

СУДОСТРОЕНИЕ

Издаётся с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

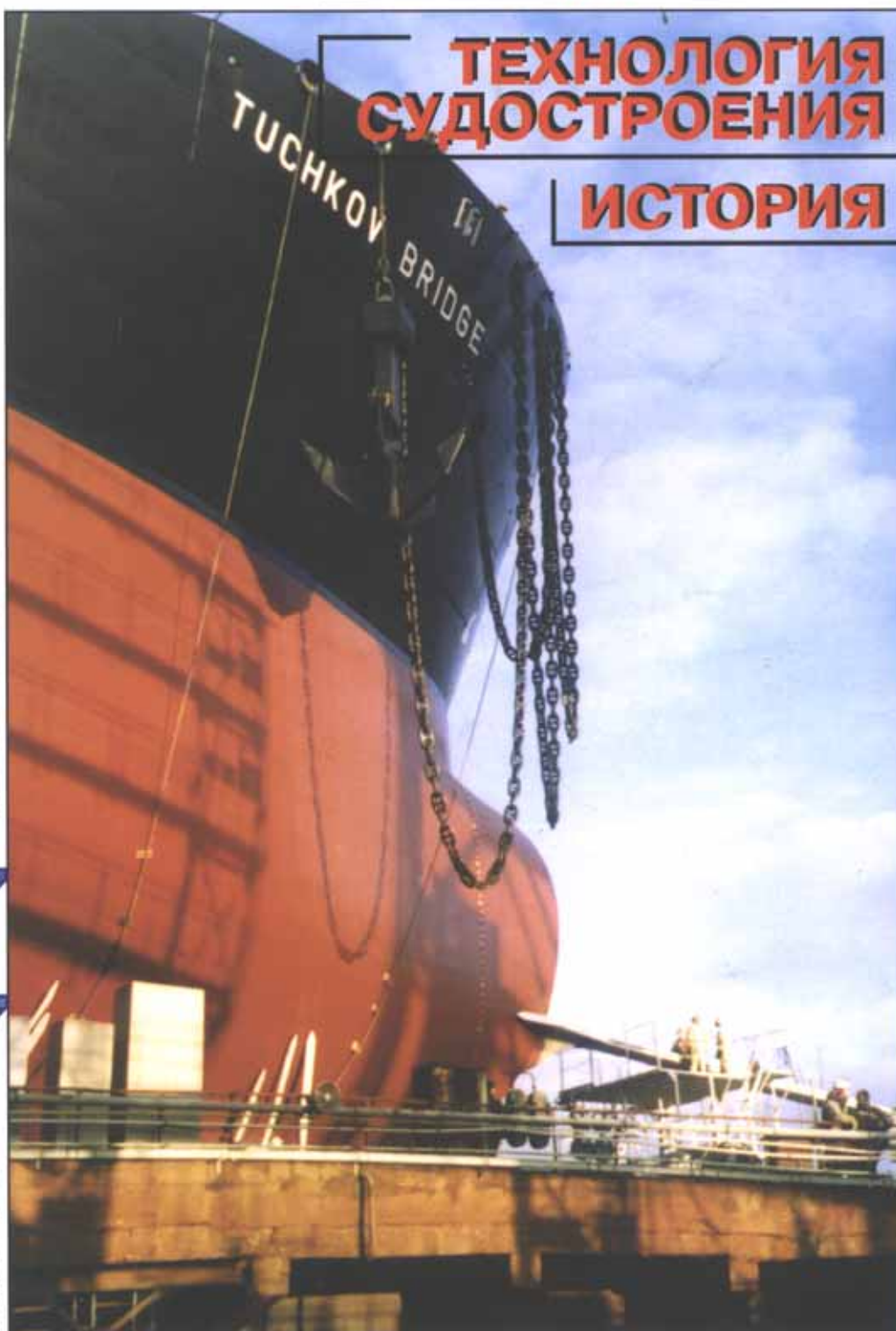
**№ 1
2004**

**ВОЕННОЕ
КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

**СУДОВОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

**ТЕХНОЛОГИЯ
СУДОСТРОЕНИЯ**

ИСТОРИЯ



Издается с сентября 1898 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В. Я. Поспелов — генеральный директор Россудостроения

ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

В. Д. Горбач — генеральный директор ЦНИИТС

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В. Л. Александров — ген. директор «Адмиралтейских верфей»,
президент НТО им. акад. А. Н. Крылова

А. А. Андреев — директор издательства «Судостроение»

Ю. И. Бородин — директор ЦНИИ «Курс»

В. В. Венков — ген. директор СЗ «Северная верфь»

В. В. Войтецкий — ген. директор НПО «Аврора»

Н. Ф. Волов — ген. директор ПСЗ «Янтарь»

И. В. Горынин — ген. директор ЦНИИ КМ «Прометей»

В. Л. Галка — директор ЦНИИ СЭТ

Н. С. Жарков — ген. директор завода «Красное Сормово»

А. А. Завалишин — зам. начальника и гл. инженер ЦКБ МТ «Рубин»

И. Г. Захаров — начальник I ЦНИИ МО РФ

А. Г. Иванов — директор ЦНИИ «Центр»

Н. Я. Калистратов — ген. директор МП «Звездочка»

В. И. Кидалов — ген. директор НПО «Марс»

С. А. Климов — ген. директор НПО «Альтеир»

С. Д. Климовский — ученый секретарь ЦВММ

Л. М. Клячко — первый зам. ген. директора Россудостроения

В. П. Королев — зам. ген. директора Россудостроения

Ю. А. Корякин — директор ЦНИИ «Морфизприбор»

Ю. А. Максимов — ген. директор Калужского турбинного завода

В. Ю. Маринин — начальник управления Россудостроения

В. С. Никитин — директор НИПТБ «Онега»

В. А. Никольцев — ген. директор ЦНИИ «Гранит»

В. П. Олеванов — директор ГМЗ «Салют»

Д. Г. Пашаев — ген. директор ПО «Севмашпредприятие»

В. М. Пашин — директор ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова

В. Г. Пешехонов — директор ЦНИИ «Электроприбор»

Н. Г. Повзык — ген. директор Амурского судостроительного завода

С. Г. Прошкин — директор ЦНИИ «Гидроприбор»

В. Н. Пялов — начальник — ген. конструктор СПМБМ «Малахит»

В. А. Радченко — ген. директор завода «Звезда»

Л. В. Струтов — начальник управления Россудостроения

В. С. Чачко — директор НИИ морской теплотехники

В. В. Шаталов — ген. директор КБ «Вымпел»

А. В. Шляхтенко — начальник — ген. конструктор ЦМКБ «Алмаз»

О. Б. Шуляковский — ген. директор Балтийского завода

В. Е. Южнин — начальник — ген. конструктор Северного ПКБ

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

А. Н. Хаустов, тел. (812)186-05-30, факс: (812)186-04-59

e-mail: cniits@telegraph.spb.ru www.setcorp.ru/sudostroenie

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

В. В. Климов, тел. (812)186-16-09

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ

Н. Н. Афонин, В. Н. Хвалынский, тел. (812)186-16-09

АДРЕС РЕДАКЦИИ

Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ФГУП ЦНИИТС

© Журнал «Судостроение», 2004

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Дубовец А. Б., Каипов Р. А., Щеголев Л. И. Атомному лихтеровозу «Севморпуть» — 15 лет

9

Кобылинский А. В., Салажов В. И. Гидродинамическое поле корабля. Теория и практические вопросы

11

Животовский Г. А., Родионов А. А. Комплексный расчет прочности крыльевых устройств судов на подводных крыльях

12

Шитов А. И. Уточненные расчеты устойчивости цилиндрических корпусов подводных технических средств

17

Сазонов К. Е. Влияние цилиндрической вставки на ледовую ходкость и управляемость крупнотоннажных судов

18

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Постнов А. А. Подводные лодки на Волге

22

Абрамов Ю. В., Половинкин В. Н. Новая взрывостойкая система коллективного спасения экипажа подводной лодки

26

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Радченко П. М. Плавучая мобильная полупогружная ветроустановка

29

Хотин С. Ю. Обоснование целесообразности применения гелиоэнергетических систем на водном транспорте

32

Башуров Б. П., Середа М. П. Прогностические модели безотказной работы циркуляционных насосов теплоутилизационного контура судовых дизельных энергетических установок

35

Минасян М. А. Амортизация судовых механизмов, приборов и аппаратуры трюсовыми и комбинированными виброизоляторами

39

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Ильин Н. А. Система сжатого воздуха для дыхания водолазов

44

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Клячко Л. М., Острецов Г. Э. Способы автоматического управления судном при наличии приемника СНС и носового подруливающего устройства

48

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Зимницкий Ю. А., Хвалынский В. Н. Экспериментальная проверка влияния низкочастотной виброобработки на эксплуатационную надежность корпусных конструкций

50

Денисов В. А. Опыт фрезерования гребного винта малого диаметра из цилиндрической поковки

53

Качиньски Р., Чулкин С. Г. Подшипники, смазываемые водой, для судового механического оборудования

55

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Молчанов А. Ю., Антоненко И. Н. Система интегрированной логистической поддержки: программная реализация

57

РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ

Еремеев В. И. Модернизация речных танкеров пр. 1754

59

Криогенный способ судоподъема для очистки Балтийского моря от химического оружия

60

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Клячко Л. М. На выставке военно-морской техники в Сингапуре (63). Владимиру Николаевичу Пялову — 70 лет (65). **Бойцов Г. В.** Конференция по строительной механике корабля (66). Из редакционной почты (67). Зарубежная информация (68). Анатолию Владимировичу Бронникову — 80 лет (21). **Козлов С. В.** «История штурманской службы флота России» (49). Блиц-новости (62). Русско-японская война в фотографиях (62)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Козырь В. В. Основатель Корпуса корабельных инженеров

69

Морин А. Б. Первый дальний поход крейсера «Свердлов»

70

Скворцов А. В. Базирование и ремонт российских кораблей во время русско-японской войны

75

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING**1•2004**
(752) January—February

CONTENTS

Published since September 1898

AT THE SHIPYARDS	
SHIP DESIGN	
Dubovets A.B., Kaipov R. A., Schegolev L. I. Nuclear lighter-aboard ship «Sevmorput» is 15 years old	4
Kobylnsky A. V., Salazhov V. I. Ship's hydrodynamic field. Theory and practical issues	9
Zhivotovsky G. A., Rodionov A. A. Complex calculation of strength of foils of hydrofoil vessels	11
Shitov A. I. Refined calculations of stability of cylindrical hulls of underwater technical facilities	12
Sazonov K. E. Influence of cylindrical insert upon ice propulsion and steerability of large capacity vessels	17
NAVAL SHIPBUILDING	
Postnov A. A. Submarines on Volga	18
Abramov Yu. V., Polovinkin V. N. New blastproof system of rescue of submarine crew	22
SHIPBOARD POWER PLANTS	
Radchenko P. M. Floating mobile semi-submersible wind power station	26
Hotin S. Yu. Validating of expediency of use of solar power systems	29
Bashurov B. P., Sereda M. P. Prediction models of failure-free operation of circulating pump of heat utilization contour of shipboard diesel power plants	32
Minasyan M. A. Damping of shipboard mechanisms, devices and equipment by rope and combined vibration isolators	35
HULL GEAR AND ARRANGEMENTS	
Il'in N. A. Compressed air system for breathing of divers	39
MARINE CONTROL SYSTEMS	
Klyachko L. M., Ostretsov G. E. Methods of automatic control of ship in case of availability of CHC receiver and fore thrusting propeller	44
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES	
Zimnitsky Yu. A., Hvalynsky V. N. Experimental check of influence of low-frequency of vibration treatment upon operational reliability of hull structures	48
Denisov V. A. Experience of milling of screw propeller of small diameter from cylindrical of forged piece	50
Kachinsky R., Chulkin S. G. Water lubricated bearings for shipboard mechanical equipment	53
INFORMATION TECHNOLOGIES	
Molchanov A. Yu., Antonenko I. N. System of integrated logistics support: program realization	55
UTILIZATION OF SHIPS	
Eremeev V. I. Modernization of river tankers of project 1754	57
Cryogen method of lifting vessels for cleaning Baltic Sea from chemical weapons	59
INFORMATION SECTION	
Klyachko L. M. At exhibition of Naval technique in Singapore (63).	60
Boytsov G. V. Conference on structural mechanics of ship (66). From editorial mail (67). Foreign information (68). 80th anniversary of Anatoly Vladimirovich Bronnikov (21). Kozlov S. V. «History of Russian Fleet navigation service» (49). Blitz-news (62). Russian-Japan war in photos (62)	69
HISTORY OF SHIPBUILDING	
Kozyr' V. V. Founder of Naval engineers corps	70
Morin A.B. The first far voyage of cruiser «Sverdlov»	75
Skvortsov A. V. Conditions of basing and repair of Russian naval ships during	

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) в России и СНГ может быть оформлена в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции

На 1-й стр. обложки — танкер-продуктовоз «Tuchkov Bridge» дедвейтом 47 200 т на стапеле ФГУП «Адмиралтейские верфи» в день спуска на воду 5 декабря 2003 г. (фото А. С. Павловой); на 2-й стр. — материалы о восхождении судостроителей на Эльбрус, предоставленные редакции А. С. Исаковым — участником похода; на 3-й стр. — фотоснимки из собрания Н. Н. Афонина; на 4-й стр. — буксир «Флагман» перед спуском со стапеля ОАО ЛСЗ «Пелла» — 24 сентября 2003 г. (фото предоставлено заводом)

Журнал выпущен при поддержке ФГУП «Адмиралтейские верфи», ФГУП «Северное ПКБ»

Редакция журнала «Судостроение» принимает заказы на публикацию рекламных объявлений. The editorial board of the journal «Sudostroenie» takes orders for publication of advertisements

Литературные редакторы
С. В. Сиякова,
Е. П. Смирнова (ведущий номера),
Н. Э. Смирнова

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

Цветоделение
О. И. Руденко

Перевод
К. Д. Могилко

Графика
И. Б. Скородумова,
Н. Г. Седова

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

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 4.02.2004 г.
Каталожная цена 100 руб.

Адрес издательства:
Россия, 198095, Санкт-Петербург,
Промышленная ул., 7, ЦНИИТС

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

*Уважаемые читатели
журнала «Судостроение»
и работники судостроительной отрасли!*



*От имени Российского агентства по судостроению и редакции журнала
«Судостроение» поздравляю Вас с наступившим 2004 годом!*

В прошедшем году в стране были очевидные достижения — и в социально-экономическом развитии, и в общественной жизни, и для отрасли он был в целом успешным, хотя есть еще много нерешенных проблем.

Серьезность намерений, провозглашенных в Морской доктрине Российской Федерации на период до 2020 года, наглядно продемонстрировал Международный военно-морской салон, впервые и весьма успешно проведенный в прошедшем году в Санкт-Петербурге.

Важнейшей составляющей производственной деятельности предприятий Россудостроения продолжает оставаться выполнение гособоронзаказа. Прежде всего, это — постройка атомных и дизель-электрических подводных лодок, надводных кораблей и катеров новых проектов, ремонт и модернизация кораблей флота.

Особое внимание уделяется военно-техническому сотрудничеству с зарубежными странами — выполнению межправительственных соглашений и контрактов по строительству и ремонту кораблей.

Основные задачи в области военного кораблестроения в 2004 году — продолжение постройки кораблей нового поколения, передача заказчикам дизель-электрической подводной лодки «Санкт-Петербург», фрегата, патрульщика, строительство боевых и патрульных катеров, специальных кораблей и судов обеспечения. Будут завершены ремонт и модернизация ряда кораблей.

Ответственные задачи стоят в 2004 году перед отраслью и в гражданском судостроении. Среди строящихся для российских и зарубежных компаний судов — танкеры дедвейтом до 47 тыс. т, сухогрузные суда, траулеры.

Активизируется создание средств для добычи углеводородов на шельфе страны — в том числе строительство уникальной нефтедобывающей платформы «Приразломная».

Уверен, судостроители выполнят взятые на себя обязательства. Желаю всем работникам судостроительной отрасли, предприятий-поставщиков вооружения и комплектующего оборудования, читателям нашего журнала крепкого здоровья, благополучия и новых творческих успехов.



*В. А. Постелов,
генеральный директор
Российского агентства по судостроению,
главный редактор журнала «Судостроение»*



НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ФГУП «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

24 ноября 2003 г. от заводского причала в свой первый рейс в Вентспилс ушел головной танкер-продуктовоз «Троицкий мост» («Troitsky Bridge») дедвейтом 47 200 т, построенный по заказу ОАО «Совкомфлот». Несколькими днями ранее (21 ноября) состоялось подписание акта о передаче судна заказчику и торжественная церемония по этому поводу (22 ноября), на которой присутствовали губернатор Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко, ставшая «крестной матерью» судна, генеральный директор Россудостроения В. Я. Поспелов, генеральный директор ОАО «Совкомфлот» Д. Ю. Скарта и другие почетные гости. Несмотря на сложности в ходе строительства танкера, новое судно по ряду параметров превосходит танкеры этого проекта хорватской постройки.

Как отметил генеральный директор верфей В. Л. Александров, сдача головного танкера, открывающего серию (6 ед.) крупнотоннажных танкеров-продуктовозов, способных одновременно перевозить пять видов нефтепродуктов, включая сырую

нефть, — это большая победа и большой праздник для адмиралтейцев.

Основные элементы и характеристики танкера-продуктовоза «Troitsky Bridge»

Длина, м:	
наибольшая	182,4
между перпендикулярами	174,8
Ширина, м	32,2
Высота борта, м	17,5
Осадка, м	
проектная	11,0
по летнюю грузовую марку	12,2
Дедвейт (соответственно), т	41 100/47 200
Валовая вместимость, рег. т	27 725
Вместимость 10 грузовых танков, м ³	54 232
Главный двигатель (ГД)	6S50MC-C
Мощность ГД (123 об/мин), кВт	8310
Скорость (90% MCR), уз	15
Расход топлива, т/сут	29,8
Диаметр ВФШ, м	5,8
Подача грузовых насосов, м ³ /ч	2х200; 10х550
Высота двойного дна, м	2,15
Ширина двойных бортов, м	2,0
Число мест/экипаж	28/22
Класс	LR + 100 A1 Double Hull Oil Tanker ESP, SPM, S.G. 1,025 + LMC, UMS, IGS, LWS, L1, SCM, PCWBVT
Флаг	Либерия

Спуск второго танкера «Тучков мост» («Tuchkov Bridge») состоялся 5 декабря, закладку третьего судна серии провели 10 декабря 2003 г.

В отличие головного на втором танкере (заказ 02741) к моменту спуска была сформирована надстройка, окончательно окрашены балластные танки и обшивка.

ОАО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД»

10 декабря 2003 г. на заводе был спущен на воду речной танкер-химовоз «Texas» — второй в серии, заказанной голландской компанией Rensen B. V. Вначале контракт подписали на три судна (корпуса), а в октябре 2003 г. серию увеличили еще на одно судно. «Texas» будет эксплуатироваться бельгийской фирмой (порт приписки — Антверпен), перевоза по европейским рекам химикаты и продукты нефтепереработки с выходом в прибрежные морские районы. Второе судно серии все же отличается от головного («Vancouver») спущен на воду 9 сентября 2003 г.) — для улучшения мореходности сформирован полубак; окрасочные работы произведены под надзором датской фирмы Hempel.

Третий строящийся в эллинге танкер «Proteus» планируется спустить на воду в феврале 2004 г., четвертое судно серии закладывается в январе и будет сдано в мае 2004 г.



Катер пр. L2000 в эллинге ОАО МЗ «Алмаз» и на воде

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, а также материалы газет «Адмиралтеец», «Корабел», «Звезда», МВМС-2003 и Интернета.



На спуске танкера-продуктовоза «Tushkov Bridge» со стапеля ФГУП «Адмиралтейские верфи»

Длина танкера 110 м, ширина 13,5 м, осадка 5,32 м, водоизмещение 3500 т, масса корпуса около 1200 т. Рабочие чертежи разработаны техническим центром завода по правилам Lloyd's Register of Shipping на базе техпроекта, подготовленного заказчиком.

ОАО КБ «ВЫМПЕЛ»

Конструкторы КБ «Вымпел» разработали проект баржи-площадки грузоподъемностью 3600 т (пр. 03060) по заказу ЗАО «Национальная морская судоходная компания «Казмортрансфлот» (Казахстан). Договор на подготовку классификационного проекта был заключен в октябре 2003 г., а уже в ноябре завершили согласование с ГУ РС расширенного технического проекта.

Строительство серии из 4 ед. планируется на ОАО «Астраханский корабель», сдача намечена на май 2004 г. Баржи-площадки будут использоваться для транспортировки камня с целью отсыпки островов в северной части Каспийского моря.

www.vympel.ru

ОАО МЗ «АЛМАЗ»

Морской завод «Алмаз» освоил постройку ряда современных катеров — пр. А-66, А-67, А99-3, А-17. Для частного заказчика построен скоростной катер пр. L2000 катамаранного типа с необычными обводами корпуса, выполненного из алюминево-магниевого сплава. Вместая до 10 пассажиров, он способен плавать в реках, озерах и прибрежных районах морей. Длина катера 8,3 м, ширина 3,5 м, осадка 0,5 м. Два двигателя мощностью по 170 кВт расположены в кормовой части, обеспечивая максимальную скорость до 45 уз, а дальность плавания может достигать 300 км. Управление осуществляется из носовой рубки с прозрачной сферической передней стенкой. В средней открытой части катера находится салон для пассажиров с диванами и креслами авиационного типа. Этот катер — наглядный пример технологических возможностей завода, его специалистов, которые способны создавать самые фантастические судовые архитектурные формы.

www.shipconstruction.ru

ФГУП ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР»

Началась подготовка к замене радиоизотопных источников питания (используются с конца 60-х годов XX века для автономного питания навигационных знаков, установленных на необорудованном побережье, в труднодоступных для их обслуживания местах) на альтернативные экологически чистые установки.

Инициатором замены устаревших, дорогостоящих и экологических неблагополучных радиоизотопных автономных источников питания выступила Маячная служба Главного управления навигации и океанографии Минобороны РФ (ГУНиО МО РФ). Такие источники питания не производятся в России с 1991 г.

В рамках пилотного проекта предполагается оценить эффективность использования альтернативных источников питания для навигационных знаков — ветроэлектрических установок производства ЦНИИ «Электроприбор», комбинированных ветросолнечных установок, а также солнечных батарей, которые создаются в НПО «Сатурн».

Данная аппаратура будет установлена на шести различных береговых пунктах, выбранных ГУНиО МО РФ. В частности, на берегу и островах Баренцева и Балтийского морей, а также на Дальнем Востоке летом 2004 г.

В ходе исследований планируется выбрать оптимальные варианты построения источников питания для навигационных знаков.

При положительных результатах после полугодовой эксплуатации альтернативных установок начнется плановая замена всех радиоизотопных источников питания.

По словам начальника отдела маркетинга ЦНИИ «Электроприбор» Николая Минаева, в перспективе возможны поставки нескольких сотен ветроэлектрических установок. «При замене радиоизотопных источников питания можно будет говорить не только об экологической, но и о технико-экономической эффективности проекта», — считает он. Стоимость одной ветроэлектрической установки составит порядка 2-2,5 тыс. дол., одной ветросолнечной — порядка 3-3,5 тыс. дол., что на два порядка меньше стоимости одного радиоизотопного источника питания.

Помимо ветроэлектрических установок, ЦНИИ «Электроприбор» разработает систему мониторинга,

которая позволит диагностировать работу необслуживаемых установок и передавать данные на региональные посты контроля, а также следить за непрерывностью функционирования источников питания и самих навигационных знаков.

ОАО «ВЫБОРГСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

16 декабря на заводе в торжественной обстановке состоялась закладка головного танкера девейтом 12000 т типа «Актау» (пр. 00210) для Казахстана. Контракт подписан с компанией Central Asia Shipping Company Ltd. Судно, предназначенное для перевозки сырой нефти в Каспийском бассейне, будет иметь размеры 149,35x17,3x10,1 м и осадку 7 м. Проект разработан ОАО КБ «Вымпел», главный двигатель поставит «Брянский дизель». Второй танкер планируется заложить на стапеле весной 2004 г. Предполагается построить четыре танкера этого проекта.

В этот же день норвежской компании Bergen Yards был передан частично насыщенный оборудованием супертраулер, имеющий длину 94 м, ширину 17,6 м и высоту борта до главной палубы 9,8 м. На судне смонтированы главный двигатель, подруливающее устройство, электро-трассы и др.

В портфеле заказов завода на 2004—2005 гг., который сформирован на 90%, два портовых буксира-кантовщика мощностью 4000 кВт с ледовыми усилениями корпуса. КБ-проектант — «Балтсудпроект». Буксиры будут обслуживать новый нефтяной терминал в Приморске.

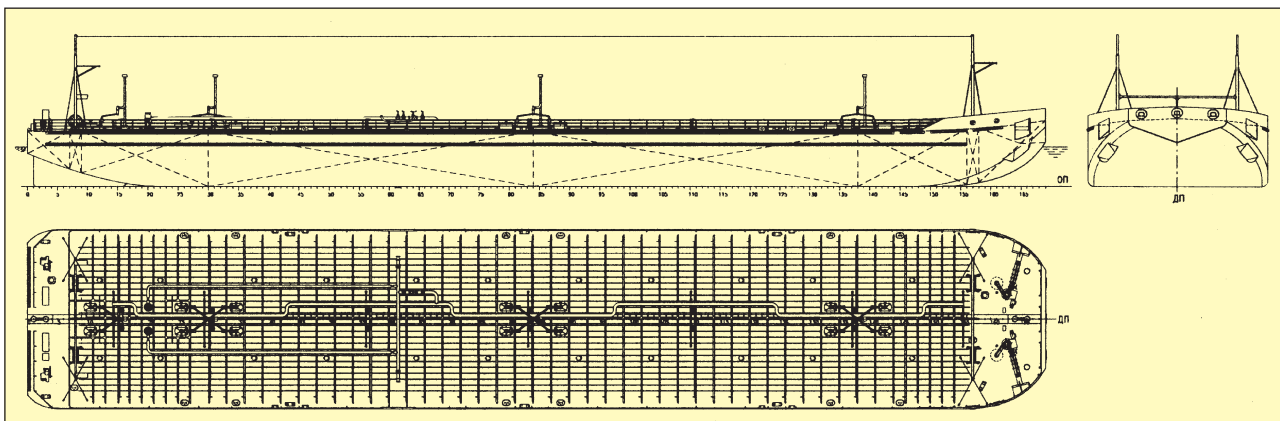
ФГУП «СЕВЕРНЫЙ РЕЙД»

Это северодвинское предприятие разработало и выпускает мобильные дезактивационные комплексы-санпропускники для осуществления санитарно-пропускного режима при переходе персонала в зону строго режима для выполнения работ на загрязненной радиоактивными веществами территории и обратно. Впервые в мировой практике они выполнены на базе морских контейнеров, установленных на автомобильные шасси. В санпропускнике осуществляются переодевание, проведение радиационного контроля, санитарная обработка, контроль допуска персонала. Один такой комплекс рассчитан на обслуживание 10 чел., работающих в две смены; предусмотрена параллельная работа нескольких комплексов.

Габариты 12,2x4,3x4,2 м, масса 15 т, электропитание — 3-фазное (380 В, 50 Гц).

Мобильные санпропускники позволяют в ряде случаев отказаться от строительства положенных по нормам обеспечения радиационной безопасности соответствующих капитальных сооружений в ходе работ по утилизации списанных атомных подводных лодок, в период их отстоя, в местах хранения радиоактивных отходов. Первые два таких комплекса мурманское предприятие «СевРао» будет использовать при реконструкции хранилища радиоактивных отходов в губе Андреева (Кольский полуостров).

www.sevreid.ru



Общее расположение несамоходной баржи типа «Пал-1» (пр. 004R0B05, «Морское инженерное бюро») для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов. Такие баржи строятся ОАО «Волгоградский судостроительный завод» для компании Palmali Shipping (см. «Судостроение», 2003, № 6, с. 5).

