практическая реализация концепции позволит повысить эксплуатационную надежность валопровода, а в некоторых случаях перенести центровку валопровода на более раннюю стадию. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: центровка, валопровод, кораблестроение.

УДК 629.5

Йолтуховский В. М. Тральщики и тралы ВМФ СССР (1941—1945)// Судостроение. 2016. № 6. С. 72—76.

Рассматриваются вопросы борьбы с различными типами морских мин в ходе Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. Приводятся тактико-технические элементы тральщиков ВМФ СССР, рассказывается о назначении тралов. Ил. 5. Табл. 2.

Ключевые слова: история судостроения, военное кораблестроение, тральщик, тральное оборудование, трал, минная война.

УДК 629.5

Платонов А. В. Некоторые аспекты кораблестроения СССР и США в послевоенные годы// Судостроение. 2016. № 6. С. 76—80.

Анализируется состояние военного кораблестроения в СССР и США в первые послевоенные годы, появление новых видов морского оружия и связанные с этим изменения в корабельном составе как ВМФ СССР, так и ВМС США. Ил. 7.

Ключевые слова: история судостроения, военное кораблестроение, кораблестроительная программа, судостроительная промышленность, ракетное оружие.

ABSTRACTS

Kostylev A. I., Sazonov K. E., Timofeyev O. Ya., Yegiazarov G. E., Solovyov A. S., Yegorov D. N., Shtrambrant V. I. Ice seakeeping trials of ice-breaker «Vladivostok».

An article by specialists from Krylov Center, Vyborg Shipyard and Rosmorport presents results of full-scale seakeeping trials of ice-breaker P21900M Vladivostok, carried out to proof specification parameters of the new ice-breaker. The results of sea and maneuvering trials confirmed that the icebreaker meets RMRS class requirements of Icebreaker 7.

Keywords: ice-breaker, designing, seakeeping trials.

Kudyshkin V. S. Experience of application spectral method for definition of hull self-oscillations when sailing in ice conditions.

The author studied spectral characteristics of ice-breakers and ice-breaking cargo ships to define frequencies of hull self-oscillations during sailing in self-conditions. As an estimated model, correlation model of random function was taken, allowing to estimate statistic parameters of examined processes. In course of study, asymptotic nature of correlation function and spectrum was ascertained, and all estimated parameters, effecting appraisal of statistic spectrum. Upon the results of the study, one can confirm that empiric spectrum matches with the theoretical one with the error of not more than 1%, and its resonant frequencies correspond to sought hull self-oscillation frequencies.

Keywords: ice impulse, ice vibration, correlation function, spectral method.

Yegorov G. V., Tonyuk V. I. Azov/Caspian 5000 tons cargo vessels — multipurpose bulkers of project RSD18 for Olya port.

The article highlights design features and main specification of vessels project RSD18 (6 units delivered), allowing to carry general cargo from Russian river ports to ports of Azov and Caspian seas.

Keywords: bulkers, multipurpose vessels, designing.

Dubrovskiy V. A. First step in right direction.

A story of creation of the A2V high-speed catamaran.

Keywords: catamaran, aerodynamic load, hydrofoil.

Ovsyannikov S. I. History of perspective designing in Northern Design Bureau.

Technical progress in ship designing at Northern Design Bureau. Shipbuilding programs for various years.

Keywords: naval shipbuilding, designing, architectural and design type of ship, onboard launchers, concept design.

Sagaidakov F. R., Chernetsova N. A., Nikitina E. K. Specific features in designing of «Virginia» type submarines for US Navy.

Upgradation of nuclear submarines of Virginia class includes implementation of «breakthrough» technologies, intended to considerably increase their combat capacity, in particular shifting to complete electric motion, application of composite materials for sail, integration of combat control systems with weapons, sensors, and motion control aids.

Keywords: nuclear submarine, complete electric motion, integrated control systems.

Burtsev S. I., Dzino A. A. Refrigeration supply to onboard air conditioning systems.