ОАО «АСТРАХАНСКАЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ВЕРФЬ»

Головной траулер «Звезда рыбака» пр. 21280 (ОАО ЦКБ «Лазурит») 19 сентября 2003 г. был передан в эксплуатацию мурманскому рыбколхозу «Ударник-1». Это первый из двух траулеров, заказанных ОАО «Росагролизинг» (Москва) для передачи по лизинговой схеме рыбакам (второй «Звезда удачи» — рыбколхозу «Ударник-2»). Стоимость каждого судна 2,1 млн дол. Структура лизинга: 30% авансовый платеж, залог — три судна рыбколхоза и банковская гарантия на сумму годовых платежей от мурманского «Мончебанка»; траулер поставляется на 5 лет при 7,5% годовых. По условиям федерального лизинга суда обязаны сдавать свой улов для переработки только российским предприятиям.

Назначение траулеров — лов рыбы донным и пелагическим тралами (вариант 1), ярусом (вариант 2), а также добыча в прибрежной зоне донных объектов промысла, в том числе краба. Длина судна 26,7 м, ширина 7 м, высота борта 3,15 м, осадка 2,35 м, объем трюмов 105,5 м³, мощность главного двигателя 530 кВт, скорость хода 10 уз, автономность 10 сут, экипаж 8 чел.

www.rosagroleasing.ru

ОАО «ЗАВОД "КРАСНОЕ СОРМОВО"»

Завод успешно выполнил план 2003 г., сдав заказчикам шесть судов: в мае, июне и июле — танкеры «Санкт-Петербург», «Ростов Вели-

кий» и «Суздаль» пр. 19614 (второй, третий и четвертый в серии), в августе и октябре — головной и второй танкеры серии «Professor Aziz Aliev» и «Jalil Mamedguluzade» пр. 19612А, в ноябре — головной сухогруз «Русич-1» пр. 00101.

На 1 января 2004 г. состояние заказов было следующее. Пр. 19614 — на заказе со строительным № 5 (готовность 30%) осуществлялась стыковка блоков корпуса; стр. № 6 (40%) — велась стыковка блоков корпуса, а также надстройки. Пр. 00101 — заказ стр. № 2 (70%) сдавался под электроонтаж; стр. № 3 (30%) — изготавливались корпусные блоки. Пр. 19619 — стр. № 1 (40%) и стр. № 3 (20%) — изготавливались секции.

В ходе реструктуризации в составе компании «ОМЗ-Морские и нефтегазовые проекты», контролирующей «Красного Сормово», создано хорошо оснащенное конструкторско-технологическое бюро, в которое приглашены ведущие специалисты «Красного Сормово» и нижегородских судостроительных конструкторских бюро (КБ). Они ведут разработку новых и конструктивно-технологическую доработку проектов, приобретенных у других КБ. Именно новыми проектами пополняется сегодня портфель заказов завода.

ФГУП 10 СРЗ

Расположенный в Полярном (Мурманской обл.), этот судоремонтный завод Министерства обороны РФ был основан в августе 1935 г. на основе плавучей базы «Красный горн». Сейчас в распоряжении заво-

да два плавдока грузоподъемностью по 9000 т с микроклиматом во внутреннем пространстве (один из них вмещает корабли водоизмещением до 10 000 т), причалы длиной 490 м с глубинами до 11 м и кранами грузоподъемностью до 40 т. Основные направления деятельности: комплексный ремонт и докование АПЛ, надводных кораблей ВМФ и судов других ведомств, утилизация АПЛ, ремонт промышленного оборудования, изготовление различных металлоконструкций, трубопроводов из различных металлов, в том числе высокого давления. В производственных цехах и на участках выполняются корпусные, слесарно-механические, кузнечно-прессовые, электромеханические и другие работы. Осуществляется ремонт арматуры, КИП и автоматики, оборудования АЭУ, а также нанесение лакокрасочных и спецпокрытий.

ЗАО «ТЮМЕНЬ СУДОКОМПЛЕКТ»

ЗАО «Тюменьсудокомплект» в настоящее время строит судно экологического флота по заказу ООО «Сургутгазпром». Проект несамостоятельной станции по комплексной переработке отходов разработан КБ ЗАО «Тюменьсудокомплект» на базе 200-тонной баржи. Технологическое оборудование включает в себя установки по переработке сточных вод «Сток», сепаратор льяльных вод ОНВ-1МБ с автоматическим контролем чистоты воды на выходе и инсинератор Atlas-200SLWS для сжигания твердых бытовых отходов и нефтеостатков. Все технологическое оборудование работает в автоматическом режиме под наблюдением



Для специалистов в области систем менеджмента качества, желающих получить квалификацию «EOQ-QUALITY MANAGER» и «EOQ-QUALITY AUDITOR»



В соответствии с гармонизированной системой обучения EOQ Научно-производственное предприятие СпецТек и Германское общество по качеству DGQ организуют проведение учебных курсов по следующим направлениям

QB — Уполномоченный по качеству	11 дней	сертификат DGQ
QM — Менеджер по качеству	23 дня	сертификаты DGQ/EOQ
AUD — Аудитор	6 дней	сертификаты DGQ/EOQ
Квалификация EOQ признается в странах-членах Европейской организации по качеству и других странах Европы. Обучение платное.		
Курсы организуются НПП СпецТек на основании договора с DGQ и с использованием учебных материалов DGQ. Занятия проводят специалисты из Германии и России, имеющие свидетельства доцентов DGQ. Экзамены проводятся отделом DGQ по сертификации персонала.		
Прием заявок: 197022, Санкт-Петербург, а/я 166, ул. Академика Павлова, 7А, НПП «СпецТек», т. (812) 329-4560, courses@specotec.ru		

нием оператора. На судне предусмотрены накопительные цистерны сточных и нефте-содержащих вод. Электропитание систем и механизмов — с берега или от автономного дизель-генератора мощностью 75 кВт производства ЗАО «Тюменьсудокомплект». Ввод в эксплуатацию этого судна позволит существенно улучшить экологическую обстановку в районе базирования флота ООО «Сургутгазпром» и в целом в Оби.

ФГУП 35 СРЗ

Этот судоремонтный завод Минобороны России, расположенный в устье реки Роста, впадающей в Кольский залив, был основан в октябре 1938 г. как ремонтная база организаций Севморпути и Северного флота. Причалы длиной 1350 м со всеми видами энергетического обеспечения, два сухих дока и плавдоки с глубинами у входа в док 14 м, значительный резерв производственных мощностей являются залогом дальнейшего развития завода.

В его составе цехи и участки, позволяющие выполнять работы по корпусу, ремонтировать паровые котлы, теплообменные аппараты и судовую арматуру, контрольно-измерительную аппаратуру и автоматику, баллоны высокого давления, радиоэлектронное вооружение, производить кузнечно-прессовые, литейные, трубопроводные и другие работы, наносить гальванопокрытия, изоляцию и лакокрасочные покрытия. СРЗ осуществляет комплексный ремонт надводных кораблей ВМФ, в том числе перегрузку ядерного топлива, и все виды ремонта крупнотоннажных судов других ведомств и государств.

Освоены утилизация АПЛ первого поколения, сбор и отправка ТРО и ЖРО.

ФГУП «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ЗАВОД "ЗВЕЗДА"»

Главным достижением 2003 г. для завода стала успешная сдача

Север Трэйд

Комплексное оснащение камбузным оборудованием кораблей и судов

- поставка и монтаж
- пусконаладочные работы
- техническое обслуживание
- береговое обслуживание

Санкт-Петербург, ул.Яблочкова 12, лит.Ц
тел./факс: (812) 449-14-39, 449-14-38

ВМФ после ремонта обновленного ракетного подводного крейсера «Святой Георгий Победоносец». Теперь основной заказ — ремонт АПЛ «Иркутск».

27 декабря 2003 г. в эллинге завода состоялась закладка нового судна — сборщика нефтесодержащих льяльных и сточных вод пр. 21460В. Технический проект разработали конструкторы КБ «Восток» (ФГУП ЦНИИТС), рабочую документацию предоставляет ОАО «Выборгский судостроительный завод». Судно строится для ГУ МАП «Порт Восточный» и должно быть сдано через 10 мес. Ранее подобное судно «Брянск» (пр. 21460) было построено выборгскими корабелями для порта г. Приморск Ленинградской области («Судостроение», 2002, № 5, с. 23—25). Для судоремонтиков «Звезды» это уже пятое судно, которое будет построено с момента, когда было решено развивать здесь и гражданское судостроение.

Тремя неделями ранее, 5 декабря был подписан контракт с правительством Японии по утилизации многоцелевой АПЛ пр. 671PTM (заказ № 304). Финансирование будет осуществляться из средств Японии, выделяемых на ликвидацию ядерного оружия. Срок выполнения заказа — 14 мес.

ФГУП ПО «СЕВМАШ»

Первенец отечественного атомного подводного флота «Ленинский комсомол» (К-3) станет музеем в Санкт-Петербурге. В результате совместной работы СПМБМ «Малахит» и Севмашпредприятия этот проект согласован в самых высоких инстанциях.

Эта АПЛ пр. 627 была закончена на Севмаше 24 сентября 1955 г., спущена на воду 9 августа 1957 г., вступила в строй 17 декабря 1958 г. Первоначально она числилась крейсера, затем отнесена к подклассу больших подводных лодок. В июле 1962 г. совершила подледный поход в Арктику, пройдя первой в истории советского подводного флота под Северным полюсом. Из состава Северного флота она выведена 15 лет назад и базируется

в Полярном. На Севмаш она должна прибыть в 2004 г. На лодке предстоит вырезать реакторный отсек, пристыковать его к емкостям плавучести и отбуксировать в пункт длительного хранения. Новый реакторный отсек будет изготовлен с муляжами и чистым оборудованием. Буксировка АПЛ в Санкт-Петербург будет осуществляться на патентованных понтонах-фундаментах аналогично дизельной лодке-музею пр. 641Б, которую севмашевцы отправили в прошлом году в Москву. Завершаться отделочные работы будут уже на месте вечной стоянки лодки-музея «Ленинский комсомол», планируемый срок ввода в эксплуатацию которого — август 2006 г.

В соответствии с подписанным в январе 2004 г. контрактом Севмаш выполнит ремонт и модернизацию тяжелого авианесущего крейсера «Адмирал Горшков» для военно-морских сил Индии. По сообщению Прайм-ТАСС сумма пакета контрактов, предусматривающих также поставку 20 истребителей МиГ-29К, восьми вертолетов Ка-31, оборудование причала и др. составляет 1,5 млрд дол. Индия должна получить обновленный корабль в 2008 г. □

АТОМНОМУ ЛИХТЕРОВОЗУ «СЕВМОРПУТЬ» — 15 ЛЕТ

А. Б. Дубовец (ОАО ММП), Р. А. Каипов (ЦКБ «Балтсудопроект»),
Л. И. Щеголев (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 623.124.6-827

15 лет назад, 31 декабря 1988 г., в состав флота Мурманского морского пароходства вошло первое в мире атомное ледокольно-транспортное судно — лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть» (проектант — ЦКБ «Балтсудопроект», строитель — керченский завод «Залив»).

Судно построено на класс Российского морского регистра судоходства КМ ⚙ УЛ2А2 баржевоз (с ледовыми усилениями корпуса и рулевого устройства на категорию УЛА). В качестве движителя применен винт регулируемого шага диаметром 6,7 м в неподвижной насадке. Погрузка—выгрузка осуществляется при помощи козлового крана грузоподъемностью 500 т с двумя контейнерными приставками грузоподъемностью 38,5 т.

Проектом предусматривалось, что судно сможет преодолевать сплошной лед толщиной 1 м со снежным покровом 0,2 м при скорости 0,5 уз. Фактически скорость лихтеровоза в таких условиях составила около 12 уз.

Судно предназначалось для дальних транзитных перевозок (прежде всего по трассе Северного морского пути) с возможностью разгрузки—погрузки у необорудованного побережья, на международных линиях Европа—Япония как самостоятельно, так и при необходимости с проводкой ледоколами [1—4]. Как показал опыт [5, 6], оно вполне может быть использовано и в тропических водах, причем с разными вариантами нагрузки (лихтеры, тяжеловесы, контейнеры), а также как навалочник.

Основные элементы и характеристики судна

Длина наибольшая, м	260,5
Ширина наибольшая, м	32,2
Осадка летняя/для ледового плавания, м	11,78/10,68
Дедвейт (при осадке 11,65 м), т	26420
Грузовместимость, ед.:	
лихтеры водоизмещением по 400 т	74
20-футовые контейнеры международного стандарта	1324
Тепловая мощность реакторной установки, МВт	135
Мощность паротурбинной установки, кВт	29 420

Всего с 1989 г. судно перевезло примерно 3,5 млн т разных грузов. В частности, по данным рейсовых отчетов в период с 18 октября 2001 г. до 23 ноября 2003 г.

(июнь 2003 г. — ремонт, суммарное ходовое время 6008 ч) им доставлено 1,93 млн т генеральных грузов на линии Мурманск — Дудинка и обратно, при этом пройдено 55,8 тыс. миль, в том числе:

27,3 тыс. миль (или 49% пройденного расстояния) по чистой воде со скоростью, которая в зависимости от условий, например, в связи с предстоящей в данном районе возможностью (необходимостью) ледовой проводки изменялась от 10 до 18 уз;

6,9 тыс. миль (22%) во льдах самостоятельно (осредненная скорость на таких участках от 10 до 14 уз);

21,6 тыс. миль (39%) с проводкой ледоколом (средняя скорость примерно от 6 уз в феврале до 11 уз в июле).

Характерно, что время нахождения в двух указанных портах за 24 мес с 18 октября 2001 г. составило 8402 ч (на 40% больше ходового времени за тот же период), а продолжительность грузовых операций — 5867 ч (70% от суммарного времени стоянки в портах). Это связано прежде всего со спецификой эксплуатации крупнотоннажного атомного лихтеровоза-контейнеровоза на «коротком плече», а также свидетельствует о замедленной грузообработке контейнеров и сложных условиях швартовки к необогреваемому причалу в Дудинке при низких температурах воздуха (до минус 45 °С). По-видимому, будущим судам такого класса при интенсификации грузоперевозок целесообразно иметь подруливающее устройство, а зимой желательнее для образования обширной (соответственно длине судна) майны у причала использовать предварительный подводный гидроневмообмыв последнего с помощью береговых воздушных компрессоров.

Наработка атомной паропроизводящей установки (АППУ) с момента окончания постройки на ноябрь 2003 г. составила 84 158 ч, энерговыработка реактора с начала эксплуатации — $4,514 \cdot 10^6$ МВт·ч, средняя мощность АППУ в ходовых режимах поддерживалась на уровне 35% номинальной.

Аварийных случаев с судном не было, радиационная обстановка оставалась нормальной, средняя индивидуальная доза облучения экипажа не превысила 0,15 бэр/год (по нормам радиационной безопасности — не более 0,5 бэр/год).



Атомный лихтеровоз «Севморпуть»

Вызванных эксплуатацией судна радиоактивных загрязнений окружающей среды не отмечено.

За годы успешной работы доказана возможность безостановочного движения в толстых льдах по каналу за ледоколом, несмотря на то, что максимальная ширина по ватерлинии «Севморпути» на 4 м больше, чем у ледоколов типа «Арктика» (при необходимости судно доламывает кромки канала).

Атомный лихтеровоз-контейнеровоз самостоятельно разрушает лед при движении задним ходом благодаря ложкообразной форме кормовой оконечности ниже ватерлинии (мощность турбин заднего хода 40% от $N_{ном}$).

По данным ходовых испытаний судно хорошо слушается руля даже при скорости 3—4 уз, на полном ходу диаметр циркуляции не превышает 0,5 мили (3,5 длины корпуса), а выбег при переключке с полного переднего хода на полный задний составляет 1,2 мили.

Существенных ледовых повреждений в виде вмятин и других остаточных деформаций элементов корпуса судна не обнаружено.

Однореакторная АППУ типа КЛТ-40 (паропроизводительность — 215 т/ч слабоперегретого пара) и главный турбозубчатый агрегат ГТЗА-684 ($N_{ном} = 29,4$ МВт при частоте вращения 115 об/мин, — разработка Кировского завода специально для «Севморпути») показали надежную работу.

На случай выхода из строя АППУ работа паротурбинной установки не более чем через 30 мин

обеспечивается от находящегося в состоянии горячего резерва котла КВГ-5.

ГТЗА-684 укомплектован промежуточным сепаратором СП-145/3,3 (на расход пара 145 т/ч при давлении 3,3 кгс/см²), установленным в ресивере между турбинами высокого и низкого давления (ТВД, ТНД) и уменьшающим влажность пара перед ТНД до 0,6% по массе. Нарботка ГТЗА практически достигла гарантированного техническими условиями ресурса лопаток последних ступеней (50 тыс. ч.), а трех вспомогательных турбогенераторов типа ОК-3С — от 70,4 до 71,4 тыс. ч. По данным визуальных осмотров эрозионные повреждения рабочих лопаток ТНД оцениваются как умеренные.

Повышенный по сравнению с атомными ледоколами КПД (около 23%) обеспечен, в частности, реализованной на судне тепловой схемой паротурбинной установки с тремя регенеративными отборами пара (из ТВД, ресивера, ТНД). Номинальная температура питательной воды перед парогенераторами — до 170 °С. В итоге удельный расход пара на ГТЗА составил 4,9 кг/(кВт·ч) в условном безотборном режиме, с отборами — 5,7 кг/(кВт·ч) или 168 т/ч.

В целом можно констатировать, что паротурбинная установка и гребной винт (но без переключки его лопастей) работают без замечаний. Ресурс каждого из четырех парогенераторов, достигший 84 тыс. ч, пока продлен до 90 тыс. ч.

К недостаткам, выявившимся при эксплуатации «Севморпути», относятся следующие: наличие корро-

зии и возможность замерзания теплоносителя в змеевиках системы парового обогрева балластных цистерн; из-за замерзания импульсных трубок затруднен контроль уровня в балластных цистернах, были случаи замерзания приемных патрубков этих цистерн.

В последующем, при создании судов, сходных с описываемым лихтеровозом-контейнеровозом, или при его модернизации, прежде всего целесообразно: усовершенствовать ступицу гребного винта регулируемого шага, повысив прочность ее узлов; для повышения надежности обогрева балластных цистерн и предотвращения «облипания» льдом обшивки корпуса использовать не водяной пар, а нетоксичный и не вызывающий коррозии магистраль органический теплоноситель, освоенный отечественной промышленностью, например АЛОТЕРМ, с температурой застывания минус 45 °С [7].

По данным руководства ОАО «Мурманское морское пароходство», лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть» — это интенсивно используемое атомное судно, обеспечивающее удельную себестоимость грузоперевозок существенно меньшую, чем у ледокольно-транспортных судов с энергетическими установками на органическом топливе.

Литература

1. Сытов Н. П., Родионов Н. Н., Зинин В. И. Проект атомного ледокольного лихтеровоза-контейнеровоза // Судостроение. 1981. № 11.
2. Родионов Н. Н., Воробев В. М., Габайдулин Ф. Х. Атомный лихтеровоз // Морской флот. 1982. № 8.
3. Виноградов А. А., Родионов Н. Н. Ледокольно-транспортные суда с АЭУ — новый этап в освоении Севморпути // Судостроение. 1985. № 9.
4. Зайцев К. А., Падчин Б. Н., Лазимир Ю. Е. Проблемы обитаемости лихтеровоза «Севморпуть» // Судостроение. 1985. № 9.
5. Родионов Н. Н., Соболев Л. Н., Щеголев Л. И. Опыт проектирования и десяти лет эксплуатации первого в мире атомного ледокольно-транспортного судна «Севморпуть» // Вторая международная конференция по судостроению JSC'98. СПб., 1998.
6. Виноградов А. А., Каипов Р. А., Орешко А. Н. Создание судов различного назначения для эксплуатации в Арктике и опыт одиннадцатилетней эксплуатации атомного лихтеровоза «Севморпуть» // Шестая международная конференция по судам и морским конструкциям в холодных регионах. СПб., 2000.
7. Душин Ю. К., Погодин Н. П., Чеканов В. Ф. Об использовании в судовой энергетике систем теплоснабжения и утилизации тепла с высокотемпературным жидким теплоносителем // Труды ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. Вып. 9 (293). СПб., 2000.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ КОРАБЛЯ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

А. В. Кобылинский, докт. техн. наук, В. И. Салажов,
докт. техн. наук (1 ЦНИИ МО РФ)

УДК 629.5.022.3.001

Применение воюющими сторонами в конце второй мировой войны неконтактных донных мин, реагирующих на гидродинамические возмущения от движущегося корабля, послужило импульсом к исследованиям различных проявлений этих возмущений в интересах военного кораблестроения.

Вначале, с учетом возникших практических задач (обеспечения безопасности корабля, совершенствования минного и противоминного оружия), исследования ограничивались в основном областью придонных гидродинамических давлений — были развиты основы теории этого поля, созданы образцы измерительной аппаратуры и проведены серийные измерения давлений, создаваемых кораблями основных классов.

Теория и методика определения поля давлений. В разработке теории и практических методик определения поля давлений на разных стадиях принимали участие специалисты АН СССР, ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского, ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова и 1 ЦНИИ МО РФ.

Созданная приближенная методика расчета поля базировалась на допущениях теории потенциальных течений жидкости. Такой подход мотивировался известными экспериментальными данными о весьма слабом влиянии сил вязкости на течение вне пограничного слоя движущихся тел.

В постановке задачи были приняты значительные упрощения — движение корабля считалось установившимся, море в горизонтальной плоскости безгранично и имеет постоянную глубину, а корпус корабля схематизировался телом вращения с таким же распределением площадей шпангоутов по длине.

Математическая модель течения строилась на основе замены обтекания тела обтеканием системы гидромеханических источников, причем условия на поверхности тела и внешних границах потока считались не зависящими друг от друга. Чтобы исключить необходимость решения

интегрального уравнения, удовлетворяющего граничному условию на теле и определяющего распределение источников по продольной оси ξ тела [1], принимались следующие упрощающие допущения:

- удлинение (отношение длины тела к поперечнику) весьма велико, так что интенсивность источников $q(\xi)$ пропорциональна производной строевой по шпангоутам $S(\xi)$

$$q(\xi) = V \frac{\partial S(\xi)}{\partial \xi},$$

где V — скорость обтекающего потока на бесконечности.

- реальная строевая по шпангоутам заменялась равновеликой трапецией с нижним основанием, равным длине тела, и высотой, равной площади максимального шпангоута, причем положение верхнего основания этой трапеции определялось значениями коэффициентов продольной полноты оконечностей тела в носу ϕ_1 и в корме ϕ_2 .

С учетом этих допущений граничное условие на теле удовлетворяется весьма приближенно, а источники равномерно распределены на отрезках a_1 и a_2 в носу и в корме:

$$\begin{aligned} q_n &= S_0^* V / a_1; \quad a_1 = L / (1 - \phi_1); \\ q_k &= -S_0^* V / a_2; \quad a_2 = L / (1 - \phi_2), \end{aligned} \quad (1)$$

где L и S_0 — длина и площадь мидель-шпангоута тела.

В первоначальном варианте методики дно и свободная поверхность заменялись горизонтальными стенками, т. е. не учитывалось влияние волн на поверхности моря. При этом граничное условие на этих поверхностях удовлетворялось введением в поток бесконечной системы источников, зеркально отраженных относительно этих плоскостей.

Для определения гидродинамических давлений использовалось линеаризованное уравнение Бернулли, в котором вызванные скорости опре-

деляются потенциалом $d\Phi$ течения, возникающего при обтекании отдельного источника q потоком со скоростью V :

$$dp = \rho V \frac{\partial(d\Phi)}{\partial x}, \quad (2)$$

где x — продольная координата, направленная против набегающего потока.

Совершенствование методики расчета поля корабля прошло несколько этапов. В первоначальной редакции (не учитывающей влияние корабельных волн) для определения потенциала течения, вызванного источником, принималось известное из курса гидромеханики [1] простое соотношение, справедливое для безграничной жидкости:

$$d\Phi = q / 4\pi R, \quad (3)$$

где R — расстояние между источником, расположенным в точке (ξ, η, ζ) , и произвольной точкой жидкости с координатами x, y, z .

Если принять начало координат на поверхности моря, то от источников в точках $[\xi, \eta, 2nH \pm h_0]$ до точек дна $(x, y, -H)$ расстояния R_{n1} и R_{n2} будут

$$\begin{aligned} R_{n1} &= \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + [(2n + 1)H - h]^2}; \\ R_{n2} &= \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + [(2n + 1)H + h]^2}, \end{aligned} \quad (4)$$

где индекс $n = 0, 1, 2, \dots, \infty$ соответствует номеру системы зеркально отраженных источников.

С помощью формул (1—3) придонные давления, создаваемые кораблем (с учетом справедливого для потенциальных течений принципа суперпозиции и линеаризации уравнения Бернулли), определяются интегрированием давлений от систем источников, распределенных в оконечностях схематизированного корпуса, и суммированием полей от систем, отраженных относительно дна и поверхности моря.

Впоследствии в методике расчета дополнительно учитывалось влияние волнообразования, создаваемого кораблем на поверхности моря. С этой целью были использованы более точные решения Л. Н. Сретенского [2] и А. А. Костюкова [3] о потенциале течения источника, учитывающие возникновение волн на поверхности.

Сложная интегральная форма этих решений затрудняла их непосредственное использование в практических расчетах. Поэтому с помощью ЭВМ типа БЭСМ были рассчитаны продольные характеристики поля $p = f(x/H)$ источника единичной интенсивности $q(\xi = 0) = 1$. Характеристики $p = f(x/H)$ были определены для ряда дискретных значений безразмерных координат точек дна $\bar{x} = x/H$, $\bar{y} = y/H$, погружения источника $\bar{h} = h/H$ и относительной скорости его движения $\bar{v} = V/\sqrt{gH}$. По результатам этих предварительных расчетов были составлены альбомы графиков придонных давлений, создаваемых таким источником. Данные с этих графиков интерполировались в зависимости от исследуемых значений параметров \bar{y} , \bar{h} , \bar{v} , смещались по продольной координате с учетом фактического расположения источников по длине и суммировались между собой с учетом интенсивности источников $q = f(\xi)$.

Вычисления по изложенному методу весьма трудоемки, а их выполнение сопряжено с возможными ошибками ручных операций. Поэтому в настоящее время с помощью современных ПЭВМ объем базовых характеристик $p = f(x/H)$ существенно расширен, а процесс выполнения расчетов автоматизирован.

Эксперимент. Сопоставление с теорией. Систематические натурные исследования поля придонных давлений были проведены на полигоне ВМФ в бухте Хара-Лахт (ныне Эстония). Ряд модельных испытаний был также проведен в мелководном опытовом бассейне ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. Для замеров

давлений вначале использовалась аппаратура, разработанная ЦНИИ «Гидроприбор», а в дальнейшем более совершенная аппаратура НИИ «Биофизприбор».

Уже первые испытания показали удовлетворительное соответствие эксперимента и расчетов, особенно при невысоких скоростях хода корабля, при которых корабельные волны практически не влияют на придонные давления. Такое согласие оказалось весьма неожиданным, если учесть большое число серьезных допущений и упрощений, принятых в теории и методике расчетов. Выявленные расхождения послужили основанием для совершенствования методики расчета и проведения измерений. В частности, в методике был введен уже упомянутый учет влияния корабельных волн, выполнен более строгий учет формы корпуса, в том числе влияния крупных выступающих частей, учтено влияние движителей и пограничного слоя, оценена степень взаимовлияния граничных условий на корпусе и на дне. Значительным усовершенствованиям подверглись измерительная аппаратура и методики натурных испытаний.

Новые задачи. В настоящее время наиболее сложными для исследований поля придонных давлений остаются задачи учета влияния рельефа дна, нестационарного режима движения корабля и взаимодействия поля корабля и морского волнения. Существенным элементом этих задач являются исследования спектральной структуры поля корабля и морского волнения.

За истекший период проблема исследований гидродинамического

поля в военно-прикладных целях заметно расширилась. Новыми аспектами этой проблемы являются использование в целях обнаружения гидродинамических возмущений, создаваемых подводными объектами на поверхности моря, исследование турбулентных возмущений в следе за кораблем для наведения торпедного оружия.

Исследования волновой компоненты поля придонных гидродинамических давлений указывают также на тесную связь этого поля с волновым сопротивлением движению быстроходного корабля. Тщательный анализ данных исследования поля придонных давлений и взаимодействия корпуса корабля с полем волн (в том числе с волнами, генерируемыми самим корпусом) может способствовать более широкой замене дорогостоящих модельных испытаний теоретическими методами определения сопротивления движению корабля.

Развитие работ в области гидродинамического поля корабля (в широком смысле) неразрывно связано с совершенствованием теоретических и экспериментальных методов исследований, широким использованием современной вычислительной техники, восстановлением и оснащением имеющейся натурной и лабораторной базы.

Литература

1. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1955.
2. Сретенский Л. Н. Теория волновых движений жидкости. М.: Наука, 1977.
3. Костюков А. А. Теория корабельных волн и волнового сопротивления. Л.: Судпромгиз, 1959.

КОМПЛЕКСНЫЙ РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ КРЫЛЬЕВЫХ УСТРОЙСТВ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Г. А. Животовский, канд. техн. наук, А. А. Родионов,
докт. техн. наук (СПбГМТУ)

УДК 629.5.025.1.001.24

Расчеты прочности крыльевых устройств (КУ) судов на подводных крыльях (СПК) характеризуются большой сложностью. Это определяется переменным характером динамически прикладываемых внешних сил и неравномерным их распределением по площади крыльев, необходимостью учета взаимодействия

несущих поверхностей с прилегающей водной поверхностью и друг с другом, нелинейностью уравнений, характеризующих поведение конструкции КУ, и др.

Для определения расчетных нагрузок и реакции на них конструкции КУ целесообразно использовать современные программные

комплексы, позволяющие достаточно точно моделировать условия работы КУ. Предлагается следующая схема выполнения комплексного расчета КУ СПК.

Определение внешних нагрузок и посадки судна. Ставится задача — определить распределение внешних нагрузок по несущим поверхностям КУ в реальных условиях движения СПК. В число несущих поверхностей включаются носовое и кормовое крыло (или глиссирующее днище). Решение целесообразно проводить последовательно: первая задача — рассмотреть нестационарное гармоническое движение крылевой системы с малыми амплитуда-

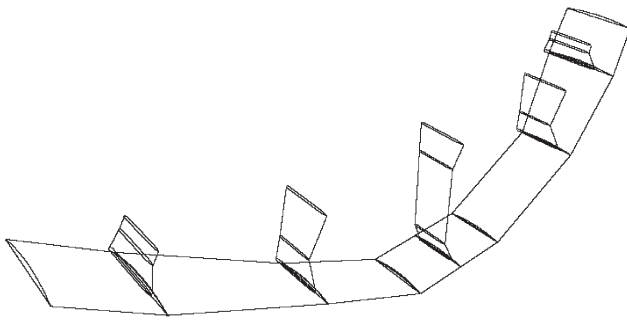


Рис. 1. Носовое крыло СПК «Комета»

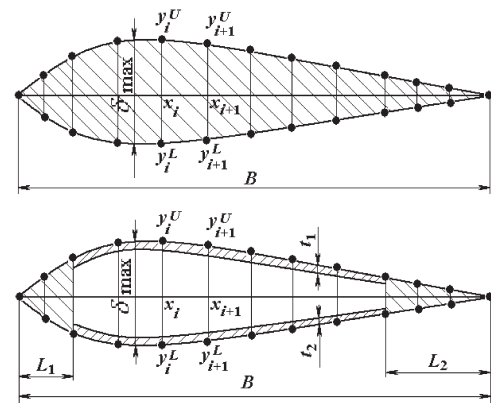


Рис. 2. Поперечное сечение полого и сплошного профилей

ми и частотами вблизи свободной поверхности без деформирования поверхности раздела, что имеет место при больших числах Фруда; вторая — учитывать процесс волнообразования на границе раздела.

В первой задаче течение полагается невязким и потенциальным всюду вне границ раздела и вихревого следа. Учитываются три фактора нелинейности: влияние ориентации крыла относительно поверхности раздела; деформация вихревого следа (существенно для учета взаимодействия носового и кормового крыльев); изменение геометрии погруженной части крыла (для полупогруженных V-образных крыльев). Предполагается, что все кинематические параметры зависят от времени по гармоническому закону. Граничные условия на поверхности раздела выполняются методом зеркального дублирования. Толщина крыльев принимается малой и учитывается дискретным слоем источников, интенсивность которых пропорциональна изменению толщины профиля. Для решения задачи используется метод дискретных вихрей. В качестве вихревого элемента применяется П-образный составной вихрь. Интенсивность дискретных вихрей на несущих поверхностях определяется из условий непротекания, которые сводят к интегральному уравнению. Несущая поверхность и вихревой след описываются в лагранжевых координатах [1], что позволяет считать неподвижной гармонически меняющуюся крыльевую геометрию. Вихревая интенсивность выражается через интенсивность квазистационарного вихревого слоя на несущей поверхности и следе на основе теоремы Томсона: в невязкой однородной жидкости, находящейся под действием потенциальных массовых сил, цирку-

ляция скорости по произвольному замкнутому жидкому контуру с течением времени не меняется [2].

Для обеспечения решения необходимо выполнение постулата Жуковского—Чаплыгина: при обтекании профиля его задняя острая кромка обтекается плавно, и скорость потока на ней имеет конечное значение [2]. Форма вихревого следа находится из уравнений, описывающих траекторию жидкой частицы

$$d\vec{r}/dt = \vec{V},$$

где \vec{r} — радиус-вектор жидкой частицы вихревого следа; \vec{V} — относительная скорость течения.

После разложения в ряд уравнений по обобщенным координатам q и скоростям полная задача разделяется на стационарную нелинейную, квазистационарную и нестационарную линейную.

Интегральные уравнения сводятся к системе алгебраических уравнений, для решения которой используется метод Гаусса. После определения циркуляций дискретных вихрей определяются силы и моменты на крыле по теореме Жуковского в малом. Согласно этой теореме [2] гидродинамическая реакция, возникающая при обтекании неоднородным потоком вихря, имеющего заданную циркуляцию Γ , пропорциональна плотности жидкости ρ , циркуляции вихря и скорости неоднородного потока $(dw/dz)_{z_i}$ в месте расположения центра вихря

$$R_x - iR_y = i\rho \left(\frac{dw}{dz} \right)_{z_i} \Gamma.$$

Вторую задачу рассмотрим детально. Волнообразование на гра-

нице раздела двух плотностей моделируется вихревым слоем, который представляется в виде совокупности вихревых рамок. Поперечная интенсивность γ_z вихрей в локальной точке на границе раздела запишется в виде

$$\gamma_z = V_0^2 + (\vec{n} \times \vec{\gamma}) \vec{V}_0 + 0,25\gamma^2 + 2\frac{1}{Fr^2} \gamma - 2\frac{\vec{F}_0}{|F_0|} \vec{V}_0, \quad (1)$$

где \vec{V}_0 — прямое значение скорости на вихревом слое, равное сумме скоростей, вызванных вихревыми слоями крыла и свободной границы; \vec{n} — локальный единичный вектор нормали в данной точке; γ — вектор интенсивности в данной точке; $Fr = |F_0|/\sqrt{gL}$ — число Фруда; F_0 — характерная скорость; L — характерный линейный размер (обычно хорда крыла).

Уравнение (1) является граничным условием динамического типа и означает непрерывность давлений при переходе границы раздела.

Рассматриваются такие режимы течения, при которых форма свободной поверхности однозначно определяется уравнением $y = f(x, z)$, при этом вектор скорости крыла параллелен оси x . Проекцию дискретной вихревой системы на горизонтальную плоскость можно свести к продольным и поперечным вихревым отрезкам. Продольные ряды нумеруются индексом i , поперечные — j . Каждая панель свободной поверхности характеризуется площадью S_{ij} и циркуляцией вихревой рамки Γ_{ij} . Циркуляции продольных вихревых отрезков равны разности циркуляций близлежащих рамок, при этом уравнение неразрывности $\nabla \vec{\gamma} = 0$ выполняется автоматически. Скорости на свободной поверх-

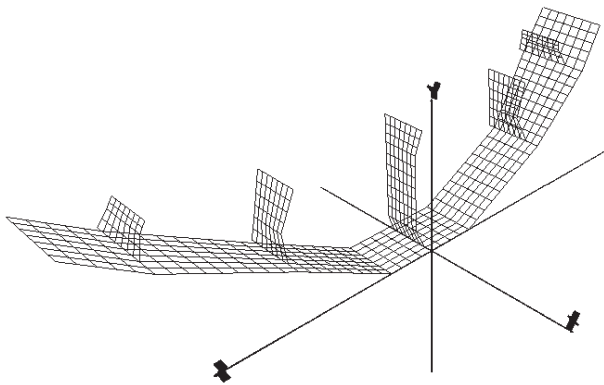


Рис. 3. Разбиение несущей поверхности носового крыла СПК «Комета» на панели

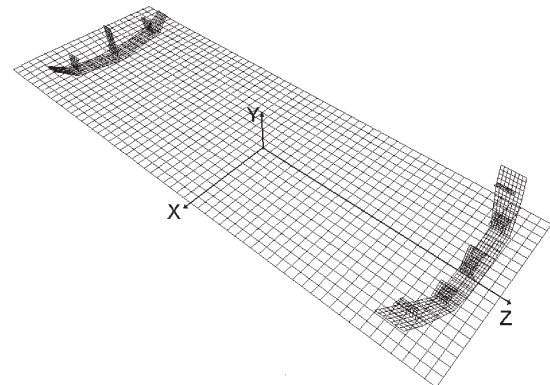


Рис. 4. Разбиение свободной поверхности между носовым и кормовым крыльями СПК «Комета» на панели

ности вычисляются в центре тяжести вихревых рамок, а в центрах поперечных отрезков рамок определяются [3] на основе линейной интерполяции для двух соседних центров вихревых рамок

$$\Gamma_{i+1} = 0,5\gamma_{z_{ii}}(S_{ii} + S_{i+1}) + \Gamma_{ii}. \quad (2)$$

Кинематические условия непрерывности нормальных скоростей эквивалентны условию, что свободная поверхность является поверхностью тока и состоит из линий тока. Уравнение линии тока может быть записано в виде [3]

$$y_{i+1} = y_i + \frac{V_y}{V_x} (x_{i+1} - x_i). \quad (3)$$

В качестве граничных условий на бесконечности используются условия затухания возмущений далеко впереди погруженного контура $|\gamma(s)| \rightarrow 0$, при $s \rightarrow +\infty$ и ограниченности интенсивности вихревого слоя вниз по потоку $|\gamma(s)| \leq +\infty$, при $s \rightarrow -\infty$. Отсюда циркуляция первой вихревой рамки $\Gamma_{11} = 0$.

Решение проводится итерационным способом. Определяются интенсивность вихревого слоя на крыле и форма вихревой пелены. Задаются размер и форма свободной поверхности в плане. Размеры свободной поверхности рекомендуются следующими: впереди носового крыла — 2–3 хорды, за кормовым крылом — 3–4 хорды, в поперечном направлении — 2,5 размаха. Погруженные участки крыльев (несущая поверхность) и свободная поверхность разбиваются на панели. Целесообразное число панелей определялось на основе численных экспериментов. В первом приближении

рассчитывается течение около крыла с учетом сворачивания вихревой пелены, но без учета влияния свободной поверхности. Определяется поперечная интенсивность вихрей на свободной поверхности согласно (1). Для первой итерации интенсивность вихрей на свободной поверхности и индуцируемые ими скорости принимаются равными нулю. По найденным интенсивностям определяются циркуляции вихревых рамок согласно (2), затем находится форма свободной поверхности согласно (3). Производится коррекция дискретно-вихревой сетки на несущих поверхностях, пересекающих свободную поверхность. В каждом поперечном ряду узловые точки дискретно-вихревой сетки равномерно смещаются, поэтому расстояния между узлами не меняются, и крайний ряд лежит на свободной поверхности. Проверяется сходимость. Если условия окончания процесса выполнены, то вычисляются силы и моменты на крыле. Если не выполнены, процедура повторяется с учетом найденных в предыдущей итерации интенсивности вихревого слоя на крыле и формы свободной поверхности.

Для расчета гидродинамических характеристик необходим мощный программный комплекс. Авторами в работе применен комплекс AUTOWING [3].

Исходными данными для расчета служат геометрия участков, угол установки крыльевой системы относительно основной линии судна, заглубление крыла, шероховатость поверхностей, кинематическая вязкость воды, скорость движения судна и углы тангажа, дрейфа, крена и рыскания. КУ в плане представляется в виде совокупности трапециевидных участков (рис. 1), вершина-

ми которых являются точки, совпадающие с местами крепления стоек, сломами, концевыми сечениями или диаметральной плоскостью. Профилировка задается через поперечные сечения в начале и в конце каждого участка (возможно задание различных типов профиля для одного участка). Сечение задается при помощи относительных координат точек на верхней засасывающей и нижней нагнетающей сторонах профиля (рис. 2). Относительные координаты профилей стоек, имеющих постоянную толщину, вычисляются автоматически при задании хорды, толщины и типа заострения концов профиля.

В результате единичного расчета КУ для каждой панели определяются давления в контрольных точках на верхней и нижней сторонах профиля, а для каждой несущей поверхности и всей системы в целом — гидродинамические коэффициенты сил и моментов. Углы атаки α и дрейфа β выбираются таким образом, чтобы создаваемые гидродинамические силы были равны заданным интегральным силам.

Для определения посадки используется база данных, содержащая гидродинамические характеристики носового и кормового КУ и/или глиссирующей поверхности, подсчитанные для различных значений скорости, заглубления крыла, углов тангажа, дрейфа, крена и рыскания. Пределы изменения кинематических параметров и шаг задаются при заполнении базы данных в серийном расчете. Прямое решение уравнений выполняется на основе модифицированного алгоритма Пауэлла [4] с конечно-разностной аппроксимацией Якобиана. Используется стандартная процедура

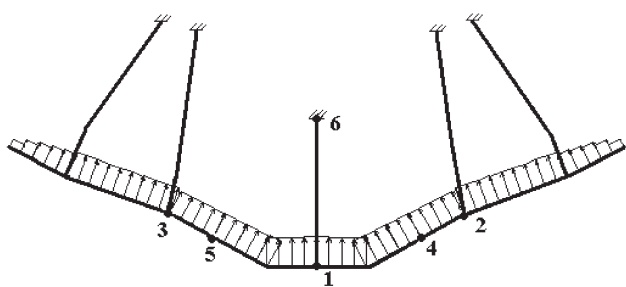


Рис. 5. Конечно-элементная схема носового крыла СПК «Комета» с нагрузкой

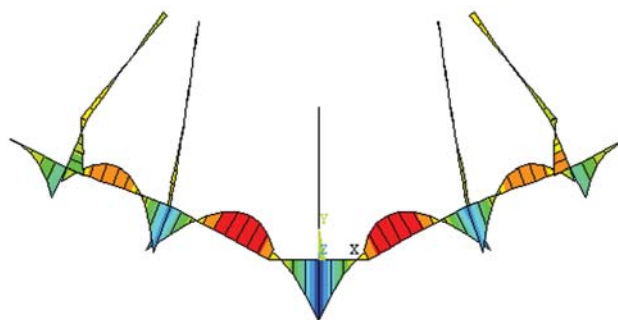


Рис. 6. Эпюра изгибающих моментов носового крыла СПК «Комета» при движении на вершине волны

NEQNF [5]. Приближенное решение для установившегося движения может быть получено при помощи простого перебора точек из базы данных. Находится набор величин, дающий минимальную ошибку в уравнениях равновесия, и рассчитываются углубление, угол дифферента и скорость судна.

Расчет напряженно-деформированного состояния, устойчивости и определение собственных частот КУ. Расчет реакции конструкции КУ на приложенные нагрузки традиционно проводится с помощью МКЭ. Программный комплекс ANSYS [6] позволяет решать линейные и нелинейные задачи прочности с использованием различных конечных элементов.

КУ представляется в виде пространственной рамы, жестко закрепленной на корпусе судна. Перемещения концов стержней крыла i и стойки j при линейном расчете можно связать друг с другом кинематическими уравнениями

$$\begin{aligned} U_{xi} &= U_{xi} - \theta_{yi} d_{ij}; & U_{yi} &= U_{yi} + \theta_{xi} d_{ij}; \\ U_{zi} &= U_{zi}; & \theta_{xi} &= \theta_{xi}; & \theta_{yi} &= \theta_{yi}; & \theta_{zi} &= \theta_{zi}, \end{aligned} \quad (4)$$

где d_{ij} — расстояние между концами стержней крыла i и стойки j ; U_{xi} , U_{yi} , U_{zi} и $U_{xi'}$, $U_{yi'}$, $U_{zi'}$ — линейные перемещения концов стержней i и j вдоль осей x , y и z ; θ_{xi} , θ_{yi} , θ_{zi} и $\theta_{xi'}$, $\theta_{yi'}$, $\theta_{zi'}$ — углы поворота концов стержней i и j относительно осей x , y и z .

Применяется балочный конечный элемент с шестью степенями свободы в узле и переменным по длине поперечным сечением. Поперечные сечения задаются (как и в гидродинамическом расчете) относительными координатами точек. Для сплошного профиля задается его хорда B , а для полого — кроме того, длины сплошных частей крыла (но-

жей) L_1 и L_2 и толщины верхней t_1 и нижней t_2 обшивки полой средней части (см. рис. 2). Геометрические характеристики поперечных сечений определяются с помощью численного интегрирования.

Передача гидродинамической нагрузки из AUTOWING в ANSYS выполняется автоматически. Безразмерные давления в контрольных точках на верхней и нижней сторонах профиля записываются во внешний файл в AUTOWING, а затем считываются в ANSYS. Разность давлений приводится к размерному виду. Интенсивность распределенной по размаху поперечной нагрузки и крутящего момента в точке, соответствующей центру поперечной полосы, определяется интегрированием по хорде распределенного по площади давления. Интегрирование выполняется численно на основе формулы Симпсона. Напряженно-деформированное состояние определяется на основе линейного расчета.

Задача устойчивости сводится к проблеме собственных значений. В линеаризованной постановке влиянием перемещений, предшествующих потере устойчивости, пренебрегают. Определяются значения параметра нагрузки, при которых появляются новые, отличные от исходной формы равновесия.

Собственные частоты и соответствующие им собственные формы колебаний системы также находятся из решения задачи на собственные значения. При частотном анализе учитывается присоединенная масса воды. Можно использовать приближенную формулу [7], согласно которой удельная масса воды на единицу длины определяется как

$$m_{np} = 0,25\pi\rho B^2. \quad (5)$$

В ANSYS присоединенная масса для балочного элемента вводится как реальная константа. Для элемента, ширина которого в первом узле равна B_1 , во втором — B_2 , выражение (5) принимает вид

$$m_{np} = 0,25\pi\rho[B_1^2 + B_1(B_2 - B_1) + (B_2 - B_1)^2/3]. \quad (6)$$

Расчет предельной прочности КУ. Для оценки предельной несущей способности КУ выполняется расчет для всех случаев нагружения с определением нагрузки, соответствующей наступлению фибровой текучести, образованию пластического шарнира в одном сечении и превращению конструкции КУ в кинематический механизм. Прежде всего, определяется момент предельного сопротивления в опасных сечениях (на опорах, в местах соединения и пересечения стержней, скачкообразного изменения жесткостных характеристик, а также максимального значения изгибающего момента в пролете стержней). Нейтральная линия при предельном состоянии смещается относительно положения ее в упругой стадии и делит площадь сечения пополам. Предполагается, что главные оси профилей несущей плоскости и стоек имеют горизонтальное и вертикальное направления. Для определения положения горизонтальной линии, делящей площадь сечения на две равные части, формулируется и решается безусловная задача математического программирования

$$C(h^*) = \begin{cases} \min_{0 < h < \max y_i} (F^U(h) - 0,5F)^2, & \text{если } F^U(0) > F^L(0); \\ \min_{\min y_i < h < 0} (F^L(h) - 0,5F)^2, & \text{если } F^U(0) < F^L(0), \end{cases} \quad (7)$$

где $F^U(h)$, $F^L(h)$ — площади верхней и нижней частей сечения, лежащие вы-

Расчет фибровой текучести пластических шарниров						
Характер движения	Фибровая текучесть	Пластический шарнир				
		№1	№ 2	№3	№4	№5
На тихой воде	$\frac{1,550}{1}$	$\frac{2,626}{1}$	$\frac{2,748}{2}$	$\frac{2,748}{3}$	$\frac{3,3162}{4}$	$\frac{3,3162}{5}$
На вершине волны	$\frac{1,075}{1}$	$\frac{1,821}{1}$	$\frac{1,893}{2}$	$\frac{1,893}{3}$	$\frac{2,315}{4}$	$\frac{2,315}{5}$
На циркуляции	$\frac{1,340}{1}$	$\frac{2,241}{3}$	$\frac{2,263}{1}$	$\frac{2,903}{2}$	$\frac{2,975}{4}$	$\frac{3,104}{6}$

ше и ниже прямой $y = h$; F — полная площадь поперечного сечения.

Для оптимального значения h^* определяются статические моменты инерции верхней и нижней частей сечения. Предельный момент сопротивления сечения $W_{пр}$ равен разности статических моментов инерции верхней и нижней частей. Предельное значение момента, который сечение стержня способно передать, $M_{пр} = R_{eH} W_{пр}$. Момент наступления фибровой текучести в опасном сечении $M_{пр} = R_{eH} W_{min}$ (здесь R_{eH} — предел текучести материала, W_{min} — минимальный момент сопротивления сечения).

Схема расчета напряженно-деформированного состояния крыла используется для определения значения предельной нагрузки заданной формы. Предполагая нагружение простым, все компоненты нагрузки изменяем пропорционально параметру нагружения λ . При достижении изгибающим моментом в одном из опасных сечений величины, равной предельному моменту $M_{пр}$ в данном сечении, расчетная схема изменяется. В найденном опасном сечении вводятся шарнир и система взаимно уравновешенных внешних моментов, равных внутренним моментам в данном сечении до введения шарнира. Увеличение внешней нагрузки продолжается до образования следующего пластического шарнира. Предельная нагрузка определяется параметром нагружения λ , при котором после введения очередного шарнира конструкция превращается в механизм.

В ANSYS ввод шарнира в узле i производится заданием дополнительного узла j , совпадающего с узлом i . Линейные перемещения узлов i и j равны друг другу, а углы поворота не связаны между собой. Кинематические уравнения связи имеют вид

$$u_i = u_j; v_i = v_j; w_i = w_j. \quad (8)$$

Конечные элементы стержней, соединяющиеся в шарнире, модифицируются путем изменения номеров узлов в месте шарнира. Внешние узловые моменты равны взятым с обратным знаком внутренним моментам, подсчитанным в глобальной системе координат.

Пример расчета по предлагаемой схеме носового крыла СПК типа «Комета». Разбиение несущей поверхности носового крыла на панели показано на рис. 3, свободной поверхности между носовым и кормовым крыльями — на рис. 4. Конечнo-элементная схема с гидродинамической распределенной нагрузкой после интегрирования по хорде для случая движения на вершине волны показана на рис. 5. В результате определено, что максимальные по модулю нормальные напряжения действуют в точке 1 и равны на тихой воде 157,31 МПа, на вершине волны — 225,53 МПа и на циркуляции — 181,51 МПа. Доля изгибных напряжений от M_y в точке 1 составляет соответственно 98,35; 98,53 и 98,7% от суммарных нормальных напряжений. На рис. 6 показаны эпюры изгибающих моментов M_y для случая движения на вершине волны.

Значение параметра нагрузки КУ λ (запас устойчивости для текущей нагрузки) на тихой воде 2,755, на вершине волны — 1,532 и на циркуляции — 2,757. Формы потери устойчивости совпадают для всех случаев нагружения.

Частота собственных колебаний без учета присоединенных масс воды составляет для первого тона 2,0715 Гц, второго — 15,706, третьего — 15,827, четвертого — 19,345 Гц. Частота собственных колебаний с учетом присоединенных масс воды составляет для первого тона 1,0534 Гц, второго — 9,7019, третьего — 12,484, четвертого — 13,614 Гц.

Результаты выполненного по предложенной схеме расчета на предельную нагрузку для носового КУ СПК типа «Комета» приведены в таблице, где в числителе приведен параметр нагружения λ , в знаменателе — номер опасного сечения, в котором образовался пластический шарнир (см. рис. 5). Для случаев движения на тихой воде и на вершине волны ввиду симметрии конструкции и нагрузки образуется два пластических шарнира одновременно (шарниры № 2 и 3, № 4 и 5). Фибровая текучесть наступает в точке 1, а первый пластический шарнир появляется в точке 3. Это вызвано тем, что в этих точках разное отношение: в точке 1 $W_{пр}/W_{min} = 1,696$, в точке 3 — 1,595.

Расчетный случай на циркуляции, в отличие от других, несимметричный, поэтому в нем не образуется два пластических шарнира одновременно.

Заключение. В работе предложены схема и алгоритмы расчета КУ с произвольной геометрией на прочность, устойчивость и колебания. Определение внешних нагрузок и распределение интегральных усилий по элементам несущих поверхностей учитывает особенности гидродинамической компоновки. Для реализации методики программные комплексы AUTOWING и ANSYS интегрированы в единую среду. Разработанная методика позволяет существенно расширить представление о работе КУ и повысить точность расчетов.

Литература

1. Kornev N. V., Treshkov V. K. Numerical Investigation of Nonlinear Unsteady Aerodynamics of the WIG Vehicle, Proceedings of the Intersociety High Performance Marine Vehicle Conference. Arlington, VA, USA, 1992.
2. Войткунский Я. И., Фаддеев Ю. И., Федяевский К. К. Гидромеханика. Л.: Судостроение, 1982.
3. Kornev N. V., Taranov A. E. Investigation of the Vortex-Wave Wake behind a Hydrofoil// Ship Technology Research. Vol. 46 (1). 1999.
4. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир, 1975.
5. IMSL. Fortran Subroutines for Mathematical Applications. Math/Library, Visual Numerics, Inc., Houston, Texas, 1994.
6. ANSYS. Basic Analysis Procedures Guide. Rel. 5.3/ANSYS Inc. Houston, 1994.
7. Прочность судов внутреннего плавания. Справочник/В. В. Давыдов, Н. В. Маттес, И. Н. Сиверцев, И. И. Трянин. М.: Транспорт, 1978.