The article contains comparative analysis of refrigeration supply solutions based on absorption and steam compression refrigeration machines. General industrial development is considered for both options.

Keywords: onboard marine air conditioning systems, comparative analysis.

Fedorova O. E., Sokolov K. O., Orlova E. A., Yevdokimov S. V. Modern technologies for correction of defects (micro porosity) in casted and powder metal items in shipbuilding and marine engineering.

The authors consider issues related to liquidation of micro porosity in parts of ship systems, manufactured by casting or powder metal methods. Impregnation capacity is compared of compositions Anaterm PK-80 and Resinol 88C. Techniques and equipment are described for liquidation of micro porosity with polymer impregnation compounds.

Keywords: defects, micro porosity, metal powder industry.

Kozlov V. A. Improvement of measurements quality at acoustic test stand.

The article is devoted to study of effect from unwanted noise and vibration to quality of measurements at acoustic test stand in DB Armas. Methods are proposed to reduce such effects, in particular reconstruction of the stand and introduction of correlative values and functions for hydrodynamic noise, generated by shipborne valves under test.

Keywords: shipborne valves, acoustic test stand, hydrodynamic noise, vibration.

Krushenko G. G. Improvement of quality of steel casted propeller for river passenger vessel C.

The article demonstrated results of the work, ensured improvement of quality of casted steel four-blade propeller by improvement of rod jigs and assembly of casting mould, increasing of surface cleanliness when painting sand rods with nano-powder containing paint, and improvement of mechanical properties due to application of slurry pouring.

Keywords: ship propellers, accuracy, surface roughness, mechanical properties.

Dikushin V. Yu., Sergeeva N. L., Yakovlev A.V. Reconstruction of dry docks at the dockyard in Murmansk.

In the article, two options of dry docks reconstruction in Murmansk are considered.

Keywords: dry dock, shiprepair, reconstruction.

Gavrilyuk L. P., Nesterov V. G. Center alignment of ship shaft-line with checking of elastic curve.

Concept is presented for center alignment of shaftlines, based on checking the elastic line, considering the fact that changing in elastic line parameters produces strong effect to load on shaftline bearings. Implementation of such approach can increase operational reliabil-

ity of a shaft line and in some cases allows to bring forward the alignment to an earlier stage.

Keywords: center alignment, shaftline, shipbuilding.

Yoltukhovskiy V. M. Minesweepers and mine exploders in Soviet Navy.

The author studies countermeasures against various types of mines during Great Patriotic War in 1941—1945. Performance parameters of Soviet minesweepers are described, along with purpose of various mine exploders.

Keywords: history of shipbuilding, naval shipbuilding, minesweeper, minesweeping equipment, mine exploder, mine war.

Platonov A. V. Some aspects of shipbuilding in USSR and USA in post-war period.

Analysis is given of naval shipbuilding situation in USSR and USA in first years after WWII, appearance of new types of naval weapons and related changes in warship composition, both in Soviet and American Navy.

Keywords: history of shipbuilding, naval shipbuilding, shipbuilding program, shipbuilding industry, missile weapons.

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА «СУДОСТРОЕНИЕ» ЗА 2016 Г.

О ходе работ по реализации проекта создания судостроительного комплекса «Звезда», № 1, с. 3.

Президент посетил АСПО, № 6, с. 3

Приняты изменения в закон о рыболовстве, № 4, с. 3.

Стратегия развития внутреннего водного транспорта России, № 2, с. 3.

Судостроительная промышленность в 2015 году, № 3, с. 3.

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

№ 1, с. 6; № 2, с. 5; № 3, с. 4; № 4, с. 4; № 5, с. 3; № 6, с. 4.

Юбилей академика И. Д. Спасского, № 4, с. 6.

110 лет подводному флоту России, № 2, с. 10.

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Амосов А. Г. Главный конструктор В. М. Воробьев и его проекты, № 4, с. 15.

«Бахтемир» открывает серию, № 5, с. 15.

Дубровский В. А. Еще раз о судне с аутиригерами, № 1, с. 21.

Дубровский В. А. Первый шаг в правильном направлении, № 6, с. 26.

Егоров Г. В., Тонюк В. И. «Азовские/каспийские пятидесятники» — сухогрузные многоцелевые суда проекта RSD18 для порта Оля, № 6, с. 18.

Костылев А. И., Сазонов К. Е., Тимофеев О. Я., Егизаров Г. Е., Соловьев А. С., Егоров Д. Н., Штрамбрант В. И. Ледовые натурные испытания ледокола «Владивосток», № 6, с. 9.

Кудишкин В. С. Опыт применения спектрального метода для определения собственных частот колебаний корпуса судна при его движении во льдах, № 6, с. 13.

Любимов В. И., Барышев В. И., Хлутчин И. В. Место экранопланов в транспортной системе России, № 5, с. 11.

Любимов В. И., Хлутчин И. В. Главный архитектор отечественных скоростных судов Р. Е. Алексеев, № 1, с. 18.

Любимов В. И., Хлутчин И. В. Особенности архитектуры отечественных пассажирских судов внутреннего плавания, № 3, с. 24.

Минпромторг о возрождении пассажирского флота, № 1, с. 17.

Мясников Ю. Н., Хорошев В. Г. Совершенствование системы централизованного контроля энергетической установки плавучей атомной теплоэлектростанции, № 4, с. 18.

Надо перевыпускать учебники, № 2, с. 26.

Сазонов К. Е. Конференция «Полярная механика — 2016», № 6, с. 25.

Сазонов К. Е. Современные проблемы ходкости транспортных судов, № 2, с. 23.

Хаустов А. Н. Новые ледоколы России, № 4, с. 11.

Юрию Николаевичу Мясникову — 80 лет! № 4, с. 22.

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Берман Б. А. К истории развития в ЦКБ-53 корпусной специализации, № 5, с. 27.

Гурьянов К. В., Гурьянов С. К., Сагайдаков Ф. Р. Авианосцы нового поколения ВМС Великобритании, № 2, с. 18; № 3, с. 14.

Зверев Д. Л., Самойлов О. Б., Алексеев В. И., Галицких В. Ю., Морозов О. А., Романов А. И. Перспективы создания активной зоны на весь жизненный цикл корабля, № 4, с. 25.

Звизняцкий А. Я., Тимохин И. Г., Шаломов В. И. Первый атомный подводный крейсер на Дальнем Востоке, № 3, с. 9.

«Колпино» завершает серию, № 3, с. 46.

Овсянников С. И. Из истории перспективного проектирования в Северном проектно-конструкторском бюро, № 6, с. 29.

«Русь» испытана на глубине более 6000 м, № 1, с. 16.

Сагайдаков Ф. Р., Гурьянов С. К., Зайцев А. А., Сариев К. С. Ракетные эсминцы ВМС США типа «Zumwalt» — новые технологии, № 4, с. 28.

Сагайдаков Ф. Р., Чернецова Н. А., Никитина Е. К. Особенности разработки атомных подводных лодок типа «Virginia» ВМС США, № 6, с. 33.

Свиридов Г. М., Новоселов Н. А., Брицын М. М., Свиридов С. Г., Павлов А. А. Стратегические направления разработки электрооборудования отечественных кораблей с системами полного электродвижения, № 5, с. 17.

Серия будет продолжена, № 6, с. 28.

Спасательное судно «Игорь Белоусов», № 1, с. 13.

Спиридопуло В. И. Северное ПКБ — опережая время, № 2, с. 12.

Танкер «Академик Пашин», № 3, с. 41.

Терентьев А. А. О проектировании в ЦКБ-53 тяжелого атомного ракетного крейсера «Киров», № 5, с. 24.

Фрегат «Адмирал Эссен», № 3, с. 19.

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Голяк В. И. Военно-техническое сотрудничество с Китайской Народной Республикой, № 5, с. 32.

Лосев А. Н. Экспортные работы АО «ЦТСС» по созданию объектов береговой инфраструктуры базирования и ремонта кораблей. Опыт и перспективы, № 3, с. 21.