УТОЧНЕННЫЕ РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОРПУСОВ ПОДВОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

А. И. Шитов, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика
А. Н. Крылова)

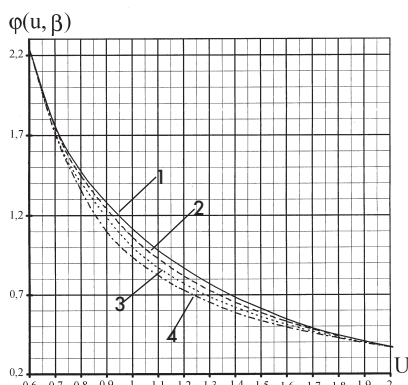
УДК 629.5.03

Теоретическое критическое давление потери устойчивости обшивки между шпангоутами цилиндрического прочного корпуса подводного аппарата или иного подводного технического средства (ПТС) в отечественной практике обычно определяют по формуле Мизеса [1]. Для упрощения вычислений в процессе проектирования получены различные аппроксимации формулы Мизеса, в которых исключается минимизация теоретического критического давления $P'_{кр}$ от числа волн потери устойчивости n . К ним следует отнести наиболее известные формулы Папковича, Уинденберга и Триллинга, Кудрина-Чернова [2].

Если при выводе формулы Мизеса учитывать исходное докритическое состояние, путем корректировки кольцевого усилия T_2^0 с помощью коэффициента K_2^0 , то эта формула приводится к виду

$$P'_{кр} = \frac{Et}{r[0,5\alpha^2 + K_2^0(n^2 - 1)]} \cdot \left[\frac{\alpha^4}{(\alpha^2 + n^2)^2} + \frac{\mu^2(\alpha^2 + n^2 - 1)^2}{12r^2(1 - \mu^2)} \right], \quad (1)$$

где E, μ — модуль упругости и коэффициент Пуассона материала корпуса; r, t — радиус и толщина корпуса; $\alpha = \pi r/l$; l — шпация; K_2^0 — ко-



Функция $\varphi(u, \beta)$:

1 — $\beta = 1$; 2 — $\beta = 2$; 3 — $\beta = 5$; 4 — $\beta = \infty$

эффициент, определенный в [3], зависящий от параметров $u = 0,642l/\sqrt{rt}$ и $\beta = lt/F$; F — площадь поперечного сечения шпангоута.

С помощью подстановок

$$x = \frac{n}{\alpha} = \frac{\alpha^2 t}{r} = \frac{4,068}{u^2}; \quad (n^2 - 1) \approx n^2 \quad (2)$$

из (1) получаем:

$$P'_{кр} = E(t/r)^2 \varphi_n(u, \beta, x), \quad (3)$$

где $\varphi_n(u, \beta, x) = \frac{1}{0,5 + xK_2^0(u, \beta)}$ •

$$\cdot \left[0,246 \frac{u^2}{(1 + x^2)^2} + 0,372 \frac{(1 + x^2)^2}{u^2} \right].$$

С целью сокращения объема вычислений по (3) функцию $\varphi_n(u, \beta, x)$ можно минимизировать по x , что позволяет для ее минимальных значений $\varphi(u, \beta)$ построить график только от двух параметров u, β (рис. 1). Тогда критическое давление определяется следующим образом:

$$P'_{кр} = E(t/r)^2 \varphi(u, \beta). \quad (4)$$

Из графика на рис. 1 видно, что учет докритического напряженного состояния может давать существенную поправку к формуле Мизеса, в которую переходит (4) при $\beta = \infty$ ($K_2^0 = 1$). Цилиндрические оболочки корпусов ПТС обычно имеют параметры $1 < u < 1,3$; $2 < \beta < 5$. Для таких оболочек поправки к формуле Мизеса составляют $7 \pm 15\%$, имея тенденцию к увеличению при уменьшении β , т. е. с ростом относительной площади поперечного сечения шпангоутов.

Теоретическое критическое давление потери устойчивости $P'_{кр1}$ цилиндрической оболочки корпуса ПТС вместе со шпангоутами (общая потеря устойчивости) вычисляется обыч-

но по известной формуле В. В. Новожилова [1, 2, 4].

Учет дискретности и эксцентриситета шпангоутов, выполненный В. М. Рябовым [5], позволил получить при наружном расположении шпангоутов уточненные значения критического давления.

Для оболочек корпусов ПТС обычно выполняется условие $1 + (z_0/r) \approx 1$, тогда из формул, приведенных в [6], можно получить:

$$P'_{кр1} = \frac{E}{0,5\alpha_1^2 + n^2 - 1} \left[\frac{\mu\alpha_1^4}{r(\alpha_1^2 + n^2)^2} + \frac{\lambda l_1}{r^3 l} (n^2 - 1)^2 \right], \quad (5)$$

где $\alpha_1 = \pi r/L$; L — расчетная длина оболочки; z_0 — отстояние центра тяжести шпангоута от срединной поверхности обшивки; l_1 — момент инерции шпангоута с присоединенным пояском обшивки;

$$\lambda = \frac{1}{1 + \omega H_1^2}; \quad H_1 = 1 + \left| \frac{z_0}{r} \right| (n^2 - 1);$$

$$\omega = \frac{u - 0,75}{1 + \beta}.$$

При выводе (5) использованы очевидные соотношения:

$$l_1^3 \gg \frac{l^3}{12}; \quad l_1 \gg \omega H_1^2 i.$$

Кроме того, пренебрегая поправкой к первому члену в квадратных скобках (5), принимаем следующее допущение:

$$1 + \frac{\lambda}{1 + \beta} \left(\mu \frac{n^2}{\alpha_1^2} - 1 \right) \cdot \left[2 \frac{z_0}{r} (n^2 - 1) + \frac{\mu \frac{n^2}{\alpha_1^2} - 1}{\left(\frac{n^2}{\alpha_1^2} + 1 \right)^2} \right] \approx 1 \quad (6)$$

Оценим величину сделанного допущения (6). Результаты соответствующих вычислений, определяющие погрешность допущения для характерных параметров корпусов ПТС ($u = 1,3$; $\beta = 3$; $|z_0/r| = 0,05$), приведены в таблице.

В выражении (6) пренебрегаем значением графы XI таблицы по сравнению с единицей. Из приведенных

Результаты вычислений погрешности принятого допущения

α_1	n	$\frac{n}{\alpha_1}$	$\frac{z_0}{r}(n^2-1)$	$\mu \frac{n^2}{\alpha_1^2} - 1$	$\left(\frac{n^2}{\alpha_1^2} + 1\right)$	$\frac{V}{VI}$	$\frac{\lambda}{1+\beta}$	V-VIII	IV+VII	X-IX
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
0,50	2	4,0	-0,3	3,80	289	0,013	0,212	0,806	-0,287	-0,231
0,66	2	3,0	-0,3	1,70	100	0,017	0,212	0,360	-0,283	-0,102
1,00	2	2,0	-0,3	0,20	25	0,008	0,212	0,042	-0,292	-0,012
1,50	2	1,3	-0,3	-0,49	7,24	-0,068	0,212	-0,104	-0,368	0,038
1,50	3	2,0	-0,8	0,20	25	0,008	0,197	0,039	-0,792	-0,031
2,00	3	1,5	-0,8	-0,32	10,6	0,030	0,197	-0,063	-0,830	0,052
2,00	4	2,0	-1,5	0,20	25	0,008	0,176	0,035	-1,492	-0,052
3,00	4	1,3	-1,5	-1,49	7,24	-0,068	0,176	-0,086	-1,568	0,135

данных следует, что значительная погрешность имеет место для очень длинных отсеков $\alpha_1 < 0,66$ или для очень коротких $\alpha_1 > 3,0$.

Полученная при $\alpha_1 < 0,66$ погрешность практически не влияет на результат определения $P'_{кр1}$, поскольку сама величина вычисляемого с погрешностью первого члена формулы (5) для длинных отсеков мала по сравнению со вторым членом (шпангоуты работают практически как изолированные кольца). Короткие отсеки длиной порядка радиуса корпуса ($\alpha_1 = 3,0$) в ПТС не применяются, поэтому приведенное значение по-

грешности (~13%) первого члена в формуле (5) имеет только теоретический интерес, определяющий область допустимого использования формулы.

Таким образом, предложенные для практического использования формулы (4) и (5) обладают достаточной простотой, что позволяет применять их на всех этапах проектирования, эксплуатации и ремонта ПТС, а также дают возможность получать уточненные расчетные оценки теоретического критического давления как при потере устойчивости обшивки (учитывается докритическое напря-

женное состояние), так и при общей потере устойчивости отсека с наружными шпангоутами (учитывается дискретность и эксцентриситет шпангоутов). Формула (5) по структуре приведена к формуле В. В. Новожилова, которая используется для отсеков с внутренними шпангоутами, что упрощает процедуру выполнения расчетов устойчивости отсеков ПТС для различных случаев расположения шпангоутов.

Литература

1. Справочник по строительной механике корабля. Л.: Судостроение, 1982.
2. Томашевский В. Т., Астащенко О. Г., Яковлев В. С. Прочность подводной лодки. СПб.: Изд. ВМОЛОРУА им. адм. Н. Г. Кузнецова, 1994.
3. Папкович П. Ф. Строительная механика корабля. М.: Морской транспорт, 1947.
4. Соломенко Н. С., Абрамян К. Г., Сорочкин В. В. Прочность и устойчивость пластин и оболочек судового корпуса. Л.: Судостроение, 1967.
5. Рябов В. М. Устойчивость подкрепленной поперечным набором цилиндрической оболочки // Сб. докл. XIV научно-техн. конф. по строительной механике корабля. Вып. 74. Л.: Изд. НТО судостроительной промышленности, 1966.
6. Правила классификации и постройки обитаемых подводных аппаратов и глубоководных водолазных комплексов. Часть II. Корпус. СПб.: Морской регистр судоходства, 1993.

ВЛИЯНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВСТАВКИ НА ЛЕДОВУЮ ХОДКОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ

К. Е. Сазонов, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 629.5.015.2:629

Одним из перспективных типов судов, планы постройки которых активно обсуждаются в печати последнее время [1, 2], являются крупнотоннажные танкеры ледового плавания, предназначенные для транспортировки нефти с месторождений, расположенных на шельфе замерзающих морей, а также круглогодичного вывоза нефти с новых отгрузочных терминалов, создаваемых на побережье Балтийского моря. Экономическая эффективность при эксплуатации таких судов может быть обеспечена только путем существенного увеличения дедефта по сравнению с ныне существующими танкерами ледового плавания. Конструктивно увеличение дедефта приведет к значительному увеличению протяженности цилиндрической вставки, которая может составить более

50% длины корпуса. Таким образом, цилиндрическая вставка становится одним из основных конструктивных элементов судна, который может оказывать существенное влияние на ледовую ходкость и управляемость танкеров.

Вопросам изучения ледовых качеств крупнотоннажных судов посвящен ряд работ [3, 4], в которых эти качества рассматривались в целом для судна и внимание на роль цилиндрической вставки не акцентировалось. Следует отметить, что ее влияние на те или иные ледовые характеристики судна обычно тоже отдельно не анализировалось. Например, сопротивление движению судна, возникающее при взаимодействии притопленного корпусом льда с цилиндрической вставкой,

рассматривалось совместно с сопротивлением всей подводной части корпуса. Исключение составляет лишь метод расчета ледового сопротивления, предложенный Б. П. Ионовым [5], в котором сопротивление цилиндрической вставки рассматривается как одна из составляющих полного ледового сопротивления. Отсутствие интереса к цилиндрической вставке обуславливалось неразвитостью этого конструктивного элемента у большинства ледоколов и судов активного ледового плавания.

Рассмотрим вопросы, связанные с определением ледового сопротивления цилиндрической вставки. Традиционная схема расчета заключается в следующем. Льдина, находящаяся в районе наклонного борта или днища, силой плавучести прижимается к обшивке корпуса. В этом случае нормальное усилие N и сила сопротивления R вычисляются по формулам

$$N = (\rho_w - \rho_l)gh_1S_1\sin\beta ; \quad (1)$$

$$R = f_{1D}N\cos\psi , \quad (2)$$

где ρ_w, ρ_l — плотность воды и льда соответственно; h_l, S_l — толщина и площадь льдины; β — угол наклона шпангоута к вертикали в сечении, перпендикулярном обшивке корпуса в рассматриваемой точке; f_{ID} — коэффициент динамического трения между льдом и обшивкой корпуса; ψ — угол между направлением вектора скорости льдины в рассматриваемой точке и осью абсцисс.

Из формулы (1) следует, что льдины, находящиеся у вертикального борта ($\beta = 0$), с ним не взаимодействуют, и эта составляющая полного ледового сопротивления для вертикального борта равна 0. В настоящее время наблюдается тенденция проектировать крупнотоннажные ледокольные танкеры с вертикальными бортами. Существующая теория предсказывает нулевое значение сопротивления на цилиндрической вставке с вертикальными бортами независимо от ее размеров. Этот вывод вызывает интуитивный протест. Трудно представить, что столь обширные поверхности не будут подвергаться воздействию льда. Поэтому представляется целесообразным провести ревизию существующей теории, попытаться определить физические причины, способные привести к взаимодействию льдин и вертикальных бортов цилиндрической вставки, а также разработать расчетные зависимости.

Формулы (1) и (2) содержат в себе явное физическое противоречие. Для того, чтобы могла реализоваться сила плавучести в виде (1), требуется отсутствие контакта льдины с другими телами, кроме жидкости. В формуле (2) предполагается, что вся величина проекции силы плавучести на нормаль к поверхности корпуса реализуется для создания силы сухого трения, т. е. трения, возникающего при механическом контакте между двумя твердыми телами.

Это физическое противоречие может быть легко устранено, если предположить, что каждая находящаяся у подводной поверхности корпуса льдина имеет с этой поверхностью некоторую зону контакта. В этом случае возникнет дополнительная сила «присоса», так как давление воды со стороны обшивки корпуса будет реализовываться на меньшей площади. Для описания этого эффекта введем коэффициент k_l , по-

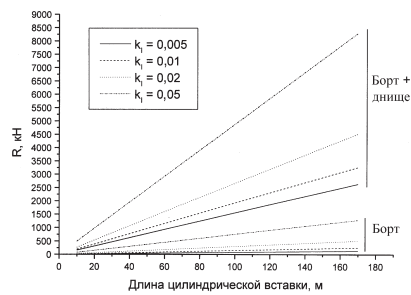


Рис. 1. Ледовое сопротивление вертикальных бортов и днища в зависимости от протяженности цилиндрической вставки и площади зоны контакта

казывающий, какую часть площади поверхности льдины составляет зона контакта с обшивкой корпуса. Площадь этой зоны S_K определяется по формуле

$$S_K = k_l S_l. \quad (3)$$

Рассмотрим сопротивление, которое создает льдина, соприкасающаяся с плоской поверхностью днища. Баланс сил, действующих на льдину, может быть записан следующим образом:

$$\rho_w g(T + h_l) S_l = \rho_w g T(1 - k_l) S_l + \rho_l g h_l S_l + N_l, \quad (4)$$

где T — осадка судна; N_l — нормальная к плоскости днища сила взаимодействия льдины и корпуса судна.

Сила сопротивления R может быть рассчитана по формуле

$$R = f_{ID} N_l = f_{ID} (\rho_w - \rho_l) g h_l S_l \left(1 + k_l \frac{\rho_w T}{\rho_w - \rho_l} \cdot \frac{1}{h_l} \right). \quad (5)$$

Выражение, стоящее перед скобками в формуле (5), представляет собой величину силы сопротивления, определенную по ранее применявшейся методике (1) и (2). Величина в скобках — поправка k_R , рассчитанная на основании вышеизложенного. Зависимость величины этой поправки от значения коэффициента k_l , а также от толщины льда и осадки судна, представлена на рис. 1. Как видно, с ростом коэффициента k_l существенно возрастает ледовое сопротивление. Ледовое сопротивление днища также повышается при увеличении осадки и незначительно уменьшается при увеличении толщины преодолеваемого судном льда. В настоящее время невозможно точно определить величину коэффициента k_l . Для это-

го необходимо провести специальные модельные эксперименты. На данном этапе наиболее правдоподобным представляется, что суммарная площадь контакта льдин с днищем составляет 0,5—5% площади днища. Из графиков, приведенных на рис. 2, следует, что при такой малой площади контакта возможно существенное увеличение силы трения между днищем и льдинами.

По-видимому, описанным физическим механизмом можно объяснить увеличение полного ледового сопротивления судна при движении в заснеженных льдах, которое неоднократно отмечалось различными исследователями [5, 6].

Силу «присоса» можно ввести и при рассмотрении взаимодействия льдины и вертикального борта. Величина ледового сопротивления вертикальных бортов может быть вычислена по следующей формуле, записанной для средней по осадке судна величины гидростатического давления

$$R = 2 f_{ID} k_l \frac{\rho_w g}{2} T^2 L_{PB}, \quad (6)$$

где L_{PB} — длина цилиндрической вставки (множитель 2 учитывает наличие двух вертикальных бортов).

На рис. 1 представлены результаты расчетов по этой формуле. Графики свидетельствуют о том, что на вертикальных бортах может реализовываться достаточно большая сила сопротивления, и она существенным образом зависит от протяженности цилиндрической вставки. Очевидно, что при небольших размерах вставки ее влиянием на общее ледовое сопротивление можно пренебречь. В этом случае вполне допустимо считать, что на вертикальных бортах не возникает сила сопротивления. Для крупнотоннажных судов такой подход неприемлем. Ледовое сопротивление цилиндрической вставки должно учитываться при определении полного ледового сопротивления.

Помимо результатов расчетов по формуле (6), на рис. 1 представлены данные о суммарном сопротивлении вертикальных бортов и плоского днища (формула 5). Расчеты проводились по предложенной методике с учетом наличия зоны контакта льдин с корпусом. В итоге можно сделать вывод о том, что плоские

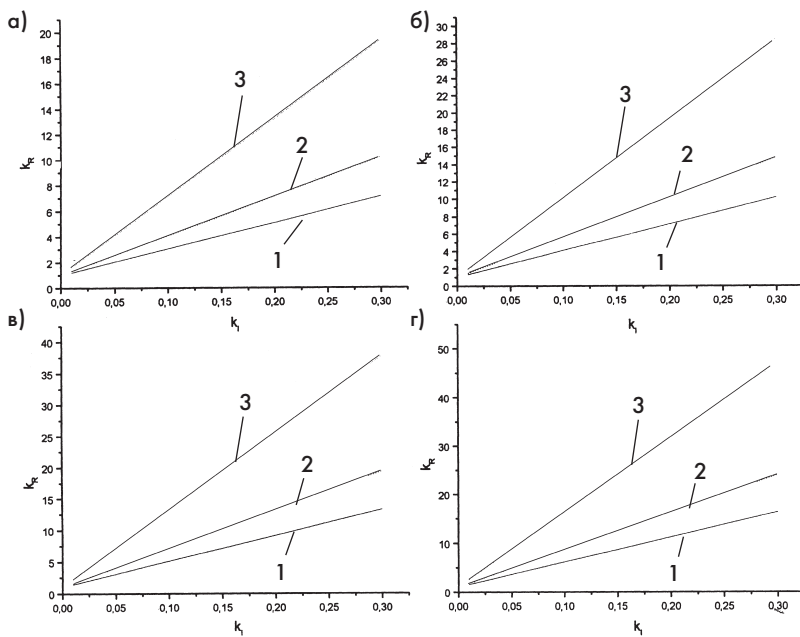


Рис. 2. Увеличение ледового сопротивления трения днища в зависимости от толщины льда h при осадке судна 6 м (а), 9 м (б), 12 м (в) и 15 м (г): 1 – $h = 0,5$ м; 2 – $h = 1,0$ м; 3 – $h = 1,5$ м

участки корпуса, взаимодействующие с притопленным льдом, могут создавать значительное ледовое сопротивление.

Рассмотрим результаты расчетов по исследованию влияния размеров цилиндрической вставки на характеристики ледовой управляемости. Эти расчеты проводились с использованием математических моделей взаимодействия криволинейно движущегося судна со льдом [7]. В качестве объектов исследования был выбран ледокол и крупнотоннажный танкер ледового плавания, что обуславливалось необходимостью изучения влияния различных конструктивных элементов корпуса на характеристики его управляемости. Данные натурных замеров, выполненных во время арктического рейса крупнотоннажного танкера «Манхеттен», показали неудовлет-

ворительные характеристики поворотливости таких судов в ледовых условиях [8]. Влияние цилиндрической вставки на характеристики ледовой управляемости оценивалось величиной радиуса циркуляции судна, отнесенной к базовому значению этого радиуса. Базовое значение радиуса циркуляции рассчитывалось для судна, на котором еще не проводилось варьирование длины цилиндрической вставки.

На рис. 3 продемонстрирован характер изменения характеристик управляемости ледокола при увеличении длины цилиндрической вставки. Базовый вариант ледокола не имел цилиндрической вставки, поэтому изменение ее длины показано в размерных величинах. Анализ расчетных данных показывает, что увеличение длины цилиндрической вставки приводит к увеличению радиуса циркуляции. Однако это увеличение незначительно. Появление 20-метровой вставки в средней части стометрового ледокола приводит лишь к 30%-му росту радиуса циркуляции.

Другая картина наблюдается при изучении влияния изменения длины цилиндрической вставки на крупнотоннажном танкере, базовый вариант которого имел цилиндрическую вставку длиной 160 м. На рис. 4 изменение относительного радиуса циркуляции показано в зависимости

от процента уменьшения или увеличения базовой длины цилиндрической вставки. При анализе расчетных данных заметна существенная нелинейность полученной зависимости. Уменьшение длины вставки на 20% уменьшает радиус циркуляции всего на 40%, в то же время увеличение длины вставки на 10% увеличивает радиус на 80%, а 20%-е увеличение длины вставки приводит вообще к невозможности выполнения маневра в расчетных ледовых условиях. Этот факт может быть объяснен нелинейной зависимостью ледового момента, препятствующего повороту судна, от длины цилиндрической вставки. Так, для базового танкера увеличение длины вставки при сохранении постоянной общей длины судна приводит к трансформации носовой оконечности. Часть носовой оконечности превращается в цилиндрическую вставку, а длина заостренной части уменьшается, что резко увеличивает ледовые силы, приложенные в районе носовой оконечности судна по сравнению с базовым танкером, причём эти силы приложены на большом расстоянии от центра тяжести. В случае уменьшения размеров вставки, зона расположения вертикальных бортов смещается к миделевому сечению по сравнению с базовым вариантом, т. е. при этом улучшаются условия взаимодействия со льдом участков борта, расположенных на относительно небольших расстояниях от центра тяжести. Поэтому при уменьшении длины цилиндрической вставки снижение ледового момента меньше, чем его возрастание при увеличении длины вставки.

Анализируя данные, приведенные на рис. 3 и 4, можно сделать предварительный вывод о характере влияния длины цилиндрической вставки на параметры ледовой уп-

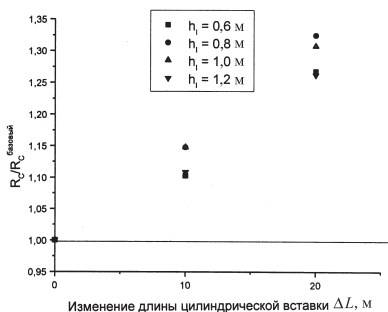


Рис. 3. Влияние изменения длины цилиндрической вставки на радиус циркуляции ледокола

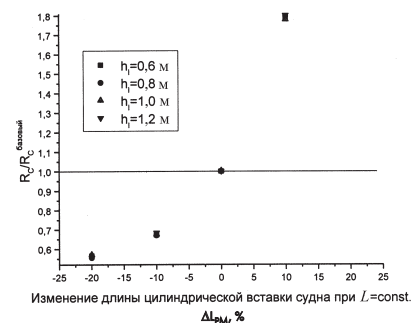


Рис. 4. Влияние изменения длины цилиндрической вставки на радиус циркуляции крупнотоннажного танкера

правляемости. Наибольшее влияние она оказывает в тех случаях, когда ее длина превышает 50% длины корпуса судна. В этих случаях вставка может взаимодействовать со льдом со стороны внутреннего, по отношению к центру, поворота борта. Это сразу приводит к возрастанию момента сопротивления вращению судна и росту сопротивления льда его движению.

Представленные исследования свидетельствуют о существенном влиянии цилиндрической вставки на ледовую ходкость и управляемость. Целесообразно дальнейшее изучение этого влияния как экспе-

риментально, так и теоретически. Кроме того, необходим поиск инженерных решений, направленных на снижение отрицательного влияния цилиндрической вставки на характеристики ледовой ходкости и управляемости.

Литература

1. Шуляковский О. Б., Орлов О. П., Родионов Н. Н. Проблемы транспортировки нефти в арктическом регионе // Морской вестник. 2002. № 1.
2. Александров В. Л., Киреев В. Н., Грубов Д. А. Крупнотоннажный арктический танкер — как им ему быть? // Морской вестник. 2002. № 2.
3. Апполонов Е. М., Нестеров А. Б., Сазонов К. Е. Обеспечение ледовых качеств крупнотоннажных арктических танкеров // Труды 6-й Междунар. конф. по судам и морским

конструкциям в холодных регионах, ICETECH'2000. СПб., 2000.

4. Куликов Н. В., Сазонов К. Е. Взаимодействие с ледоколом крупнотоннажных судов при плавании во льдах // Морской вестник. 2002. № 2.
5. Ионов Б. П., Грамузов Е. М. Ледовая ходкость судов. СПб.: Судостроение, 2001.
6. Рывлин А. Я., Хейсин Д. Е. Испытания судов во льдах. Л.: Судостроение, 1980.
7. Сазонов К. Е. Математические модели для описания ледовых воздействий на корпус судна, движущегося во льдах по криволинейной траектории // Проблемы динамики судна. Сб. статей, посвященных 85-летию со дня рождения Г. А. Фирсова, 1998.
8. Mookhoek A. D., Voelker R. P., DeBord F. W. Summary of Selected Technical Results from Manhattan Arctic Marine // Proc. 6th Ship Technology and Research (STAR) Symposium. Ottawa, Canada, 1981.

АНАТОЛИЮ ВЛАДИМИРОВИЧУ БРОННИКОВУ — 80 ЛЕТ

2 января 2004 г. исполнилось 80 лет Анатолию Владимировичу Бронникову, доктору технических наук, профессору кафедры проектирования судов СПбГМТУ. А. В. Бронников родился в г. Рузаевке в семье врача. В 1941 г. поступил в Ленинградский кораблестроительный институт, с которым в дальнейшем была связана вся его жизнь. Вместе с институтом эвакуировался в Горький (Нижний Новгород), откуда ушел на фронт. Окончив Смоленское пехотное училище, принимал участие в боях, был командиром взвода минометчиков. После тяжелого ранения и излечения его комиссовали, и весной 1944 г. он продолжил обучение на кораблестроительном факультете ЛКИ.

В 1952 г. защитил кандидатскую, а в 1973 — докторскую диссертации. С 1952 г. преподает на кафедре проектирования судов ЛКИ, пройдя путь от ассистента до заведующего кафедрой. В работе Анатолия Владимировича всегда отличают исключительная научная добросовестность, пунктуальность и эрудированность. Его имя стоит в одном ряду с именами выдающихся ученых-кораблестроителей, творцов отечественной школы кораблестроителей-проектантов К. П. Боклевского, В. Л. Поздюнина, Л. М. Ногида, В. В. Ашика, учебники и монографии которых составляют славу кораблестроительной науки нашей страны.

В 1963—1966 гг. А. В. Бронников выполнял обязанности советника ректора Амбонского технологического института, строившегося Советским Союзом в Индонезии, где про-



вел большую работу по комплектованию и подготовке преподавательского состава, составлению учебных планов и программ. В 1967 г. был направлен в Болгарию, где читал курс лекций по проектированию судов в техническом институте Варны. В 1962—1966 гг. являлся экспертом в рабочей группе ИМКО (Межправительственной морской консультативной организации) по остойчивости неповрежденных судов. С докладами и семинарами побывал в вузах ГДР и Польши.

Как выдающийся ученый-кораблестроитель и прекрасный педагог неоднократно направлялся для оказания помощи в развитии учебно-методической и научной работы на кораблестроительных факультетах различных вузов страны — в качестве лектора, консультанта, председателя государственной экзаменационной комиссии (Николаевский кораблестроительный институт, Одесский ин-

ститут инженеров водного транспорта, Комсомольский-на-Амуре политехнический институт, Севастопольский приборостроительный институт, Горьковский политехнический институт).

Научные исследования, принесшие Анатолию Владимировичу известность, относятся, в основном, к области теории проектирования судов и проблемам проектирования ледоколов, судов ледового плавания и морских гражданских судов различных типов и назначения. Он является автором 90 научных работ, в том числе 26 учебников и учебных пособий. Среди них — учебники «Особенности проектирования морских транспортных судов», «Проектирование судов», учебное пособие-монография «Морские транспортные суда» и др. Под научным руководством А. В. Бронникова подготовлены 11 кандидатов технических наук. Анатолий Владимирович был членом пяти специализированных советов по защитах диссертаций в СПбГМТУ и ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, участвовал в работе НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова.

За боевую деятельность и трудовые достижения Анатолий Владимирович награжден орденами Отечественной войны I степени и «Знак Почета», медалью «За отвагу» и 14-ю другими медалями.

Когда мы говорим о человеке «ветеран», то подразумеваем опыт и мудрость. К Анатолию Владимировичу Бронникову это относится в полной мере.

ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ НА ВОЛГЕ

К 50-летию ОАО ЦКБ «Лазурит»

А. А. Постнов, главный специалист (ОАО ЦКБ «Лазурит»)

УДК 623.829.2

В октябре 2003 г. ОАО ЦКБ «Лазурит» отметило 50-летие конструкторского коллектива. Подводные лодки, построенные по проектам бюро, находились и находятся в составе ВМФ России и многих государств — КНР, КНДР, Египта, Польши, Болгарии, Сирии и др. (в КНР и КНДР построено более 100 подводных лодок по его проектам). В Индии три года находилась в аренде атомная подводная лодка пр. 670.

Подводные лодки (ПЛ) на Волге появились в гражданскую войну. Осенью 1918 г. из Петрограда в Саратов по железной дороге были переведены четыре боевые ПЛ, одни из первых лодок страны («Касатка», «Макрель», «Окунь» и «Миного»), построенные на Балтийском заводе по проекту корабельного инженера — нижегородца И. Г. Бубнова.

В декабре того же года в Нижний Новгород на Сормовский завод для организации работ по вооружению и дооборудованию судов Волжской военной флотилии в качестве технического директора был направлен корабельный инженер Н. Н. Кутейников — активный пропагандист подводного кораблестроения. Он правильно оценил географическое положение Сормова, его возможности по строительству боевых кораблей в глубоком тылу страны. По прибытии в Сормово он предпринимал действия по организации специального конструкторского бюро. Однако в 1920 г. он заразился сыпным тифом, заболел пневмонией и скончался в январе 1921 г.

К строительству ПЛ на заводе «Красное Сормово» приступили в 1929 г. Первая ПЛ Щ-304 «Комсомолец» была заложена 23 февраля 1930 г. на стапеле «Собачьей площадки» (где через 33 года был построен производственный корпус ЦКБ «Лазурит»). Здесь же находилось небольшое двухэтажное кирпичное здание, в котором размещался специальный отдел (начальник П. И. Макаркин), который был организован для руководства строительством ПЛ. Техническим директором в те годы был выдающийся корабельный инженер В. П. Лебедев, строивший перед русско-японской войной броненосцы в Санкт-Петербурге.

В штате спецотдела были два конструктора-практика А. В. Бойцов и И. Д. Игнатьев, которые в годы первой мировой войны работали в Ревеле в конструкторском отделе у Г. Г. Бубнова (младшего брата И. Г. Бубнова) и разрабатывали рабочие чертежи известной русской ПЛ «Барс».

В 1931 г. на заводе «Красное Сормово» для обслуживания строительства ПЛ была организована конструкторская группа (руководитель И. Д. Игнатьев); в ней начал работать первый дипломированный инженер А. П. Овчинников (в будущем первый начальник проектного отдела ЦКБ «Лазурит»). В спецотделе начинали работать и будущий начальник отдела вооружения того же бюро И. В. Чурдалев — лауреат Ленинской премии, ведущие инженеры-конструкторы ЦКБ «Лазурит» В. Г. Беляев и Д. И. Красовский. Здесь же трудился начальник Кронштадтской сдаточной базы завода «Красное Сормово» в предвоенные годы и начальник отдела специального судостроения в годы войны — М. И. Лернер.

В 1935 г. в конструкторском бюро завода был организован первый конструкторский сектор подводного судостроения (начальник И. Д. Игнатьев), который участвовал в обслуживании строительства всех ПЛ на заводе, а их в предвоенные годы было построено 32 ед. В 1940 г. сормовским конструкторам, как и ЦКБ-18 (ЦКБ МТ «Рубин»), по решению правительства была поручена разработка проекта ПЛ «открытого моря» (развитие ПЛ типа «Щука»), но работы над ними были прекращены в начале войны, когда завод перешел на серийное строительство танков «Т-34».

В 1942 г. строительство ПЛ на заводе было возобновлено по довоенным проектам. Для этого организовали судостроительный отдел во главе с М. И. Лернером, назначенным одновременно заместителем главного инженера завода. В этом отделе была образована конструкторская группа под руководством А. П. Овчинникова. В годы войны она привлекалась к отработке рабочих чертежей для постройки ПЛ XV серии по новой технологии — секционнно-блочным методом. Вскоре строительство ПЛ этого проекта было передано в Ленинград на «Судомех», но работа не пропала даром, ее результаты широко использовали при отех-



Первый сектор сормовских конструкторов-подводников. В первом ряду второй справа — начальник сектора И. Д. Игнатьев, во втором ряду крайний справа — А. П. Овчинников

ноложивании рабочих чертежей ПЛ под крупносерийное строительство пр. 613. К этой работе привлекли более 100 заводских конструкторов, в числе которых были и широко известные на заводе специалисты В. М. Керичев, В. К. Шапошников, А. П. Овчинников, М. И. Воронин, С. Н. Якимовский, В. П. Воробьев, И. И. Краковский, А. И. Тумаков, С. А. Чепурнов, М. М. Пилярский и другие, а также технологи завода Л. Н. Краснопольский, В. В. Галка, Б. М. Зубков, Л. В. Ляпидевский и др.

В конструкторском отделе завода было создано специальное подразделение подводного судостроения, включающее в себя несколько специализированных групп для оперативного решения вопросов модернизации во время строительства ПЛ пр. 613.

Коллектив этого подразделения в разные периоды своего существования состоял из 100—120 чел. Руководителями подразделения являлись заместитель главного конструктора завода С. Н. Якимовский и руководитель группы А. П. Овчинников, в ведении которого, кроме организационных, были общепроектные вопросы, теория корабля, весовая нагрузка и прочность. Решением вопросов по устройствам занималась группа М. Г. Антипина, по энергетической установке — группа А. Я. Курицына, по электрооборудованию — группа Н. С. Чусова, по системам — группа Н. В. Осинина, по корпусу — группа А. И. Амениц-

кого, по вооружению — группа С. А. Розенберга.

Изучение опыта ведущего предприятия по проектированию подводных лодок — ЦКБ-18, большая группа конструкторов которого под руководством зам. главного конструктора А. П. Соловьева участвовала в отехнологивании чертежей на заводе, помогло созданию на базе конструкторского отдела завода самостоятельного бюро подводного судостроения.

30 апреля 1953 г. приказом № 00145 министра тяжелого и транспортного машиностроения В. А. Малышева в соответствии с постановлениями правительства о даль-

нейшем развитии подводного судостроения от 19 февраля и 18 апреля 1953 г. и, учитывая, что на заводе «Красное Сормово» к этому времени уже сложился коллектив высококвалифицированных конструкторов, обладающих большим опытом строительства и сдачи ПЛ, было образовано специальное конструкторское бюро СКБ-112. Его начальником назначили главного инженера ЦКБ-18 — главного конструктора ПЛ пр. 613 — З. А. Дерибина, главным инженером — заместителя главного инженера завода по подводному судостроению В. П. Воробьева. Созданному бюро поручалось проектирование и модернизация ПЛ среднего водоизмещения и обслуживание строительства ПЛ пр. 613 на четырех заводах страны. Планы работы СКБ-112 предусматривали и проектирование средней ПЛ пр. 633 как развитие пр. 613.

Для усиления творческого потенциала бюро из Ленинграда были командированы, кроме З. А. Дерибина, конструкторы ЦКБ-18 (А. П. Соловьев, Н. М. Вавилов и другие — всего около 30 чел.). Некоторые из них в дальнейшем переехали в Горький на постоянную работу (В. В. Рымгайло, М. И. Комарова, А. М. Охлопкова, Г. Ф. Знаменская, Ф. Я. Некоркина и др.). К разработке проекта были также привлечены известные конструкторы-подводники М. Г. Русанов (в будущем — главный конструктор атомной ПЛ пр. 705) и Г. Я. Светаев (в дальнейшем — начальник проектного отдела СПМБМ



Атомная подводная лодка пр. 670 «Скат» в Индийском океане, 1988 г.

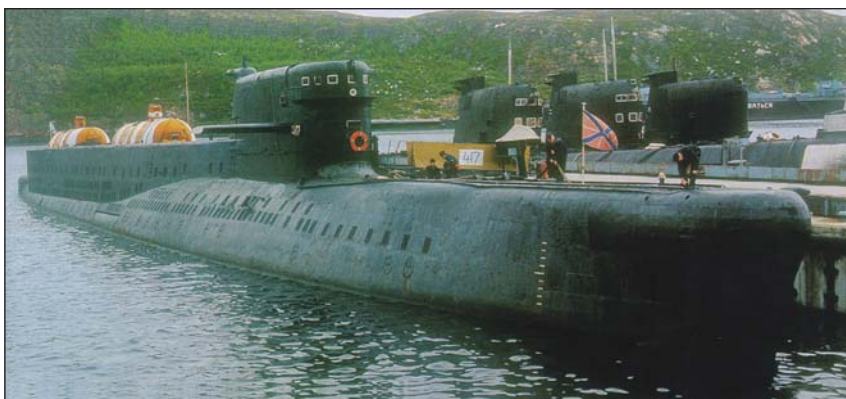


Атомная подводная лодка пр. 945А «Нижний Новгород». Западная Лица, 1996 г.

«Малахит»), которых незадолго до этого освободили из заключения.

Первый проект ПЛ, разработанный СКБ-112 под руководством З. А. Дерибина, удался. Бюро не только защитило технический проект,

ми ракетами пр. 644 (два контейнера), проектантом являлось ЦКБ-18. Потом ЦКБ-112 разработало свой пр. 665 (четыре контейнера), главным конструктором которого



Спасательная подводная лодка пр. 940 «Ленок»

но и предложило свой инициативный вариант — пр. 633И. По этому проекту за четыре года завод построил 20 ПЛ, которые были лучшими средними дизель-электрическими ПЛ того времени. Спустя полтора года, СКБ-112 подготовило и передало техническую документацию этого проекта Китаю. Эти ПЛ большими сериями строились в КНР и КНДР.

СКБ-112 вышло из состава завода в 1956 г., оно стало называться ЦКБ-112 (начальник и главный конструктор В. П. Воробьев, главный инженер Ф. Ф. Малышев) и активно участвовало в освоении ракетного оружия. Сначала бюро вело обслуживание переоборудования по пр. П613 (устанавливали один контейнер), затем было привлечено к разработке рабочих чертежей первой боевой ПЛ с крылаты-

был Б. А. Леонтьев, его заместителями — А. А. Волков и Н. И. Кваша.

ЦКБ вело также большую работу по совершенствованию спаса-

тельной техники для ПЛ: разрабатывает проект модернизации 613С с новыми спасательными устройствами (главный конструктор С. Н. Якимовский), первую рабочую подводную камеру РК-680, облегчающую работу водолазов (Г. А. Соколов), первый в мире подводный спасательный аппарат УПС (С. Н. Якимовский), проект первой в мире опытной спасательной ПЛ (пр. 666).

В пятидесятые годы группа молодых конструкторов под руководством В. К. Шапошникова выполнила поисковые проектные работы атомной ПЛ пр. 670, по которому в дальнейшем завод построил 11 ед. (главный конструктор В. П. Воробьев, заместители В. К. Шапошников, А. Г. Лещев, М. М. Пилярский). В 1970 г. этот проект отмечен Ленинской премией (В. П. Воробьев, Ю. Б. Бабанский, К. С. Старцев, В. И. Субботин, Ф. И. Чувев, И. В. Чурдалев).

В 1963 г. за активное участие в создании ракетного подводного флота ЦКБ-112 награждено орденом Трудового Красного Знамени, В. П. Воробьев удостоен звания Героя Социалистического Труда, а 39 сотрудников получили правительственные награды. Головную АПЛ пр. 670 завод сдал в ноябре 1967 г., а 31 декабря того же года завод имени Ленинского комсомола (ныне ОАО «Амурский судостроительный завод») в Комсомольске-на-Амуре сдал головной корабль — первую в мире лодку-мишень, построенную по проекту ЦКБ-112. В 1966 г. бюро получило новое название СКБ «Судопроект».

В 70-е годы XX века начаты работы по проектам АПЛ пр. 670М и первого в мире подводного спаса-



Подводная лодка пр. 633. Баренцево море, 1962 г.



Малое рыболовное судно прибрежного морского промысла «Звезда рыбака». Астрахань, 2003 г.

тельного комплекса на базе ПЛ пр. 940 с двумя подводными аппаратами, блоком декомпрессионных камер и центром жизнеобеспечения спасаемых и водолазов (главный конструктор Б. А. Леонтьев). Его создание отмечено Государственной премией СССР, среди лауреатов — сормовичи Б. А. Леонтьев, С. С. Ефимов, С. В. Молотов, Ю. Г. Мочалов.

В 1974 г. бюро опять получило новое название — ЦКБ «Лазурит», и в этом же году был утвержден технический проект АПЛ пр. 945 «Барракуда» (главный конструктор Н. И. Кваша). Через 10 лет 29 сентября 1984 г. головная атомная многоцелевая ПЛ третьего поколения вступила в строй. Эта лодка обладает многими достоинствами, позволяющими на равных вести борьбу с лучшими зарубежными ПЛ. Корабль имеет самый большой боекомплект не только среди отечественных, но и иностранных многоцелевых ПЛ, был и остается самым скрытным по интегральным уровням физических полей, самым быстроходным среди действующих, самым глубоководным и самым... самым... самым, с «вечным» титановым корпусом. Недаром президент Б. Н. Ельцин, поздравляя завод «Красное Сормово» с 150-летием со дня основания, назвал этот корабль лучшей субмариной мира. Проект отмечен Государственной премией РФ (В. И. Бурсук, Б. П. Гри-

горьев, Н. С. Жарков, В. Н. Китаев, С. А. Лавковский, А. А. Постнов, Ю. Д. Хесин, А. А. Чупрунов).

Подводная тематика бюро не ограничивалась только проектированием «обычных» ПЛ. Бюро разработало проекты экспериментальных ПЛ — пр. 613Э, 651Э, 673 и 947 (главные конструкторы Е. В. Крылов, Н. И. Кваша, А. И. Аменицкий и Е. В. Крылов), подводных аппаратов для ВМФ и Министерства рыбного хозяйства (главные конструкторы С. Н. Якимовский, Б. А. Леонтьев, С. В. Молотов, Е. В. Крылов, А. Г. Лещев, В. Н. Садовников, В. С. Пермяков, Р. И. Лафер, Б. И. Голдовский), по которым построено более 40 аппаратов. Все подъемно-мачтовые устройства отечественных ПЛ 2-го и 3-го поколения спроектированы ЦКБ «Лазурит» (главные конструкторы А. И. Тумаков, К. А. Шустиков, В. А. Кирпичников). По постановлению комиссии Президиума Совета Министров СССР бюро было назначено головным предприятием по созданию и внедрению в системы гидравлики ПЛ пожаробезопасных рабочих жидкостей. Созданные вместе с химиками, такие жидкости были внедрены на всех отечественных ПЛ (главный конструктор К. Л. Знаменский, ответственный исполнитель О. К. Эделев). Наряду с этими работами бюро осуществило координацию и специализированное проекти-

рование устройств и систем для аварийно-спасательной службы (главные конструкторы А. И. Тумаков, А. Б. Булгаков), разработало корпусно-механические части стационарных гидроакустических станций (главный конструктор Ю. К. Дружинин, ведущие инженеры В. Я. Земсков, А. Л. Успенский и Г. В. Витюгов) и др.

С 1994 г. ЦКБ «Лазурит» — открытое акционерное общество, большая часть акций которого принадлежит сотрудникам бюро. В годы перестройки и реформ коллектив конструкторов-подводников спроектировал целый ряд оборудования для мукомольной промышленности и комбикормовых комплексов, разработал проекты газовых электростанций разной мощности, медицинских мобильных и стационарных барокамер, судов технического флота и рыболовецких сейнеров, а также проекты подводных лодок для туризма и для перевозки грузов подо льдами арктических морей. Много труда вложено в поисковые работы по со-

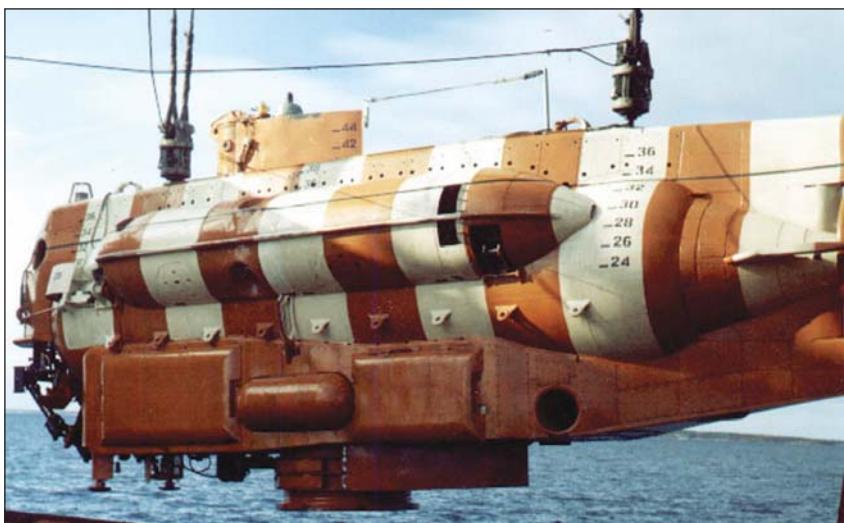


Конструкторы-подводники автономного похода головной подводной лодки Б-276 пр. 945. Слева направо: В. К. Смирнов, Н. И. Кваша и Ю. И. Дунцев

зданию подводных средств добычи полезных ископаемых в Арктике, по проектированию плавучих атомных станций мощностью 150, 300 и 600 МВт.

В эти годы по проектам ОАО ЦКБ «Лазурит» построены и действуют две мобильные барокамеры на базе автомобилей КАМАЗ, создана газовая электростанция мощностью 9,5 МВт в Самаре, построены два рыболовецких траулера в Астрахани, на Борском заводе «Теплоход» строится судно для ремонта трубопроводов.

Завершены работы по головному подводному аппарату «Бестер» (1996 г.) и разработан проект его модернизации. По чертежам бюро изготовлены отдельные



Головной спасательный подводный аппарат пр. 18270, «Бестер», Северный флот

конструкции для иностранных заказчиков. Для отечественного флота завершены работы и испытан головной образец спасательного плота.

Лучшие проекты ПЛ и спасательных глубоководных аппаратов отмечены премиями и наградами. ЦКБ присуждены одна Ленинская премия, три государственные и три

правительственные премии. Всего лауреатами стали 25 сотрудников, причем последние премии получены в 1999 и 2001 гг. Орденами и медалями награждено более 550 человек, в том числе начальнику — главному конструктору ЦКБ Владимиру Петровичу Воробьеву присвоено звание Героя Социалистического Труда, а генеральному директору — генеральному конструктору Николаю Иосифовичу Кваше — звание Героя Российской Федерации.

... Прошло 50 лет со времени организации ЦКБ «Лазурит», сменилось два поколения конструкторов и пять названий фирмы. По чертежам, калькодержателем которых является ЦКБ, в стране и за рубежом построено более 400 подводных лодок и подводных аппаратов. И по-прежнему, проекты нижегородских конструкторов-подводников отличает оригинальность, смелость и простота технических решений.

НОВАЯ ВЗРЫВОСТОЙКАЯ СИСТЕМА КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ ЭКИПАЖА ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

Ю. В. Абрамов, академик МАИ (ЗАО НПЦ «Техноэф»),
В. Н. Половинкин, докт. техн. наук, профессор
(ВМА им. адмирала флота Н. Г. Кузнецова)

УДК 629.566:623.827

На прошедшей в октябре 2002 г. в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова Международной конференции по судостроению ISC-2002, посвященной 300-летию Санкт-Петербурга, авторами был представлен доклад по проблеме безопасности и спасению на море экипажей атомных подводных лодок (АПЛ) с учетом ситуации, сложившейся при гибели АПЛ «Курск» [1]. Ниже приводится авторское изложение доклада с незначительными сокращениями.

Опыт эксплуатации и анализ аварий АПЛ показывает, что существующие средства коллективного и индивидуального спасения недостаточно совершенны и отработаны и, как правило, в экстремальных условиях могут отказать. Это касается конструкций всплывающей спасательной камеры (ВСК), аварийного спасательного люка (АСЛ), аварийного буя. На базе новых разработок ЗАО НПЦ «Техноэф» предлагается концепция объединения упомянутых спасательных средств в единый конструктивный комплекс.

Аварийно-спасательные средства. Современное состояние. В статье адмирала Г. Костева и др. «Трагедия «Курск» — послесловие к по-

слевоенной истории российского флота» отмечается, «что при создании сверхбольших ПЛ ничего нельзя делать для улучшения боевых качеств корабля за счет снижения его живучести, надежности и обеспечения безопасности экипажа. Надо настойчиво проводить линию ВМФ на то, чтобы главным сегодня было прежде всего выживание экипажа не только в случае повреждения в ходе боевых действий, но и в при катастрофе ПЛ в мирное время» [2].

Очевидно, что АПЛ как автономный в Мировом океане объект должна иметь надежные средства для оповещения командного пункта о возникшей аварийной ситуации и надежные средства коллективного

спасения экипажа с аварийной АПЛ с глубин, вплоть до предельной, в том числе с помощью использования глубоководных аппаратов международных спасательных служб.

Рассмотрим состояние упомянутых спасательных средств на примере [3] конструкции АПЛ пр. 949 (рис. 1). Корпус этой АПЛ разделен относительно реакторного отсека на две зоны спасения — носовую и кормовую. В носовой зоне установлена ВСК для эвакуации всего экипажа с предельной глубины погружения. Кормовая зона снабжена системой индивидуального спасения путем свободного всплытия в водолазном снаряжении через АСЛ с глубин до 220 м. У верхней части АСЛ есть горизонтальная комингс-площадка для стыковки спасательного глубоководного аппарата или колокола. Автономный всплывающий буй В-600 как средство оповещения об аварии, всплывающий с глубины до 1000 м, должен обеспечить передачу информации о характере аварии на ПЛ и ее координатах в момент отделения буя.

Как известно, ни одно из этих средств спасения и оповещения при аварии АПЛ «Курск» не сработало. В печати и по телевидению отмечалось, что «при первичном осмотре лежащего на грунте «Курск» с использованием глубоководных аппаратов были обнаружены значитель-



Рис. 1. Продольный разрез АПЛ «Курск» («Судостроение», 2000, № 6): ВСК — всплывающая спасательная камера; АСЛ — аварийно-спасательный люк; В-600 — автономный всплывающий буй

ные повреждения в носовой части лодки и что выведена из строя ВСК» [2]. При открытии люка ВСК было обнаружено, что ВСК заполнена водой. Буй, всплывающий с глубины до 1000 м, в данном случае не всплыл при аварии на глубине 108 м. Трудно себе представить, что оставшиеся в живых члены экипажа не пытались бы вручную отдать стопор аварийного буя, чтобы дать знать надводным средствам спасения об аварии и месте катастрофы АПЛ. То же можно сказать о конструкции АСЛ, состоянии его крышки и о том, что люди, имея спасательное снаряжение, не попытались бы выйти из отсека путем свободного всплытия.

Внешняя стыковка спасательного глубоководного аппарата к комингс-площадке АСЛ не дала результата. Крышка АСЛ усилиями глубоководных водолазов открылась с трудом. Оставшийся в кормовой зоне экипаж погиб от воздействия угарного газа при повышенном давлении в отсеке [2].

Отмечались также случаи подобных отказов аварийно-спасательных средств на других АПЛ, в частности:

— «ВСК, рассчитанная для всего экипажа, не сработала ни при гибели «Комсомолец», ни при катастрофе «Курска»... На затонувшей АПЛ К-429 в районе Камчатки 24.06.83 г. на глубине 41 м спасательные буй не всплыли, а ВСК вышла из строя» [2];

— А. Кравцов, специалист Аналитического центра при Администрации Президента РФ, в своей статье «Система нашей опасности» отмечает: «...ВСК, рассчитанная для всего экипажа ПЛ, не испытывалась реально ни на одном проекте ПЛ третьего поколения ... Продолжают ходить в дежурства ПЛ с неустранимыми конструктивными и производственными недостатками. Несовершенные ВСК ставятся на новые экземпляры ПЛ... Наши устройства жизнеобеспечения весьма несовершенны. Конструктив-

ные недостатки этих средств вынуждают личный состав частенько приваривать их к корпусу во избежание самопроизвольных отстыковок» [4].

В связи с осмотром и дефектацией конструкций АПЛ «Курск» ЗАО НПЦ «Техноэф» предложило вырезать ВСК с участком ограждения рубки, аварийный буй с элементами крепления и АСЛ с комингс-площадкой и отправить их в Санкт-Петербург для дефектации и доработки. В официальном ответе в адрес ЗАО НПЦ «Техноэф» по поручению пресс-службы Северного флота от 12.11.2001 г. сообщалось, что «спасательная камера и аварийный буй осмотрены, однако выемку проводить не предполагается. Во-первых, это было бы весьма трудоемкой операцией с технической точки зрения (камера и буй довольно громоздкие конструкции), а во-вторых, нет необходимости».

В печати опубликованы некоторые сведения об аварийно-спасательных средствах на зарубежных ПЛ, в частности: «...все ПЛ снабжаются аварийными буюми, которые связаны с корпусом буйрепом и телефонным кабелем, которые автоматически отделяются от нее при пре-

вышении предельной глубины погружения, ударе о грунт либо вручную из лодки. Новейшие буй позволяют использовать для связи спутниковую систему «Коспас—Сарсат»... Спасение экипажа осуществляют с помощью индивидуальных средств спасения с глубин до 180 м при наличии спасательного гидрокостюма и дыхательного аппарата, позволяющего находится под водой до 40 мин с выходом из ПЛ с помощью специальных устройств (подобных отечественному АСЛ), либо с помощью коллективных средств спасения — всплывающих спасательных устройств (ВСУ), предусматривающих спасение экипажа «сухим» способом, не требующим декомпрессии. Так, на индийских дизель-электрических ПЛ немецкого проекта 209 используется ВСУ (сферическая пустотелая капсула с внешним поплавком), позволяющее разместить 40 чел. (весь экипаж), обеспечивая его спасение с глубин до 260 м» [5]. Следует отметить, что упомянутая конструкция ВСУ невзрывостойка, требуется доработка конструкций закрепления ВСУ к корпусу и люковых переходов.