Фрегаты для Вьетнама, № 3, с. 20.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Гужвенко И. Н., Чанчиков В. А., Свекольников С. А., Бурмистрова О. В. Пути повышения надежности судовых дизельных двигателей, № 2, с. 27.

Матвеев В. Т., Очеретяный В. А. Энергоэффективность всережимного газотурбинного двигателя в судовом пропульсивном комплексе, № 4, с. 37.

Мясников Ю. Н. Диагностический модуль корабельной энергетической установки, № 1, с. 24.

Плавник П. Г., Лерман Е. Ю. Дизелестроение и кораблестроение — две стороны одной проблемы, № 4, с. 43.

Тимофеев В. Н. Использование микропроцессорного терморегулятора в рабочих системах судовых дизелей, № 4, с. 41.

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Бубнов Е. А. Стратегии информационной поддержки корабельных операторов технических средств, № 5, с. 37.

Бурцев С. И., Дзино А. А. О холодоснабжении систем кондиционирования воздуха кораблей и судов, № 6, с. 39.

Бурцев С. И. Современный подход к кондиционированию воздуха на кораблях и судах, № 5, с. 42.

Власов А. Б., Власова С. В., Мухалев В. А. Анализ изменения твердости изоляции кабелей в процессе ускоренного старения при повышенной температуре, № 3, с. 31.

Жильцов А. С. Контроль технического состояния пропульсивных комплексов быстроходных судов с частично погруженными винтами в эксплуатации, № 3, с. 34.

Катанович А. А. Испытательное оборудование для имитации электромагнитной обстановки и оценки электромагнитной совместимости корабельных средств радиосвязи, № 2, с. 35.

Миронов А. В., Найденов Е. В. Дистанционное управление борьбой с авариями судов, № 4, с. 45.

Модульные решения задач крепления для судостроения. MÜPRO предлагает специально адаптированную линейку изделий, № 6, с. 42.

Пшеницын А. А., Некрасов В. А., Самохин В. С., Спиридонов А. Ю. Применение методов комплексного моделирования при решении гидродинамических задач, № 2, с. 31.

Токарев Л. Н. Расчет токов короткого замыкания в цепи секционных автоматов ГРЩ судовых электростанций, № 3, с. 29.

Фомин А. П. Неудачный учебник, № 6, с. 44.

Фомин А. П. О необходимости унификации быстросмыкающихся соединений систем пожаротушения, № 2, с. 39.

Хабаров А. А. Создание автономных подшипников скольжения для основных механизмов кораблей, № 2, с. 33.

Чхетиани П. Д., Щербаков Ю. И. Экспериментальное исследование несущей способности гидродинамической смазочной пленки в радиальном подшипнике скольжения, смазываемом водой, № 3, с. 35.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