Рассмотрим воздействие на конструкцию ВСК АПЛ пр. 949 [3] гидравлического удара (рис. 2). С позиции строительной механики корабля данная конструкция ВСК представляет собой вертикальную объемную консоль, жестко закрепленную на продольной объемной конструкции прочного корпуса АПЛ кремальерным затвором. При внешнем гидравлическом ударе Q (взрыв мины или торпеды) воздействием давления q , пропорционального площади парусности ВСК, на плече длиной от центра парусности до оси (точка А), проходящей через центр площадки кремальерного затвора, будет создан момент отрыва $M_{отр}$.

Легкий корпус ограждения рубки, как пронизываемая конструкция, практически не будет препятствовать воздействию гидравлического

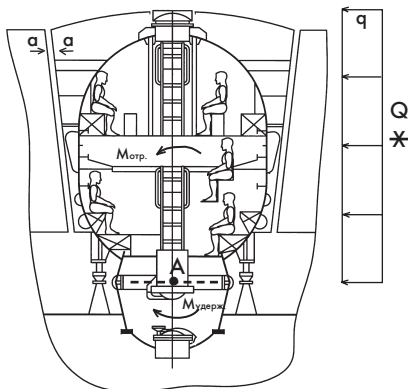


Рис. 2. Продольный разрез всплывающей спасательной камеры АПЛ («Судостроение», 2000, № 6): Q — источник гидравлического удара; q — равномерно распределенная нагрузка удара; А — точка оси плеча момента $M_{отр}$ и плеча момента $M_{удерж}$; «а—а» — зазор между конструкциями ограждения рубки и ВСК

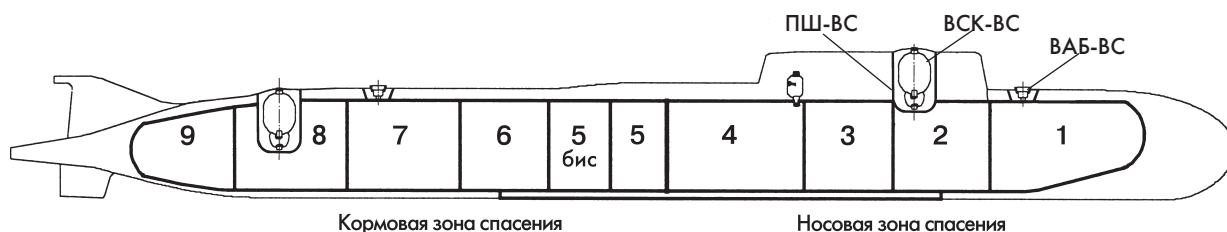


Рис. 3. Размещение на АПЛ комплексов взрывостойкой системы спасения экипажа и оповещения об аварии

удара и изгибу консоли. Препятствовать этому воздействию будет момент удерживания $M_{удерж}$, зависящий от прочности зубцов половины площадки кремальерного затвора на плече длиной, примерно равной четверти этой площадки до упомянутой оси (точка А).

Очевидно, что $M_{отр} \gg M_{удерж}$, а это должно вызвать разрушение крайних (со стороны воздействия гидравлического удара) зубцов кремальерного затвора, разгерметизацию с этой стороны стыка затвора и заполнение водой ВСК.

В рассматриваемой конструкции ограждения рубки для обеспечения свободного всплытия ВСК предусмотрено конусное образование, куда входит ВСК с небольшим зазором («а—а»), что должно обеспечить всплытие ВСК при крене и дифференте в пределах этого образования. Однако от воздействия ударной нагрузки этот зазор будет практически нарушен, а это исключает не только возможность свободного всплытия ВСК, но и затруднит механическую выемку ВСК из ограждения рубки.

Аналогичная ситуация может быть при воздействии гидравлической ударной нагрузки на конструкции ВСК, выполненные на АПЛ других проектов в виде горизонтальных цилиндров, закрепленных кремальерным затвором на прочном корпусе АПЛ.

Новые разработки аварийно-спасательных средств. В отличие от существующих конструкций всплывающей спасательной камеры ЗАО НПЦ «Техноэф» разработало принципиально новую, не имеющую мировых аналогов систему коллективного спасения экипажа с аварийной атомной или дизель-электрической ПЛ (патент РФ). Это — взрывостойкая система (ВС) коллективного спасения экипажа. Она состоит из прочной шахты (ПШ-ВС) и размещенной в ней всплывающей спасательной камеры (ВСК-ВС), что обеспечивает

работоспособность системы при воздействиях ударных нагрузок и давления на предельной глубине погружения ПЛ (рис. 3).

ВСК-ВС оборудуется специальными устройствами стабилизации положения камеры в подводном положении и управляемого вывода камеры из шахты, что обеспечивает всплытие камеры практически при любых крене и дифференте аварийной ПЛ. ВСК-ВС снабжается «черным ящиком» для записи информации о состоянии ПЛ на момент аварии, устройством декомпрессии, запасами жизнеобеспечения экипажа до подхода спасательных средств и радиосистемой, обеспечивающей через спутник ее обнаружение (после всплытия) и связь с командованием.

Конструкция ВС позволяет проводить учения экипажа по посадке и покиданию ПЛ даже с практическим всплытием ВСК-ВС. Данная система, кроме спасения экипажа при аварии, может быть использована в качестве «подводного лифта» — для выхода части экипажа из ПЛ в подводном положении или входа в нее. Новая взрывостойкая система спасения экипажа может быть установлена на модернизируемых ракетных АПЛ с использованием существующих ракетных шахт при незначительной их доработке.

Всплывающий аварийный буй (ВАБ) как средство оповещения об аварии ПЛ предлагается также выполнить в виде взрывостойкой системы, т. е. разместить в прочной шахте, что обеспечит его взрывостойкость и надежность в работе. ВАБ взрывостойкой системы (ВАБ-ВС) также снабжается «черным ящиком», информация в котором дублирует данные в «черном ящике» ВСК-ВС, и радиосистемой оповещения, аналогичной ВСК-ВС.

Система коллективного спасения и ВАБ представляют собой единый комплекс, который должен быть установлен на ПЛ (например, пр. 949) в носовой и в кормовой зо-

нах спасения (см. рис. 3). Естественно, вместимость каждой ВСК-ВС должна соответствовать количеству членов экипажа (не менее) в соответствующей зоне. Несколько уменьшенный полезный объем отсека кормовой зоны, куда выходит нижняя часть шахты ВСК-ВС, может быть компенсирован исключением АСЛ, как объема, из состава конструкции АПЛ.

Размещение ВСК-ВС и ВАБ-ВС в носовой и кормовой зонах корпуса ПЛ за счет части шахт, выходящих в межбортное пространство под надстройкой, придаст дополнительную положительную плавучесть ПЛ.

Верхнюю часть конструкции ВСК-ВС у входного люка предусматривается оборудовать новым стыковочным устройством, в котором горизонтальная комингс-площадка объединена с конструктивным конусным образованием, что позволит обеспечить и упростить стыковку глубоководного спасательного аппарата с аварийной ПЛ.

Наличие на борту ПЛ новых взрывостойких систем и их размещение в каждой из зон спасения позволит обеспечить всем членам экипажа одинаковые возможности на спасение с аварийной ПЛ.

Данная разработка ЗАО НПЦ «Техноэф» удостоена золотых медалей международных салонов инноваций в Токио (2000 г.) и в Москве (2000 г. и 2001 г.).

Литература

1. Abramov Y. V., Polovinkin V. N. New explosion-proof system for collective rescue of crew from modern nuclear submarines ensuring escape of considerable angles of disables ship heel and trim and emergency warning means as intergrated sistem//Third International Shipbuilding Conference — ISC-2002, Proceedings. St. Petersburg, 2002.
2. Костев Г. и др. Трагедия «Курска» — послесловие к послевоенной истории российской флота//Морской сборник. 2001. № 8.
3. Баранов И. Л. Многоцелевые атомные подводные ракетоносцы типа «Антей»//Судостроение. 2000. № 6.
4. Кравцов А. Система нашей опасности// Дайджест прессы, 13.09.01.
5. Мосалев В. Спасение экипажей терпящих бедствие подводных лодок//Зарубежное военное обозрение. 2000. № 3.

ПЛАВУЧАЯ МОБИЛЬНАЯ ПОЛУПОГРУЖНАЯ ВЕТРОУСТАНОВКА

П. М. Радченко (Морской государственный университет
им. адмирала Г. И. Невельского)

УДК 621.31:623.82

Многие населенные пункты, рыбозаводы, фермерские хозяйства, погранзаставы, маяки и другие объекты, расположенные вдоль береговой черты морей и больших озер, лишены централизованного энергоснабжения. Их электропитание осуществляется, как правило, от дизельных электростанций, нуждающихся в подвозе жидкого топлива. В то же время на стыке моря и суши дуют достаточно сильные ветры (муссоны, бризы). Использование ветроэнергетики в ряде зарубежных стран поставлено на промышленную основу. В странах Северной Европы, США и других налажен серийный выпуск ветроэнергетических установок (ВЭУ) единичной мощностью от сотен ватт до нескольких мегаватт для малой (автономной) и большой энергетики.

На рубеже XX—XXI веков определилось отдельное направление — морская ветроэнергетика. В ней находят применение стационарные (с опорой на дно) ВЭУ, повторяющие наземные аналоги, но имеющие усиленные фундаменты и более высокую коррозионную стойкость. Размещение ВЭУ на море нейтрализует известные их недостатки — шум, вибрацию почвы, помехи теле- и радиоприему. Морские ВЭУ более производительны и подают энергию потребителям с меньшими пульсациями. Это объясняется более высокими скоростями ветровых потоков над поверхностью моря и более равномерной их структурой по сравнению с наземными ветрами.

Размещение стационарных ВЭУ на акватории ограничивается ее глубинами, рельефом дна и характером грунта. Изыскательские и монтажные работы, проводимые в морских условиях, в строительном цикле ВЭУ составляют основную долю по срокам их проведения и расходам на сооружение всей установки.

Плавающие ВЭУ лишены этих недостатков, так как доводятся на верфи до стопроцентной готовности, имеют простые способы доставки (буксировкой) и монтажа (постановкой на якоря). Якорный способ позиционирования сообщает плавающим ВЭУ ценное свойство мобильности. Это означает, что установка в любой момент может быть перебазирована на новое место стоянки с учетом сезонных изменений направления ветровых потоков, колебаний спроса на электроэнер-

гию, необходимости проведения ремонта в заводских условиях.

Основная проблема плавающих ВЭУ — обеспечение их волноустойчивости при свежих ветрах и остойчивости в штормовых условиях — стала причиной того, что ВЭУ этого типа до их пор не востребованы. Неудачи первых проектов плавающих ВЭУ объясняются тем, что их ветротурбины (ВТ) располагались на корпусах судов либо понтонах разной формы, поддерживавшихся на поверхности воды и подвергавшихся качке при волнении. Чтобы добиться устойчивого положения ветроколеса к направлению потока ветра в условиях волнения моря, понтонное основание ВЭУ необходимо погрузить ниже возмущенного слоя воды. Следовательно, решение проблемы создания жизнеспособных плавающих ВЭУ следует искать на основе использования полупогружных технологий. Одна из первых полупогружных ВЭУ (рис. 1) предложена в МГУ им. адмирала Г. И. Невельского [1].

Плавающая полупогружная ветроустановка (ППВУ) состоит из подводного понтона 1 (рис. 2), погружаемого на такую глубину, на которой волнение моря не ощущается. Обычно это наблюдается при осадке понтона на глубину, равную примерно полукратной максимальной высоте волны для данной акватории. Понтон-основание имеет форму многоугольной, в частном случае восьмиугольной, усеченной пирамиды, опрокинутой вершиной вниз. Уклон бортов-граней понтона-пирамиды необходим для повышения ледостойкости ППВУ в период ледохода.

На полупогруженный понтон-фундамент опирается посредством трех — четырех пустотелых колонн 4 надводная площадка 15, нагруженная невысокой опорной башней 13. На вершину башни установлена полноповоротная капсула 12 яйцеобразной формы. Жесткость всей конструкции обеспечивается раскосами 5. Продольная ось капсулы 12, наклоненная к горизонту под углом примерно 45° , является одновременно осью вращения ВТ. Две ее лопасти регулируемого шага образуют с осью вращения ВТ угол, также равный 45° , так что при вращении ВТ они ометают коническую поверхность.

Лопастей регулируемого шага имеют одинаковую массу, но разную длину: одна из лопастей короче другой в два раза. Высота

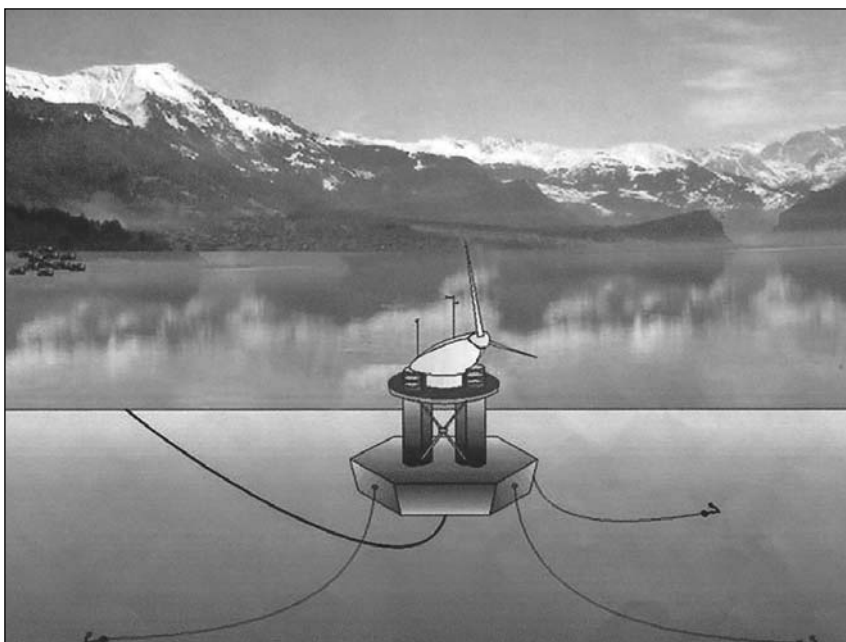


Рис. 1. Общий вид плавучей полупогружной ветроэлектрической установки

приземистой опорной башни 13 примерно равна высоте электрического ветрогенератора (ВГ). Наклонный вал ВТ соединен с вертикальным валом ВГ посредством мультипликатора, содержащего коническую зубчатую передачу.

Выбор описанной конструкции ВТ и ее опорной башни продиктован стремлением сохранить остойчивость ППВУ в период штормовых ветров при ограниченных линейных размерах понтона-фундамента. Такую же цель преследует и установка разных по длине лопастей. В период шторма ВТ будет выводиться из работы и стопориться в положении, при котором длинная лопасть опускается вниз, а короткая лопасть поднимается вверх. Этим уменьшаются кренящие моменты, создаваемые ветровыми нагрузками, и одновременно понижается метацентрическая высота ППВУ. Однако такое решение имеет и отрицательные последствия. Разные по длине лопасти при вращении будут создавать каждый неодинаковый вращающий момент и вызывать дополнительную вибрацию всего сооружения. На выходной мощности это сказываться не будет, так как ее пульсации будут сглаживаться программно полупроводниковым преобразователем.

Возвышение надводной площадки 15 над поверхностью воды выбирается из расчета, чтобы при максимальной высоте волн брызги не достигали оборудования этой

площадки и не вызывали ее обледенения при отрицательных температурах окружающей среды.

ППВУ на место стоянки доставляется судном-буксиром. С его же помощью она устанавливается на якоря, после чего положение понтона не меняется. В якорную систему входят три — четыре якорных устройства, каждое из которых состоит из якорной лебедки 7, якорной цепи 18, якоря 19 и цепного ящика 3, роль которого выполняет пустотелая колонна 4. Якорное устройство оборудовано системой автоматического натяжения якорной цепи и контроля длины ее вытравленного участка. Якорная система должна рассчитываться на противодействие суммарному усилию, создаваемому максимальной силой ветра, напором расколотого льда и течением, действующими с любого направления. Для наведения ВТ на ветер, направление которого периодически меняется, служит система автоматического разворота подвижной капсулы 12.

Подводный понтон 1 состоит из служебного центрального отсека 17 и восьми периферийных отсеков 7, являющихся балластно-креновыми емкостями. Заполняя периферийные отсеки водой или осушая их, регулируют осадку ППВУ, а перекачивая воду из периферийной емкости одного борта в такую же емкость противоположного борта, выравнивают крен всего сооружения. Для обслуживания

балластно-креновых емкостей служит осушительная система. Осадка ППВУ регулируется системой автоматического изменения осадки в зависимости от погодных условий: с усилением ветра и волнения поверхности моря осадка увеличивается до определенного предельного значения. Ровный крен при свежем ветре поддерживается автоматически системой регулирования крена ППВУ. В штиль ровный крен создается противовесом 14, уравнивающим массу лопастей 10 ВТ.

Зависимость мощности, развиваемой ВТ, от скорости ветра показана на рис. 3. В зоне А невысоких скоростей ветра ток возбуждения I_B ветрогенератора устанавливается на уровне номинального и не меняется, чтобы обеспечить в этих условиях максимально возможную развиваемую мощность. В этой зоне выходная мощность P ветрогенератора связана со скоростью ветра параболической зависимостью (кривая 1). За счет автоматического регулирования шага лопастей ВТ в функции скорости ветра съем мощности с ВГ можно увеличить (кривая 2).

В зоне В высоких скоростей ветра, превышающих номинальную скорость $V_{ном}$, выходная мощность ВГ поддерживается постоянной на уровне номинальной. Первоначально это осуществляется за счет снижения тока возбуждения, а затем, когда окружная скорость вращения концов лопастей ВТ достигает предельных значений, ток возбуждения стабилизируют, а постоянство мощности ВГ сохраняют за счет поддержания стабильной частоты вращения ВТ, достигаемой посредством уменьшения шага ее лопастей.

Во время шторма, когда скорость ветра превышает максимальное рабочее значение V_{max} , ток возбуждения ВГ повышают до номинального уровня и за счет резкого увеличения электромагнитного тормозного момента на валу ВТ выполняют ее электрическое торможение. Одновременно у лопастей ВТ меняют знак угла атаки, переводя их в режим лопастного торможения. При снижении частоты вращения ВТ до минимально заданной на ее вал накладывается механический тормоз в тот момент, когда длинная лопасть занимает нижнее положение, практически параллельное линии горизонта, а короткая лопасть — верхнее

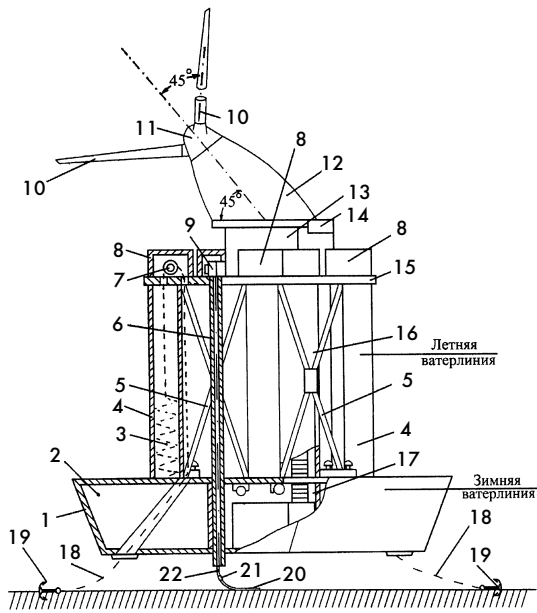


Рис. 2. Конструкция плавучей полупогружной ветро-электрической установки

вертикальное положение. Вслед за этим лопасти ВТ переводятся во флюгерное (нулевое) положение, а ВГ развозбуждается. Изменение мощности ВГ в процессе торможения показано штрих-пунктиром (см. рис. 3).

Произведенная ППВУ электроэнергия передается береговым потребителям по подводному морскому кабелю 20 (см. рис. 2). В период ледохода под напором льда возможны некоторые подвижки понтона-фундамента относительно неподвижно раскрепленных якорей 19. Чтобы исключить при этом чрезмерное натяжение кабеля, на надводной площадке 15 предусмотрена кабельная лебедка 9 с электроприводом, хранящая запас гибкого кабеля 22 на своем барабане. Эта лебедка оборудуется системой автоматического регулирования натяжения гибкого кабеля, соединенного со стационарно проложенным подводным кабелем 20 посредством вертикального канала 6 и муфты 21. Этим предотвращается возможность повреждения кабеля. Кабельная и якорные лебедки изолированы от окружающей среды надстройками 8.

С изменением скорости ветра меняются и выходные параметры ВГ: мощность P , напряжение U , частота f . Чтобы потребители в этих условиях получали «чистую» электроэнергию нормированного качества, предусмотрен согласующий полупроводниковый преобразователь частоты

(ППЧ). Реактивная мощность, образующаяся в процессе естественной коммутации вентилях ППЧ и работы электроприемников переменного тока, производится синхронным генератором, если на сеть потребители одновременно работают ВГ и дизель-генератор (ДГ). Напряжение и частота тока в сети потребителей поддерживаются при этом системами автоматического регулирования напряжения и подачи топлива ДГ, работающего в режиме ведущего генератора.

В зависимости от типа ветрогенератора ППЧ может включаться в цепь якорной (при синхронном ВГ) или индукторной (при асинхронизированном синхронном ВГ) обмотки. В первом варианте расширяется диапазон рабочих скоростей ветра, но снижается КПД ветроустановки. Во втором варианте КПД будет выше, но диапазон рабочих скоростей ветра уменьшается примерно в два раза при более сложной конструкции ВГ, и это, естественно, сказывается на годовой производительности ВЭУ. Первый вариант представляется более предпочтительным, в особенности при использовании синхронного ВГ с постоянными магнитами, так как повышены надежность и выработка электроэнергии с избытком переключают дополнительные потери от пониженного КПД.

При переходе на автономный режим (работа ППВУ в зоне В) син-

хронный генератор отсоединяется посредством разобщительной муфты от своего первичного двигателя и продолжает работать в режиме синхронного компенсатора. В данном режиме напряжение в сети потребителей регулируется посредством системы автоматического регулирования синхронного компенсатора, а частота тока — системой автоматического регулирования тока возбуждения ВГ [2]. Если же функции ВГ возложить на асинхронизированную синхронную машину, параллельной работы с синхронным компенсатором не потребуются.

В комплект ППЧ, являющегося источником высших гармоник тока и потребителем реактивного тока, включают средства фильтрокомпенсации. Их параметры подбирают такими, чтобы исключить транзит указанных токов по подводному кабелю.

Перечисленные выше независимые системы автоматического регулирования (САР) образуют нижний уровень системы автоматического управления ППВУ. Ее верхний (микропроцессорный) уровень координирует работу САР нижнего уровня, осуществляет измерение рабочих и контроль предельных параметров установки, выполняет конечные программы ввода в работу и вывода ее из работы, а также защитные программы в штатных режимах, поддерживает связь с береговым пультом диспетчера (если он есть).

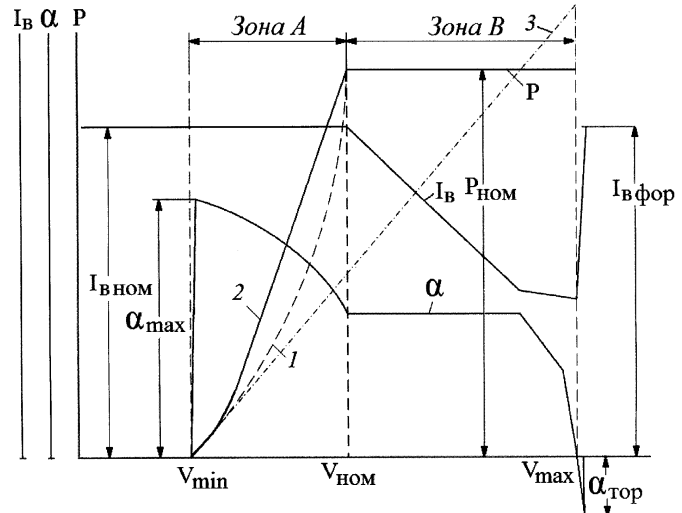


Рис. 3. Расчетные зависимости выходной мощности P , тока возбуждения I_v и угла атаки α лопастей ВЭУ от скорости ветра: 1, 2 — выходная мощность без регулирования и с регулированием шага лопастей; 3 — изменение мощности при электрическом и лопастном торможении ветротурбины

Этот уровень связан с измерительными преобразователями направления и скорости ветра, направления и скорости течения, глубины моря, осадки и крена ППВУ, частоты вращения вала ВТ, положения механического тормоза, угла поворота лопастей ВТ, длины вытравленных участков якорных цепей и гибкого кабеля, датчиками рабочих и предельных значений параметров установки.

Комплектное оборудование ППЧ, главного распределительного щита, системы автоматического управления, осушительной системы и другого вспомогательного оборудования ППВУ размещается в центральном отсеке подводного понтона, который через шахту 16 имеет выход на надводную площадку 15.

Удельные показатели ППВУ улучшаются с увеличением ее номинальной мощности. По этой причине нормативные показатели эффективности, действующие в промышленности, достигаются при номинальных мощностях ВЭУ от 0,5 до 1 МВт. При большей мощности ВЭУ возникают сложности с обеспечением ее

остойчивости. Приближенные расчеты показывают, что при номинальной мощности ВЭУ 0,5 МВт ППВУ будет иметь следующие характеристики: диапазон рабочих скоростей ветра 5—28 м/с; номинальная скорость ветра 15 м/с; предельная скорость ветра 50 м/с; размах лопастей 37,4 м (длинной) и 18,7 м (короткой); высота и диаметр опорных колонн при максимальной высоте волны 5 м — соответственно 16,5 и 0,9 м; высота подводного понтона 3 м; длина верхней и нижней граней понтона — соответственно 5,2 и 2,8 м; годовая производительность при среднегодовой скорости ветра 8,5 м/с — около 1,5 млн кВт·ч.

Выводы. 1. В программах развития альтернативных источников энергии многих зарубежных стран ведущее место отводится ветроэнергетике. Освоение ветровой энергии в промышленных масштабах обусловило параллельное развитие наземной и морской ветроэнергетики. Для прибрежных акваторий с глубинами более 20—30 м плавучие морские ветроустановки предпочтительнее

стационарных с опорой на морское дно.

2. Волноустойчивость, остойчивость при штормовых ветрах и льдоустойчивость плавучих ветроустановок можно обеспечить при использовании в их конструкциях полупогружных технологий. Для ограничения кренящих и опрокидывающих моментов от действия ветра, а также для удобства обслуживания узлов кинематики и электрогенератора ветротурбины модульных ветроустановок для малой ветроэнергетики должны иметь нетрадиционное исполнение лопастей и размещаться на невысоких опорных башнях. Управление этими ветроустановками должно быть автоматизировано.

Литература

1. Пат. 2173280, Россия, МПК⁶ В63 В 35/44, F03 D 9/00 7/00. Плавучая ветроэнергетическая установка/П. М. Радченко, № 98108903/28-(22); Заявл. 07.05 1998; Опубл. 10.09.2001, Бюл. № 25.
2. Дмитриев В. С. Современные валогенераторные установки трехфазного тока стабильной частоты. М.: Изд. ЦБНТИ ММФ СССР, 1974.

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ*

С. Ю. Хотин

УДК 621.472(043)

Солнечная энергетика в настоящее время достаточно широко применяется в различных сферах экономики и быта. В мире существуют сотни тысяч гелиоэнергетических установок различных по назначению и мощности. В их число входят стационарные промышленные энергосистемы, предназначенные для выработки электроэнергии, нагрева воды и генерации пара низких и средних параметров мощностью от нескольких десятков до нескольких тысяч киловатт, бытовые гелиоколлекторы мощностью от 1 до 10 кВт, предназначенные для теплофикации и горячего водоснабжения индивидуальных пользователей, и компактные, массой иногда менее 1 г, электрогенерирующие устройства на базе фотоэлементов, встроенные в электронные приборы: калькулято-

ры, радиоприемники, мобильные телефоны и др. Однако на водном транспорте гелиоэнергетические системы и установки не нашли до сих пор широкого применения, несмотря на то, что эта область для развития данного направления энергетики весьма перспективна.

Мореплаватели одни из первых начали использовать виды энергии, которые теперь принято называть возобновляемыми, альтернативными и экологически чистыми, около четырех тысяч лет назад. Это энергия атмосферных воздушных потоков (ветра), морских и речных течений. Используют их и сейчас. В настоящее время уровень развития современных энерготехнологий в области гелиотехники позволяет эффективно использовать их на водном транспорте.

Целью статьи является определение наиболее перспективных направлений научной работы в данной области и оценка возможного экономического и экологического эффекта от широкого применения солнечных энергоустановок в системе водного транспорта.

Наиболее перспективно применение гелиоэнергетических систем на морском транспорте и проведение соответствующих научных разработок в следующих сферах:

1. Гелиоэнергетические системы для обеспечения тепловой и электрической энергией судов без традиционных энергетических установок;

2. Системы электроснабжения парусных судов на основе фотоэлектрических установок;

3. Гелиосистемы для энергообеспечения сигнальных и навигационных установок для водного транспорта, устанавливаемых как на суше, так и над водной поверхностью;

4. Аварийно-сигнальные устройства на базе портативных солнечных энергоснабжающих устройств;

5. Компактные мобильные системы связи, использующие для пи-

*Перепечатка из сборника «Вісник Одеського національного морського університету», 2003, № 11, с. 182—190 (прим. ред.).

тания нетрадиционные и возобновляемые виды энергии.

Рассмотрим более подробно вышеуказанные направления с целью определения перспективности их развития, с одной стороны, и оценки технических, технологических и организационно-юридических трудностей, связанных с широким внедрением предполагаемых научных разработок, а на основании этого обоснуем целесообразность использования гелиотехнических систем на водном транспорте.

Первые два направления, связанные с разработкой и созданием гелиоэнергетических систем для энергоснабжения судов без традиционных энергетических установок (барж, яхт, катеров, спасательных шлюпок и т. д.), до настоящего времени не получили широкого распространения ни в нашей стране, ни за рубежом. Отдельные научно-технические разработки в этом направлении реализованы в Германии, в частности, создан малогабаритный катер, приводимый в движение электродвигателем, снабжаемым электричеством, которое вырабатывается фотоэлементами, находящимися на судне. Однако этого явно недостаточно. А между тем гораздо больший интерес представляет оснащение гелиоэнергетическими системами более крупных безмоторных судов, таких как баржи и яхты. Площадь надводной поверхности барж в зависимости от их размеров может достигать 1000 м² и более. Учитывая, что максимальная плотность суммарной солнечной радиации составляет в черноморском регионе около 850 Вт/м² [1], а КПД фотоэлементов, выпускаемых промышленностью, достигает 35%, размещение фотоэлементов на надводной поверхности таких судов позволит получать до 200 кВт электрической мощности. Этого вполне достаточно не только для питания бортового электрооборудования, но и для снабжения электроэнергией двигателей, способных обеспечить судну ход в несколько узлов. На яхтах фотоэлементы можно размещать не только на поверхностях палубы, надстройки и корпуса, но и на парусах. Это вполне возможно при использовании пленочных фотоэлементов, основой для которых являются высокопрочные пленки из полимерных синтетических материалов. Из такого материала

вполне можно изготавливать паруса. Коэффициент преобразования энергии солнечной радиации в электрическую у таких фотоэлементов составляет около 5% [2].

Площадь парусного вооружения у яхт среднего класса водоизмещения составляет примерно 50—60 м². Учитывая, что реально можно заменить пленочными фотоэлементами 40—50% парусного вооружения небольших судов, при этом можно получить дополнительно до 2,5 кВт электрической мощности. Суммарная мощность фотоэлектрической системы, смонтированной на яхте указанных размеров, может достигать 6,5—8 кВт. Это позволяет обеспечить яхте ход в 5—6 уз за счет гребного электродвигателя. В то же время пленочные фотоэлементы, размещенные на мачтах, будут выполнять и традиционные функции парусов, хотя и с меньшей эффективностью. В ночное время и при пасмурной погоде, когда реальная производительность работы фотоэлементов снижается в 5—8 раз, питание всего бортового электрооборудования может осуществляться от аккумуляторной батареи. Следует отметить, что замена части парусного вооружения пленочными фотоэлементами возможна только для яхт коммерческого назначения, поскольку данные пленки не обладают в полной мере требуемыми свойствами как традиционные материалы для пошива парусов. Они менее эластичные и более тяжелые. Последнее делает невозможным их применение на спортивных яхтах.

Спасательные шлюпки, надувные лодки и плоты также целесообразно оснащать встроенными фотоэлектрическими элементами.

Размещение на судах, не имеющих собственных силовых установок, водонагревательных плоских или парогенерирующих концентрирующих гелиоколлекторов также может быть делом весьма перспективным. Вырабатываемая ими горячая вода и пар могут быть использованы как для бытовых, так и для технологических нужд. Тепловая мощность плоских гелиоколлекторов определяется по формуле

$$Q_{\text{обл}} = I \alpha S - Q_{\text{пот}},$$

где I — плотность суммарной солнечной радиации, Вт/м²; α — коэффи-

циент поглощения солнечной радиации; S — площадь рабочей поверхности, м²; $Q_{\text{пот}}$ — суммарные тепловые потери гелиоколлектора, Вт;

Формула для расчета тепловой мощности концентрирующих гелиоколлекторов имеет следующий вид:

$$Q_{\text{обл}} = I K \xi \alpha p S - Q_{\text{пот}},$$

где K — коэффициент концентрации; ξ — геометрический коэффициент пропускания фоклина; p — коэффициент отражения зеркальных граней концентратора.

Среднегодовая производительность солнечных энергоустановок может быть определена по формуле

$$Q = S I_{\text{ср}} \eta \tau,$$

где η — энергетический КПД гелиоустановки; τ — среднегодовое время эффективной работы гелиоустановки, с; $I_{\text{ср}}$ — среднесуточная плотность солнечной радиации, Вт/м².

Среднесуточная тепловая мощность гелиоустановки с площадью рабочей поверхности 100 м², работающей на черноморских широтах, составляет 30 кВт, а ее годовая производительность — около 173 ГДж тепловой энергии.

Количество условного топлива, которое может быть сэкономлено в течение года за счет эксплуатации гелиоэнергетических систем, определяется по формуле

$$M = Q/C_p,$$

где C_p — удельная теплоемкость условного топлива.

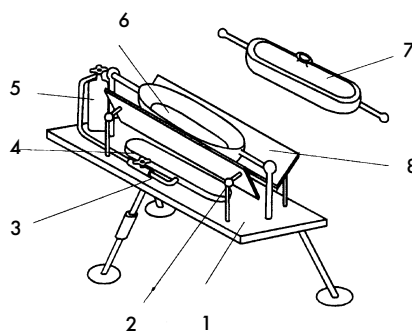
Согласно данным, представленным выше, такая солнечная энергоустановка, эксплуатируемая на юге Украины, позволит сэкономить до 80 т условного топлива в год.

Следует отметить, что при разработке систем энергоснабжения безмоторных судов придется столкнуться с решением ряда технических и технологических проблем. Все токонесущие элементы фотоэлектрических систем, и прежде всего внешние, должны быть снабжены усиленной электро- и гидроизоляцией. Это связано с тем, что морская вода соленая и вследствие этого обладает достаточно высокой электропроводностью и коррозионно-активна. Это в особенности касается электрических контактов токосъемных уст-

ройств от фотоэлектрических батарей, на которые может попадать вода. По этой же причине все внешние детали и элементы бортовых гелиоэнергетических систем любого типа должны быть изготовлены из коррозионно-стойких материалов или иметь эффективное антикоррозийное покрытие.

Гелиотехнические установки, установленные на борту судов, должны иметь небольшую массу, не нарушать аэродинамических характеристик судов, органично вписываться в их дизайн. Помимо этого, бортовые солнечные энергосистемы должны легко монтироваться и демонтироваться и обладать широким диапазоном технологических регулировок. Немаловажным обстоятельством является и то, что гелиоэнергетические системы должны строго соответствовать всем стандартам и прочим техническим и нормативно-юридическим документам, применяемым в современном кораблестроении. Эти обстоятельства будут накладывать дополнительные требования, предъявляемые к конструктивному устройству, технологическому процессу и управлению бортовых гелиосистем. Однако вышеуказанные проблемы не являются непреодолимыми. Современное развитие энергетических технологий позволяет их решить с весьма небольшими затратами материально-технических, финансовых и интеллектуальных ресурсов. Кроме того, технические разработки, созданные при решении данных проблем, могут быть применены и в других направлениях гелиотехники.

Для судов малого класса типа яхт и катеров туристического назначения особый интерес представляет использование так называемых складных водонагревательных гелиоколлекторов, изготовленных из эластичных и коррозионно-стойких пластических материалов. В сложенном состоянии такие устройства занимают мало места, габаритные размеры коллектора данного типа тепловой мощностью 1 кВт не превышают 1000x400x400 мм, они имеют небольшую массу и могут быть приведены в рабочее состояние или сложены и убраны в технический отсек в течение нескольких минут. Характерно, что их с равным успехом можно использовать как на бор-



Разборная гелиоустановка для приготовления пищи

ту судов, так и на суше, например, во время пикников для бытовых и гигиенических целей.

На судах малого класса, используемых для туристических целей, целесообразно также применение солнечных кухонь. Один из оригинальных проектов таких кухонь, разработанный автором, представляет собой модельный ряд компактных разборных гелиоустановок, которые, являясь идентичными по конструктивному устройству, различаются по мощности, производительности и габаритным размерам. Основой таких гелиоустановок является концентратор солнечной радиации переменной геометрии типа двугранный плоский фокус, новизна и оригинальность конструкции которого подтверждена авторским свидетельством на изобретение [3]. Ее устройство представлено на рисунке. Установка представляет собой разборную конструкцию, основой которой является алюминиевая рама с тремя опорами 1. Емкости для приготовления пищи 6 и 7 располагаются в выходном отверстии фокуса 8. Стойки крепления граней фокуса снабжены шарнирами 2, с помощью которых изменяют угол их наклона и ширину выходного отверстия, что, в свою очередь, позволяет менять степень концентрации солнечной радиации. Таким образом, концентратор переменной геометрии позволяет устанавливать режимы термической обработки пищи различной интенсивности. Использование солнечных кухонь в морских условиях, при плавании на реках и на суше позволит готовить различные первые и вторые блюда, а также горячие напитки, не тратя ни органического топлива, ни электроэнергии. По желанию заказчика установка может ком-

плектоваться газовой горелкой 4, которая трубопроводом, снабженным регулятором интенсивности горения 3, соединяется с газовым баллоном 5. Последний, при необходимости, закрепляется в левой части установки. Предлагаемая разработка может найти широкое применение у водных туристов, рыбаков, охотников и у других категорий потенциальных пользователей.

Применение гелиотехнических систем для нужд водного транспорта возможно не только непосредственно на судах, но и для энергообеспечения навигационно-сигнальных установок, располагаемых как над поверхностью воды, так и на берегу: маяки, бакены, буйки и т. д. Эти объекты, являющиеся потребителями электроэнергии, как правило, располагаются на значительном удалении от энергокоммуникаций, иногда в труднодоступных местах. А технико-экономические расчеты и практика эксплуатации гелиоэнергетических систем показывают, что именно в таких условиях применение солнечных энергоустановок наиболее экономически рентабельно, поскольку очень высока себестоимость доставки топлива или проводки индивидуальной многокилометровой линии электропередачи. Экономический эффект от применения таких фотоэлектрических установок в течение года может быть определен с помощью формулы

$$\Delta = C_T - C,$$

где C — годовые затраты на выработку электроэнергии гелиоустановкой на базе фотоэлементов, грн.¹; C_T — годовые затраты на производство электроэнергии традиционными энергоустановками, входящими в состав навигационно-сигнальных систем, либо стоимость электроэнергии, потребляемой системой в течение года от электросети.

$$C = (C_c A_c + C_a + C_e) I + C_3,$$

где C_c — капитальные затраты на единицу площади поверхности фотоэлектрических элементов, грн.; A_c — площадь рабочей поверхности фотоэлектрических элементов, м²; C_a — капитальные затраты на силовые конструкции, аккумулятор, изоляцию, грн.; C_e — капитальные затра-

¹В гривнах (прим. ред.).

ты на управляющее оборудование, приборы, грн.; l — доля ежегодных амортизационных отчислений от первоначальных капиталовложений, грн.; C_3 — затраты на эксплуатационное обслуживание, грн.

Расчеты показывают, что применение гелиоэнергетической установки мощностью 10 кВт в данных условиях позволит экономить органического топлива на сумму до 2500 грн. либо электроэнергии на сумму до 6000 грн. ежегодно. Данные технические решения позволят повысить автономность навигационно-сигнальных систем водного транспорта и сделают их менее зависимыми от внешних источников электроснабжения. Они смогут работать в автоматическом режиме.

Следует отметить, что для снижения себестоимости фотоэлектрических систем их целесообразно оснащать линейными гелиоконцентраторами типа Д-фоклин. Это объясняется достаточно высокой рыночной стоимостью традиционных фотоэлектрических батарей, которая составляет 300—400 дол. США за 1 м² рабочей поверхности. Стоимость концентраторов солнечной радиации данного типа на порядок меньше, а их применение позволяет вырабатывать в 2—2,5 раза больше электроэнергии с единицы площади рабочей поверхности.

Навигационно-сигнальные гелиотехнические системы будут состоять из трех основных частей: фотоэлектрических батарей, аккумулятора и собственно светового сигнального устройства. Их принцип действия заключается в том, что в дневное время фотоэлектрическими элементами будет вырабатываться электроэнергия. Накопленная за

день аккумуляторами, она будет использована для питания светового сигнального устройства в ночное время. Следует отметить, что фотоэлектрические батареи в принципе могут функционировать, будучи погруженными под воду.

Еще одно не менее перспективное направление в применении гелиоэнергетических систем на водном транспорте состоит в их использовании для электропитания малогабаритных мобильных систем связи и аварийных сигнальных устройств. Это могут быть радиостанции, радиомаяки, сигнальные фонари и др. Для этих целей лучше всего подходят компактные складные фотоэлектрические батареи. Они легкие и малогабаритные, например, габариты фотобатареи мощностью 50 Вт в сложенном состоянии не превышают 100x100x10 мм, а масса 300 г, что делает их очень удобными для использования в условиях чрезвычайных ситуаций и позволяет включать в комплект аварийно-спасательного снаряжения.

Широкое применение гелиоэнергетических систем на водном транспорте положительно скажется на экологии рек, водоемов и прибрежных участков суши, поскольку солнечные энергосистемы удовлетворяют самым жестким санитарно-экологическим нормативам. Они не оказывают никакого вредного воздействия ни на людей, ни на флору и фауну, ни на окружающую среду в целом. Потребляя и преобразуя энергию солнечного излучения, гелиосистемы не образуют никаких отходов производства. Материалы, идущие на их изготовление, а это в основном металлы и стекло, являются

достаточно химически и физически устойчивыми и негорючими, поэтому при эксплуатации гелиотехнических установок практически исключается возможность серьезных аварий, пожаров, взрывов и т. д., которые могут наносить вред окружающей среде и угрожать здоровью людей [4].

Эксплуатация гелиоэнергетической установки мощностью 100 кВт в течение года позволит сократить выброс твердых и газообразных веществ, загрязняющих окружающую среду, на 75—80 т [5].

Представленная в статье информация и результаты расчетов наглядно показывают, что гелиоэнергетические системы могут найти достаточно широкое применение на водном транспорте для решения проблем энергоснабжения различных плавсредств и стационарных объектов, а их эксплуатация может быть экономически целесообразной. Все вышесказанное свидетельствует о том, что в настоящее время разработка и внедрение гелиоэнергетических систем различного назначения на водном транспорте является делом актуальным и перспективным.

Литература

1. Справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1—6. Л.: Гидрометеоздат, 1989. Вып. 30.
2. Шпильрайн В. А. Перспективы солнечных электростанций // Вестник АН СССР. 1989. № 4.
3. А. с. 1575027 СССР. МКИ F24 J3/02 Концентратор переменной геометрии / С. Ю. Хотин, Р. С. Бабаян, С. О. Мамедиязов, М. Г. Климентьева; Заявл. 19.07.88; Опубликовано. 1990 // Бюл. № 24.
4. Зеркалов Д. В. Экологізація енергоспоживання. К.: ТОВ «Мгжар. фінтагенція», 1998.
5. Хотин С. Ю. Застосування геліотехнічних систем для енергозабезпечення харчових технологій // Наукові праці Одеської ДАХТ. 2001. Вип. 22.

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННОГО КОНТУРА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Б. П. Башуров, докт. техн. наук (НГМА), М. П. Середа
(ОАО «Новошип»)

УДК 621.436.036-192:629.5

Обеспечение надежности судового насосного оборудования на всех этапах его «жизненного цикла», включая техническую эксплуатацию (ТЭ), имеет большое практическое значение. Перспективным в

этом направлении представляется переход на систему технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию. Один из методов реализации этого направления — техническое обслуживание и ремонт

с контролем уровня надежности, заключающийся в накоплении и анализе информации о повреждениях и отказах и разработке рекомендаций по поддержанию необходимого уровня надежности в процессе ТЭ.

Другим направлением при решении указанной проблемы является создание и исследование моделей ТЭ насосов. С их помощью можно прогнозировать безотказную работу в пределах межремонтного эксплуатационного периода. Такие модели могут быть основой прогнозирования остаточного ресурса, выработки стратегии технического обслуживания и ремонта. Информация, полу-

ченая с их помощью, может служить основой для выбора и разработки методов и средств диагностирования.

Важными показателями, характеризующими функциональную надежность насосов, являются вероятность безотказной работы $P(t)$ и параметр потока отказов $w(t)$. По их значениям можно судить об энергетическом потенциале насоса, а по их изменению — о расходовании такого потенциала. В общем виде зависимости величин P и w от времени ТЭ насоса (функции надежности) в виде полиномиальных уравнений и аппроксимированных степенными выражениями приведены в работах [1—3].

Из существующего многообразия насосного оборудования применительно к судовым дизельным энергетическим установкам (ЭУ) важное значение имеют циркуляционные насосы, обслуживающие утилизационные котлы. Исходя из вышеизложенного, обследуемыми объектами стали циркуляционные насосы (ЦН) центробежного типа, работающие в составе систем теплоутилизационного контура дизельных ЭУ (параметры перекачиваемой среды: подача $Q = 10...300 \text{ м}^3/\text{ч}$; напор $H = 0,2...2,3 \text{ МПа}$; температура $T = 40...130 \text{ }^\circ\text{C}$).

Количественная оценка уровня безотказной работы основных узлов ЦН выполнена по параметру потока отказов и коэффициенту отказов в соответствии с выражениями [4]

$$\bar{w}(t) = m(t, \Delta t) / (N_0 \Delta t); \quad (1)$$

$$K_{\text{отк}} = n_k / \sum_{i=1}^m n_i, \quad (2)$$

где $m(t)$ — количество отказов насоса до наработки t ; N_0 — общее число отказов выборочного ряда ЦН до наработки t ; Δt — интервал наработки; n_k — количество отказов, происходящих на рассматриваемые узлы (детали); $\sum n_i$ — общее количество отказов насоса.

Из данных табл. 1 следует, что наиболее уязвимым элементом ЦН, изготовленных в Польше, является рабочее колесо. Основная причина их отказов — кавитационные разрушения (более 50%). Степень кавитационного поражения поверхности рабочих колес различна. В процессе ТЭ наблюдались случаи полного кавитационного разрушения рабо-

Таблица 1

Коэффициенты отказов основных узлов ЦН в составе теплоутилизационного контура							
Страна-изготовитель, марка насоса	Контактное уплотнение	Рабочее колесо	Подшипники	Уплотнительное кольцо	Вал	Корпус	Прочие узлы
Польша (40WK2-65)	0,11	0,43	0,10	0,15	0,14	0,04	0,03
Германия (54NCV3e)	0,34	0,15	0,04	0,05	0,37	0,03	0,02
Россия (ЭЦНЦ16/40; ЭЦНУ25/40)	0,39	0,12	0,18	0,17	0,04	0,09	0,01

чих колес всех ступеней насоса, в том числе и направляющих аппаратов. Это связано с низким качеством металла (бронзы) и с неправильным выбором насоса в части условий работы на всасывании. По причине износа происходит 23% отказов. Отказы элементов вследствие поломок составляют 16%, а из-за коррозии — 6%.

У немецких ЦН наибольшее количество отказов связано с контактным уплотнением (КУ). Основная причина — износ (более 70%). Особенно сильно изнашиваются обливочные элементы вала в районе КУ из-за некачественной набивки. На долю рабочего колеса в этом случае приходится 15%. Отказы элементов вследствие поломок составляет 16%, кавитации — 9% и коррозии — 4%.

ностей, температуры уплотняемой среды, формы зазора, сочетания материалов пары трения, параметров уплотняемой среды (смазывающие свойства, теплопроводность, степень загрязнения, химический состав), режимов работы (трение, вибрация, гидравлические удары, перерывы в движении, пуск под нагрузкой, периодическая работа без смазки, нагрев или охлаждение, радиальные биения). При работе КУ в таких условиях решающее значение имеет рациональная организация отвода тепловой энергии.

Сравнительный анализ полученных в процессе эксплуатации ЦН данных (табл. 2) показывает, что для КУ сальникового типа наиболее уязвимым элементом является набивка. Практически каждый второй отказ

Таблица 2

Коэффициенты отказов элементов КУ (сальниковых, торцовых) отечественных и зарубежных циркуляционных ЦН					
Страна-изготовитель, марка насоса	Элементы контактных уплотнений				
	Втулка	Набивка	Графитовые кольца	Резиновые кольца	Пружина
Польша (40YNL31,32YNL-3)	0,18	—	0,37	0,30	0,15
Германия (HCR20-5/4)	0,27	0,44	—	0,29	—
Германия (HU50-26;VBK40-23/2)	0,17	—	0,60	0,13	0,10
Россия (ЭЦНЦ16/40, ЭЦНУ25/40)	0,48	—	0,26	0,19	0,07

У отечественных ЦН наиболее уязвимым узлом, как и у немецких ЦН, является контактное уплотнение. Практически каждый третий отказ связан с выходом из строя КУ.

Уровень безотказной работы КУ зависит от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, а именно: нагрузки, скорости скольжения, шероховатости и параллельности контактных поверх-

уплотнения обусловлен этим элементом. Наиболее низкий уровень безотказной работы КУ торцового типа имеют графитовые кольца. Для отечественных и зарубежных ЦН практически каждый четвертый отказ КУ связан с выходом из строя втулок и резиновых колец.

Основные причины отказов элементов КУ, приведенные в табл. 3, можно разделить на три группы. В

Таблица 3

Страна-изготовитель, марка насоса	Причины отказов элементов КУ судовых ЦН					
	Износ	Трещины	Коррозия	Разрушение	Выкрашивание	Растрескивание
Польша (40WKL-65; 40YNL-31; 32YNL-3)	771	4	7	15	—	—
Германия (HCR20-5/4)	64	13	3	12	8	—
Германия (HU50-26; VBK40-23/2; 54.NCV3e)	51	4	—	34	7	—
Россия (ЭЦНЦ16/40; ЭЦНУ25/40)	69	10	3	8	6	2

первую группу входят отказы в результате износа и разрушения. Вторая (менее значимая) группа отказов обусловлена образовавшимися трещинами, коррозионными процессами и выкрашиванием материала. Незначительную группу составляют отказы, вызванные растрескиванием, откалыванием, потерей упругости материала, перекосами, задирами подвижных и неподвижных элементов. Такие отказы носят эпизодический характер. Используя классификацию отказов, предложенную профессором А. С. Прониковым [5] применительно к результатам выполненных исследований, можно отметить, что потенциальные отказы для КУ отечественных и зарубежных ЦН составляют около 70%, а на явные приходится до 30%.

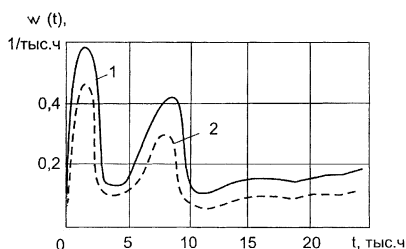


Рис. 1. Зависимость изменения параметра потока отказов зарубежных ЦН теплоутилизационного контура судовой дизельной ЭУ:
1 — Польша; 2 — Германия

Независимо от конструкции ЦН, входящее в него КУ можно рассматривать как узел динамического износа. Наиболее дорогостоящим из заменяемых элементов КУ является защитная втулка. Ее ресурс определяется как наработка до достижения

предельного износа, величина которого находится исходя из функционального (нарушение прочности, невозможность удержания утечки среды в заданных пределах) или экономического (возможность восстановления изношенной поверхности) критерия. Отказ уплотнения вследствие износа этого элемента рассматривается как отказ ЦН, так как для замены элемента необходима его разборка. Характер износа определяется условиями ТЭ уплотнения ЦН. По данным работы [6] распределение наработок на отказ пакета уплотнителя и защитных втулок подчиняется нормальному закону с коэффициентом вариации 0,23—0,39. Аналогичные результаты приведены в работе [7], где рассмотрены экспериментальные и аналитические зависимости износа пар трения от параметров нагружения. Установлено, что изнашивание вала в контакте с набивкой является эргодическим стационарным процессом. Износ распределяется по нормальному закону. В интервале скольжения 1—4 м/с износ определяется удельным давлением, коэффициентом трения и не зависит от скорости скольжения. Анализ работы ЦН с различными вариантами уплотнений, по данным зарубежных источников, показывает, что наработка на отказ при обычной набивке составляет 720 ч, а с износостойкими материалами — 6480 ч. Исходя из функционального назначения КУ сальникового типа, одним из основных требований, предъявляемым к ним, является долговечность. К причинам недостаточной долговечности можно отнести: неблагоприятную эпюру контактного давления, неравномер-

ность нагрузки на кольца набивки, отсутствие связи между давлением герметизируемой среды и контактным давлением; недостаточный отвод тепла из-за низкой теплопроводности набивочного материала.

Статистические исследования безотказной работы судовых ЦН, представленные в виде зависимостей параметра потока отказа и вероятности отказа от наработки (рис. 1, 2), свидетельствуют о сохранении общей тенденции изменения функции $w = f(t)$ как в пределах приработочного режима работы $t = (0...10) \cdot 10^3$ ч, так и стабилизированного режима $t = (10...25) \cdot 10^3$ ч. Наибольшая ин-

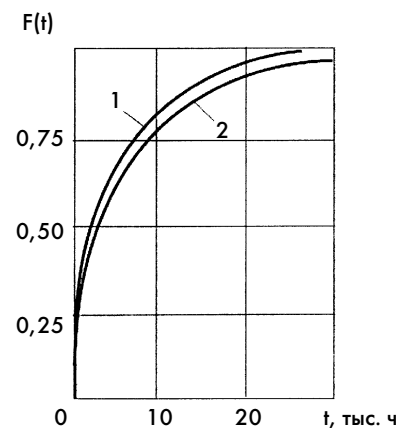


Рис. 2. Зависимость изменения вероятности отказов зарубежных ЦН теплоутилизационного контура судовой дизельной ЭУ:
1 — Польша; 2 — Германия

тенсивность потока отказов наблюдается в области приработочного режима, при этом соотношение $w_{пр}/w_{ст} \cong 3,5$.