- Алферов В. И., Александров А. В., Платонов В. В., Шапошников В. М.** Оценка влияния технологического фактора на несущую способность судовых корпусных конструкций, № 1, с. 30.
- Бертов В. И., Трошин Е. П.** Состав и содержание проектных решений в части обеспечения антитеррористической защищенности зданий и сооружений судостроительных объектов, № 3, с. 44.
- Воронцов И. А.** Современные требования к окраске стальных судовых конструкций, № 3, с. 42.
- Грабельников В. Ю., Евгенов В. Н., Добровенко С. В.** Экспертиза специального раздела «Требования пожарной безопасности» при строительстве и ремонте кораблей и судов, № 2, с. 42.
- Карасев В. А.** Замена основного затвора сухого дока судостроительного завода ООО «Залив» в Керчи, № 5, с. 53.
- Кипреев Е. В., Гаврилюк Л. П.** Аттестация выработки истинного курса гироприбором на плаву, № 2, с. 45.
- Козлов В. А.** Повышение качества измерений, проводимых на стенде акустических испытаний, № 6, с. 51.
- Кравчишин В. Н., Кабанов Д. Б., Шевахов В. Н., Федоров Д. Ю.** Система нормирования труда в судостроении. Настоящее и облик будущего, № 4, с. 56.
- Крушенко Г. Г.** Повышение качества стального литого гребного винта для пассажирского речного судна, № 6, с. 54.
- Кузьменко П. А., Хинская О. В., Кузьменко В. И., Уткин В. Е., Ткаченко С. В.** Российское оборудование для автоматизированного дозирования, смешивания и подачи двухкомпонентных высоковязких полиуретановых композиций, № 4, с. 52.
- Левшаков В. М., Никитин В. А.** Итоги и перспективы создания СТО для судостроения, № 5, с. 46.
- Налоговые льготы как стимул для обновления флота, № 1, с. 35.
- Сигаи М.** SVEZA Gas для газозовозов, № 6, с. 57.
- Соломатов В. Б., Осокин Е. В., Лабутин И. Н.** Опыт разработки и внедрения в отрасли современных автоматизированных линий сварки, № 4, с. 49.
- Фёдорова О. Е., Соколов К. О., Орлова Е. А., Евдокимов С. В.** Современные технологии исправления дефектов (микropористости) литьевых деталей и изделий порошковой металлургии в судостроении и судовом машиностроении, № 6, с. 47.
- ### СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ
- Гаврилюк Л. П., Нестеров В. Г.** Центровка корабельного валопровода с контролем упругой линии, № 6, с. 62.
- Дикушин В. Ю., Сергеева Н. Л., Яковлев А. В.** Реконструкция сухих доков судоремонтного завода в Мурманске, № 6, с. 58.
- Добровенко С. В., Грабельников В. Ю., Габриэлян С. Г.** Научно-практические результаты исследования по выбору наиболее эффективных средств и способов тушения титана, применяемого в атомных подводных лодках, № 4, с. 61.
- ЗАО «Турборус» — на службе Отечеству, № 4, с. 60.
- Лелюхин В. Е., Колесникова О. В.** Влияние качества информации о дефектации на эффективность управления и организацию работ в судоремонте, № 2, с. 48.
- Лямин П. Л., Петухов В. В., Свешникова Н. Н., Мазокин В. А., Ряснянский С. Г.** Проблемы обращения с иловыми отложениями в емкостях хранения ЖРО в отделении Гремиха СЗЦ «СевРАО», № 5, с. 57.
- Овсянников С. И.** Крейсер «Аврора» — памятник отечественного кораблестроения, № 3, с. 52.
- Смирнов А. Г.** Принципы использования плавучих судоподъемных сооружений, № 1, с. 36.
- Тепляшин М. В., Герасимов Н. И., Тюменцев Г. А.** Технология аддитивного изготовления и ремонта деталей судовой трубопроводной арматуры в процессе эксплуатации объектов морской техники, № 3, с. 49.
- Хромов В. Н.** О восстановлении деталей судовых дизелей термопластическим деформированием, № 2, с. 50.
- Щеголихин В. П.** Алгоритм выявления начальной стадии развития дефекта в корабельных механизмах с использованием бортовых информационно-измерительных комплексов виброакустического контроля, № 3, с. 47.

СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Алферов В. И., Рыжкин А. Е., Задумов А. В.** Расчетная оценка теплофизических характеристик гибридных полимерных композитных материалов, № 2, с. 58.
- Горохов М. С., Роннов Е. П., Павлов И. Ю.** Исследование истираемости фибробетона, № 2, с. 55.
- ### ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ
- Ваучский А. Н., Петрушина Т. Ю., Яременко А. Е.** Автоматизация процессов формирования цен на продукцию по гособоронзаказу, № 1, с. 44.
- ### ПОДГОТОВКА КАДРОВ
- Антоненко С. В.** О подготовке кораблестроителей в условиях реформ, № 1, с. 53.
- Апполонов Е. М.** Новые направления работы СПб ГМТУ, № 1, с. 49.
- ### ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ
- А. А. Катановичу — 75 лет! № 2, с. 36.
- Азербайджан строит SCV, № 1, с. 60.
- «Азипод» на ЛК-25, № 4, с. 36.
- Амосов А. Г.** Кораблестроитель А. И. Брандаус, № 2, с. 62.
- Афонин Н. Н.** Балтийскому заводу — 160 лет, № 3, с. 57.
- Афонин Н. Н.** Ледокол «Красин». Выставка к 100-летию со дня закладки, № 2, с. 67.
- Б. А. Барбанелю — 80 лет! № 5, с. 63.
- Барбанель Б. А.** Итоги научно-технических конкурсов и конференций молодых специалистов, № 3, с. 60.
- Великая Россия: судостроители, № 6, с. 67.
- Выставки и конференции в 2016 году, № 1, с. 63.
- Выставки и конференции в 2017 году, № 6, с. 69.
- Дерюгин С. В., Павлова А. С.** Выставка лодок, яхт и катеров в Хельсинки, № 2, с. 70.
- Елагинские чтения. Флот в первой мировой войне, № 1, с. 59.
- Зарубежная информация, № 1, с. 29; № 3, с. 63; № 4, с. 66; № 5, с. 67; № 6, с. 68.
- Илюхин В. Н.** Деятельность секции НТО «Поисково-спасательная техника и технологии», № 1, с. 56.
- Итоги конкурса РС, № 4, с. 66.
- Курносова О. Б.** «Картина чрезвычайно верно сделана...», 1, с. 61.
- Никитин К. А.** Не стареют душой ветераны, № 2, с. 65.
- Новая экспозиция ЦВММ на крейсере «Аврора», № 5, с. 64.
- Новые знаки в символе класса, № 5, с. 64.
- Новые книги, № 3, с. 62.
- ОИС «Евгений Горигледжан», № 2, с. 30.
- Открыто представительство АО «ЦТСС» во Вьетнаме, № 4, с. 64.
- Пленум Центрального правления НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова, № 3, с. 57.
- Поздравляем! № 2, с. 63.
- Полярный кодекс, № 6, с. 65.
- Развитие рыбопромыслового судостроения, № 4, с. 65.
- Реконструкция судопускового устройства, № 2, с. 47.
- Серия гидрографических катеров, № 2, с. 41.
- ### ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА
- Баскаков И. Я.** Опытный торпедный катер Г-6, № 4, с. 74.
- Васильев А. М.** Тайны причины подрыва линкора «Новороссийск» больше нет, № 1, с. 65.
- Васильев Д. М.** К вопросу распознавания подводных лодок Балтийского флота. 1906—1917 гг., № 3, с. 75.
- Гребенщикова Г. А.** Некоторые конструктивные особенности 66-пушечных кораблей Балтийского флота, № 4, с. 69.
- Иванов И. В.** Павел Александрович Черноверхский, № 3, с. 66.
- Йолтуховский В. М.** Тральщики и тралы ВМФ СССР (1941—1945), № 6, с. 72.
- Клевакин Б. Д.** И. Ф. Александровский и Р. Уйтхед, № 4, с. 73.
- Климовский С. Д.** Корвет «Князь Варшавский», № 5, с. 69.
- Климовский С. Д.** Пароходы Уайнесов и Российский флот, № 2, с. 73.
- Колосов Е. Е.** Плавательный костюм Леонардо да Винчи, № 2, с. 79.
- Кузнецов Л. А.** Сторожевые суда «Ястреб» и «Гриф», № 5, с. 74.
- Платонов А. В.** Некоторые аспекты кораблестроения СССР и США в послевоенные годы, № 6, с. 76.
- Рогачёв Г. М.** Игры адмиралов, № 1, с. 70.
- Феденкин А. Д.** О проектировании и постройке полуброненосного фрегата «Память Азова», № 1, с. 73.
- Филатов О. В.** Российские императорские яхты на дипломатической службе, № 4, с. 77.
- Черноверхский П. А.** Четыре периода моей работы в подводном судостроении, № 3, с. 67.