Характер изменения функции $F = f(t)$ с увеличением эксплуатационного периода практически одинаков — возрастающий. Наиболее уязвимы с точки зрения вероятности появления отказа польские ЦН, в лучшем положении находятся немецкие ЦН. Разница между $F(t)_{max}$ и $F(t)_{min}$ в пределах рассмотренной наработки не постоянна: в области $t = (0...10) \cdot 10^3$ ч возрастает, достигая $\Delta F(t) = 0,08$ при $t = 10 \cdot 10^3$ ч; в зоне $t = (10...25) \cdot 10^3$ ч падает и при $t = 25 \cdot 10^3$ ч равна $\Delta F(t) = 0,04$.

Зависимость параметра потока отказов от наработки торцовых КУ отечественных и зарубежных насосов теплоутилизационного контура судовых дизельных ЭУ приведена на рис 3.

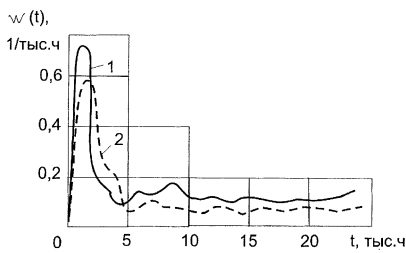


Рис. 3. Зависимость изменения параметра потока отказов от наработки торцевых КУ насосов теплоутилизационного контура судовых дизельных ЭУ: 1 — отечественные; 2 — зарубежные

В исследованном диапазоне наработки зависимость $w = f(t)$ можно разделить на две зоны (два периода эксплуатации с разным уровнем работоспособности). Для отечественных и зарубежных ЦН характер изменения функции $w = f(t)$ практически одинаков. Наибольшее изменение $w(t)_{пр}$ приходится на период технической эксплуатации $t_1 = (0...5) \cdot 10^3$ ч. Для отечественных ЦН $w(t)_{max} = 0,76$, зарубежных — примерно в 1,3 раза меньше. В этом временном интервале происходит приработка элементов КУ, а поэтому вероятность возникновения потенциальных и явных отказов максимальна. В этот период выявляются детали с низким уровнем функциональной надежности (происходит отсеивание деталей).

Во второй области $t_{11} = (5...20) \cdot 10^3$ ч происходит стабилизация величины $w(t)_{ст}$, хотя незначительное колебание и имеет место. В большей степени оно проявляется у ЦН отечественного производства. Это вызвано внезапными отказами КУ. Таким образом, по изменению $w(t)$ можно судить о режиме работы КУ. В первом временном интервале это будет приработочный режим, а во втором — стабилизированный. Осредненные значения параметра потока отказов в исследованном диапазоне наработки для отечественных ЦН составляют $w(t)_{ср} = 0,17$, а зарубежных — $w(t)_{ср} = 0,13$.

На основе данных статистического эксперимента безотказной работы ЦН для межремонтного эксплуатационного периода получены следующие регрессионные зависимости параметра потока отказов и вероятности их отказов:

$$\begin{aligned} \bar{w}(t) = & -3,682t^8 + 36,199t^7 - \\ & - 146,272t^6 - 312,489t^5 - \\ & - 377,484t^4 + 255,003t^3 - \\ & - 88,582t^2 + 12,607t - 0,034 \end{aligned}$$

(польские насосы; критерии значимости: среднееквадратическое отклонение $S = 0,065$; критерий Фишера для регрессии $F = 4,645$; степени свободы $f_1 = 19$ и $f_2 = 12$);

$$\begin{aligned} \bar{w}(t) = & -4,333t^8 + 41,831t^7 - \\ & - 165,581t^6 + 345,351t^5 - \\ & - 405,299t^4 + 263,840t^3 - \\ & - 86,839t^2 + 11,116t + 0,071 \end{aligned}$$

(немецкие насосы; $S = 0,061$; $F = 3,525$; $f_1 = 19$ и $f_2 = 12$);

$$\begin{aligned} \bar{w}(t) = & 1,609t^9 - 18,601t^8 + \\ & + 91,516t^7 - 249,647t^6 + \\ & + 411,624t^5 - 418,588t^4 + \\ & + 255,560t^3 - 85,585t^2 + \\ & + 12,193t - 0,007 \end{aligned}$$

(контактные уплотнения зарубежных ЦН; $S = 0,032$; $F = 31,783$; $f_1 = 24$ и $f_2 = 16$);

$$\begin{aligned} \bar{w}(t) = & 5,752t^9 - 63,437t^8 + \\ & + 294,944t^7 - 751,079t^6 + \\ & + 1138,162t^5 - 1042,378t^4 + \\ & + 557,886t^3 - 157,882t^2 + \\ & + 18,093t + 0,026 \end{aligned}$$

(контактные уплотнения отечественных ЦН; $S = 0,071$; $F = 8,358$; $f_1 = 24$ и $f_2 = 16$);

$$F(t) = -0,252t^2 + 0,951t + 0,106$$

(немецкие насосы; $S = 0,098$; $F = 14,592$; $f_1 = 6$ и $f_2 = 5$; область применимости $t = 0...18$ тыс. ч);

$$F(t) = -0,278t^2 + 1,016t + 0,129$$

(польские насосы; $S = 0,119$; $F = 9,075$; $f_1 = 6$ и $f_2 = 5$; $t = 0...18$ тыс. ч).

В качестве примера практической апробации полученных уравнений выполнен расчет параметра по-

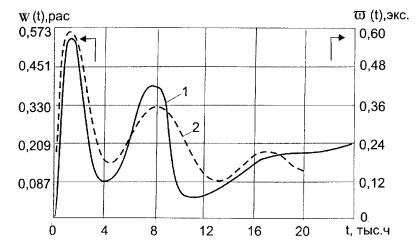


Рис. 4. Динамика потока отказов циркуляционных насосов теплоутилизационного контура судовых дизельных ЭУ в межремонтном эксплуатационном периоде: 1 — эксплуатация; 2 — расчет по формуле (1)

тока отказа $w(t)$ для межремонтного эксплуатационного периода для зарубежных ЦН с использованием (1). Результаты расчета представлены на рис. 4.

Анализ полученных результатов свидетельствует о хорошей сходимости эксплуатационных и расчетных данных.

Таким образом, полученные на основе статистического эксперимента математические модели могут быть использованы для прогнозирования показателей безотказной работы эксплуатируемых и проектируемых ЦН, аналогичных по конструктивному исполнению и функционированию, а также в качестве основы для определения их остаточного ресурса, выработки стратегии технического обслуживания и ремонта.

Литература

1. Башуров Б. П. Вероятностные модели эксплуатационной надежности насосов // Изв. ВУЗов. Энергетика. 1989. № 4.
2. Башуров Б. П. Прогностические модели эксплуатации насосов танкеров // Судостроение. 1989. № 10.
3. Башуров Б. П. Эксплуатационные качества насосов теплоутилизационных и паровых контуров дизельных энергетических установок // Энергетика. 1987. № 7.
4. Методические указания по сбору, обработке и использованию эксплуатационной информации о надежности судовых технических средств и конструкций в пароморских РД 31.22.02-83. М.: В/о «Мортехинформреклама», 1984.
5. Проников А. С. Надежность машин: М.: Машиностроение, 1978.
6. Будов В. М. Судовые насосы: Справочник. Л.: Судостроение, 1988.
7. Гафт Я. З., Иткин Б. А. Исследование изнашивания пары трения сальниковая набивка — вал // Насосы для технологических линий. М., 1987.

АМОТИЗАЦИЯ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ ТРОСОВЫМИ И КОМБИНИРОВАННЫМИ ВИБРОИЗОЛЯТОРАМИ

М. А. Минасян, канд. техн. наук (СПб ГМТУ)

УДК 621.039.58:629.5

Создание высокопроизводительных машин и скоростных транспортных средств, форсированных по мощности, нагрузкам и другим рабочим характеристикам, неизбежно приводит к увеличению интенсивности и расширению спектра вибрационных и виброакустических полей. Поэтому особое значение приобретают методы и средства уменьшения вибрации [1].

Среди методов и средств борьбы с вибрацией главных машин, виброактивного оборудования и вспомогательных механизмов на первом месте по эффективности находятся средства виброизоляции.

В качестве материала упругих элементов используют различные полимеры, пластмассы, резины, металлы и их сплавы, цельнометаллические упругодемпфирующие элементы (УДЭ) из пресованной нержавеющей проволоки, предварительно навитой в спираль, стальные канаты, металлическую пыль, а также пробку, войлок, жидкости и газы. По материалу упругого элемента виброизоляторы делятся на резиновые, резинометаллические, пружинные, сетчатые, канатные (тросовые), пнев-

матические, жидкостные и комбинированные.

Выбор материала упругого элемента только внешне может показаться несложной операцией. Скрупулезный учет характерных свойств и особенности материала в сопоставлении с требованиями, которые предъявляются к конкретной виброзащитной системе, выявляет всю сложность проблемы выбора. Первым шагом к обоснованному выбору материала является анализ его характерных особенностей.

Сравнительные свойства амортизирующих конструкций, изготовленных с применением различных упругих элементов, приведены в таблице [2, 3]. Свойства стального каната включены автором в таблицу отдельно от свойств металловолоконных структур (проволока-путанка, металлическая сетка или пористый материал), так как упругие элементы виброизоляторов из стального каната хорошо работают и на растяжение и на сдвиг, обеспечивают собственную частоту менее 10 Гц и обладают отличной способностью нести малые нагрузки. Опыт подсказывает [4], что вещи, содержащие свободные и гиб-

кие соединения, например, плетеные корзины, более долговечны, поскольку часть упругой энергии расходуется на трение. Поэтому по структуре стальные канаты — наиболее подходящие материалы для использования в качестве упругих элементов виброизоляторов. В связи с этим представляется оптимальным применение их в условиях вероятного воздействия различных агрессивных сред и в других специфических условиях эксплуатации.

В известных конструкциях виброизоляторов упругие элементы представляют собой систему коротких криволинейных стержней, выполненных из одного или нескольких отрезков троса с закрепленными или свободно скользящими концами, помещенными в опорные элементы. Каждый упругий изолирующий элемент имеет свои характеристики, определяемые диаметром троса, количеством жил, длиной троса и степенью его скрученности, количеством витков, полувитков (или отрезков) в элементе, а также формой упругого элемента в целом и его пространственной ориентацией. Рабочие части отрезков троса обладают требуемой несущей способностью и большим демпфированием. В процессе нагружения они испытывают деформации изгиба, кручения и сжатия.

В настоящее время известно около 50 конструктивных видов канатных виброизоляторов [4, 5], а автором разработаны и запатен-

Сравнительные свойства упругих элементов амортизаторов

Материал	Работоспособность			Обеспечение собственных частот		Способность нести нагрузки		Степень деформирования	Стойкость к воздействию		Долговечность
	Сжатие	Растяжение	Сдвиг	≤ 10 Гц	10÷30 Гц	Малые нагрузки	Высокая интенсивность		коррозии и растворителей	высоких температур	
Эластомеры	О	Х	Х	У	О	О	Х	Х	Х	У	У
Стальные пружины	О	О	П	О	О	О	О	О	О	О	О
Металлическая резина (путанка)	О	П	П	П	Х	Х	О	О	О	О	О
Металлическая сетка или пористый металл	О	П	П	П	Х	Х	О	О	О	О	О
Стальной канат (трос)	Х	Х	Х	О	О	О	Х	О	О	О	Х
Композитные полимерные материалы	Х	Х	П	У	Х	О	У	У	Х	Х	Х
Пневматические оболочки	О	У	У	О	—	П	О	У	У	У	У
Магнитоидкостные элементы	Х	Х	П	У	Х	О	П	Х	У	П	П

Условные обозначения: О — отлично; Х — хорошо; У — удовлетворительно; П — плохо.

тованы 25, некоторые из которых представлены на рис. 1, 2 [6].

Упругие элементы виброизоляторов выполнены из стального каната и имеют форму тора, гиперболы, сферы, цилиндра и т. п., а опорные элементы — форму фланца, кольца, полукольца, пластины, планки.

Автором разработаны также комбинированные виброизоляторы, в которых конструктивно с тросом объединены упругие и демпфирующие элементы из различных материалов с параллельным, последовательным или смешанным соединениями [6].

Например, пружинный виброизолятор с демпфирующим элементом представлен на рис. 1, л, содержит цилиндрическую пружину 1, которая для простоты на рисунке изображена одновитковой конструкцией (частный случай: АКПО — амортизатор корабельный пружинный одновитковый [7, 8]), проушины 2, 3 для крепления с одной стороны к виброизолируемому объекту 4, а с другой стороны — к фундаменту или раме 5, демпфирующий элемент 6, средства оконцовки 7, 8 и крепления концов демпфирующего элемента 6.

Средства оконцовки и крепления концов демпфирующего элемента обеспечивают фиксацию его концов непосредственно в местах крепления пружины 1 к фундаменту 5 и к опорным конструкциям объекта 4 или в других точках этого объекта. При сборке пружинного виброизолятора с демпфирующим элементом важное значение имеет надежность соединения в местах закрепления концов 7 и 8 демпфирующего элемента 6. Виброизолятор обеспечивает также регулировку демпфирующих характеристик благодаря возможностям изменения угла, плотности, полноты навивки, длины и места крепления концов каната.

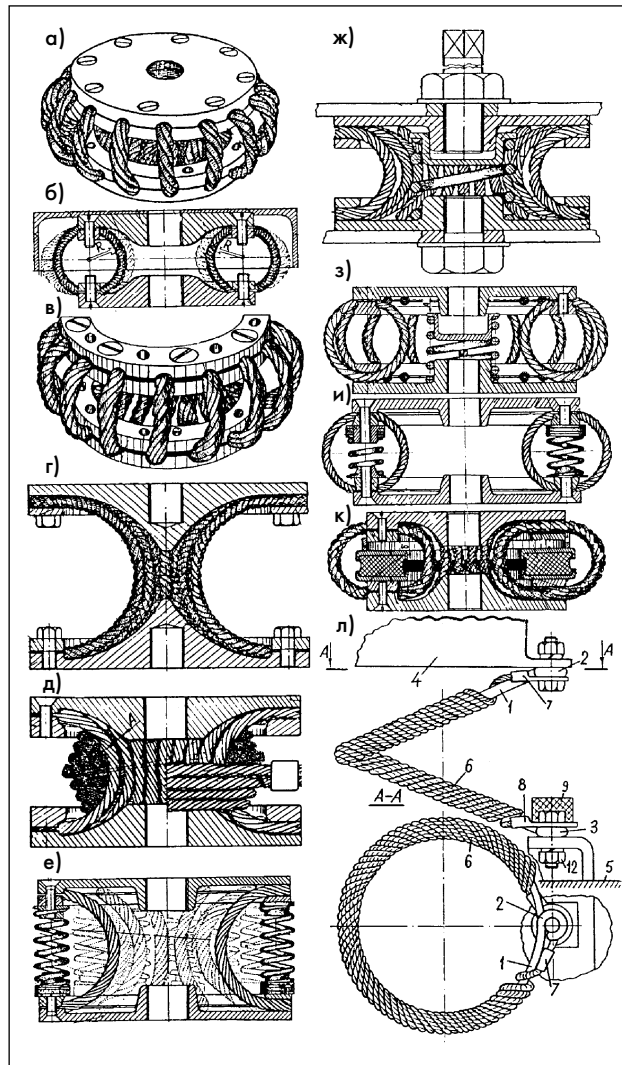


Рис. 1. Конструкция канатных и комбинированных виброизоляторов: а, б — с торообразным упругим элементом; в — с упругим элементом в форме незамкнутого тора; г — гиперолоидообразный; д — гиперолоидообразный с бухтой; е, ж — гиперолоидообразные с пружинами; з, и, к — торообразные с пружинами и резиновым кольцом; л — пружинный с демпфирующим элементом

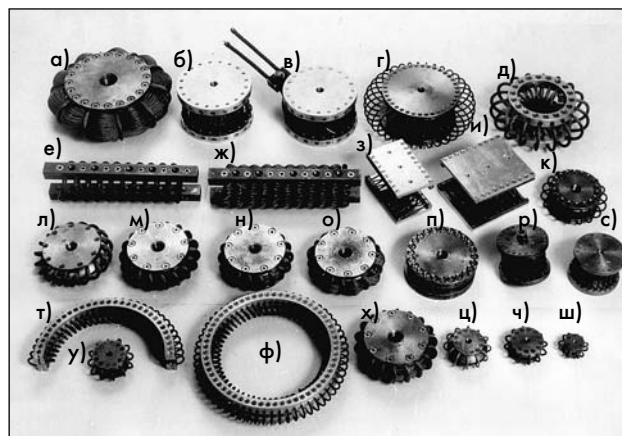


Рис. 2. Опытные образцы канатных и комбинированных виброизоляторов: а-д, к-с, у-ш — круглые, т — полукруглый, е-и — плоские

От воздействия вибрации и ударов как со стороны объекта, так и со стороны основания 5 происходит ослабление и низких и высоких частот благодаря пружине 1.

Демпфирующий эффект обеспечивает элемент 6, выполненный из стального жгута, за счет упругой деформации и внутреннего вязкого трения в материале проволоки и внешнего (сухого) трения между проволоками жил каната, а также между витком пружины 1 и канатного жгута. При ударах резиновый элемент 9 работает в качестве буфера.

Применение в виброизоляторах типа АКПО устройства 6 позволит не только расширить область применения, но и существенно увеличить эффективность виброизоляции объекта, срок службы и надежность.

Канатные и комбинированные виброизоляторы сочетают высокую несущую способность (охватывают диапазон статических нагрузок от 1 до 50 000 Н) с высокой податливостью при динамических воздействиях: их собственные частоты могут достигать 2,5 Гц [2, 3, 9].

Имея значительное допустимое динамическое перемещение, тросовые виброизоляторы эффективно гасят удары, а внутреннее демпфирование обеспечивает поглощение и рассеяние большей части энергии низко- и высокочастотных колебаний. Внутреннее демпфирование происходит за счет трения между жилами троса по закону упругого гистерезиса, что особенно важно при резонансе.

Надежное гашение ударов и ослабление вибрации обеспечиваются независимо от направления их действия. Такие виброизоляторы хорошо противостоят вибрационным и линейным перегрузкам, выдерживают многократные удары высокой интенсивности длительностью 0,05—0,1 с, имеют по-

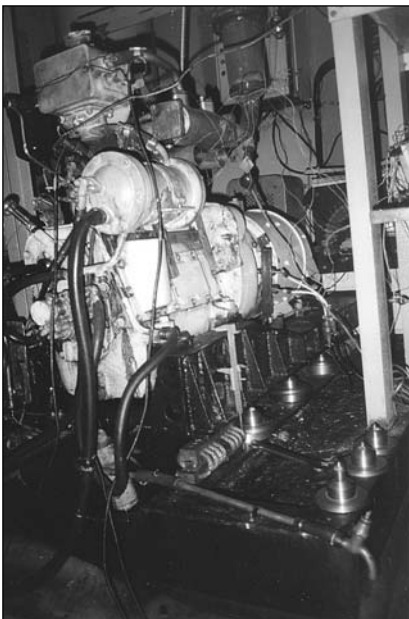


Рис. 3. Дизель-генератор типа ДГА-8 с цилиндрическими канатными виброизоляторами

глошающую способность, близкую к пружинным виброизоляторам, а по рассеивающей превосходят проволоку-путанку. При самых худших условиях перемещение на 75% свободного хода снижает удар до значений, обеспечивающих необходимую безопасность объекта. Канатные и комбинированные виброизоляторы могут работать в различных климатических

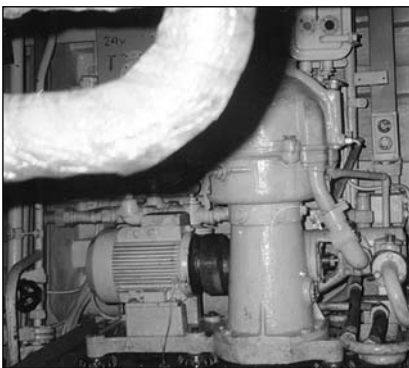


Рис. 4. Центробежный сепаратор топлива УДК-301У (СЦ-1,5) с круглыми торообразными канатными виброизоляторами

условиях, храниться в течение 10 лет. Зарубежный опыт проектирования виброизолирующих систем позволяет установить максимально допустимый диапазон ударных нагрузок от 15 до 25 г [3].

Канатные виброизоляторы из нержавеющей стали практически не подвержены воздействию окружаю-

щей среды. Они эффективно работают при температурах от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+370\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при наличии масла, грязи, песка, соляного тумана и т. д. Такая нечувствительность к агрессивным средам позволяет до минимума сократить трудозатраты на их техническое обслуживание. Обычно они имеют срок службы, сопоставимый со сроком службы самого изолируемого объекта.

Анализ научно-технической и патентной литературы [2–5, 10, 11] показал, что за рубежом тросовые виброизоляторы находят широкое применение в различных областях техники, в том числе военной (авиация и космонавтика, военно-морской флот и т. д.). В России канатные виброизоляторы изредка можно встретить в системах виброзащиты радиоэлектронной аппаратуры и горной промышленности для защиты операторов горных машин [5].

Разработкой тросовых виброизоляторов в конце 80-х и начале 90-х годов XX века занимались в ЦНИДИ [11]. В настоящее время в нашей стране фирмой «Тромак» выпускаются канатные дисковые (рис. 2, н) и цилиндрические (рис. 2, е) виброизоляторы [2].

Неоднократное экспонирование автором канатных виброизоляторов на международных выставках показало, что они еще недостаточно известны инженерно-техническим работникам [12].

В зарубежном судостроении канатные виброизоляторы применяются для виброизоляции интенсивных источников вибрации и структурного шума, для защиты от вибрации и удара различной электронной аппаратуры, используются в специальных контейнерах для перевозки газотурбинных двигателей и другого оборудования, требующего виброзащиты [2, 3].

Канатные виброизоляторы фирмы Aegeflex применены, например, в специальном устройстве, предназначенном для уменьшения вибрации корпуса судна [1]. Указывается, что оно способно уменьшить вибрацию, передаваемую корпусу от гребного винта, на 60–90%. Канатные виброизоляторы этой же фирмы применяются также для снижения вибрации судовых дизелей.

Все более широкое применение находят виброизолирующие канатные устройства при монтаже обо-

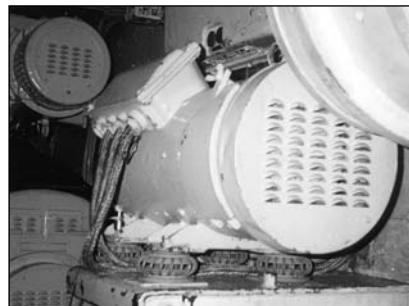


Рис. 5. Преобразователь АМг-52 с круглыми торообразными канатными виброизоляторами

рудования корабельных электронных средств, систем автоматики, навигации и связи. Специальные изолирующие крепления устанавливаются для уменьшения ударных нагрузок, которым может подвергаться оборудование при стрельбах и близких разрывах снарядов. При установке на виброизоляторы удар, воздействующий на оборудование, может быть снижен в десять и более раз.

Наиболее эффективную защиту электронных приборов при испытаниях в судовых условиях от воздействия ударов и вибрации показали канатные виброизолируемые конструкции для индикаторных устройств локационных установок, комбинированных приборов пультов, шкафов автоматики и другого электронного оборудования.

Канат в качестве виброизолирующей конструкции используется в



Рис. 6. Газоотвод дизель-генератора ДГА 50-9 с упругой подвеской — гиперболоидообразным виброизолятором

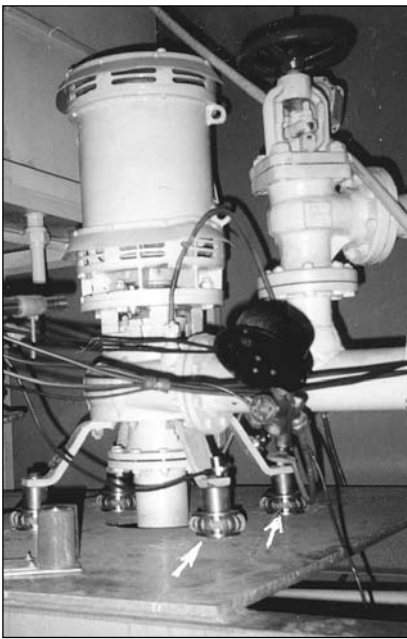


Рис. 7. Центробежный водяной насос ЦНЦВ 100/30 с торообразными канатными виброизоляторами

системах виброзащиты переносного и телескопического перфоратора, подвески сидения, виброзащитных площадок, подножек и кареток [5].

Эффективность виброзащитной канатных виброизоляторов и другие их преимущества подтверждены также результатами теоретических и экспериментальных исследований на специальных стендах ЦНИДИ, Военно-морской академии им. Н. Г. Кузнецова и СПбГМТУ [3–5].

Некоторые примеры практического использования канатных и комбинированных виброизоляторов представлены на рис. 3–7. На рис. 8 приведены результаты экспериментальных исследований дизель-генераторных агрегатов ДГА 50-9 и ДГА-8. Виброизоляторы АКСС-220М были смонтированы под ДГА 50-9 в 1988 г. и после 8 лет службы приобрели отрицательную эффективность виброзащиты в области частот от 5 до 240 Гц (см. рис. 8, а). Поэтому срок службы 10 лет для резиновых амортизаторов, по-видимому, не может быть оправдан, так как с течением времени при длительном воздействии переменных нагрузок большой амплитуды динамические характеристики изменяются и независимо от условий эксплуатации резина стареет [7].

Для ДГА-8 были использованы новые резиновые виброизоляторы

АКСС-160И. Однако и при них эффективность защиты в области частот от 5 до 63 Гц является отрицательной и составляет 3 дБ.

Из представленных результатов следует, что канатные виброизоляторы обладают высокой эффективностью виброзащиты по всему спектру частот.

Канатные виброизоляторы с торообразным упругим элементом (см. рис. 1, а) были установлены на рефрижераторных судах «Иван Кулибин» и «Федор Бредихин» водоизмещением по 5500 т, построенных на Гданьской судовой верфи, под дизель-генераторами типа 5А125 общей массой 16,4 т, мощностью 552 кВт при частоте вращения 750 мин⁻¹ [13]. Спектры вибрации дизель-генератора, установленного на различные типы виброизоляторов (рис. 9), демонстрируют очевидное преимущество канатных виброизоляторов перед двумя другими.

Двухлетний испытательный срок канатных виброизоляторов в реальных условиях эксплуатации на судне «Иван Кулибин» и трехлетний на суд-

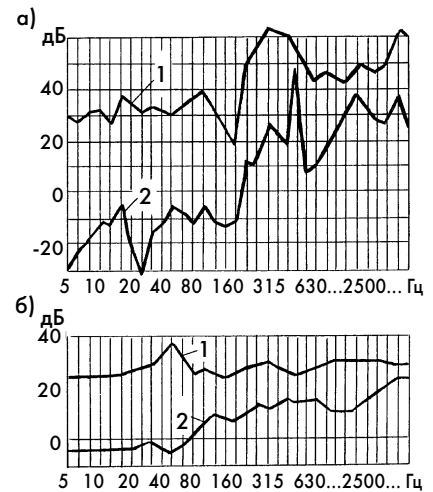


Рис. 8. Вибрационная эффективность резино-металлических (АКСС) и цилиндрических канатных (ЦКВ) виброизоляторов: а — дизель-генераторный агрегат ДГА 50-9; 1 — ЦКВ-220; 2 — АКСС-220М; б — дизель-генераторный агрегат ДГА-8; 1 — ЦКВ-160; 2 — АКСС-160И

не «Федор Бредихин» подтверждают их работоспособность и перспективность работ по дальнейшему их совершенствованию.

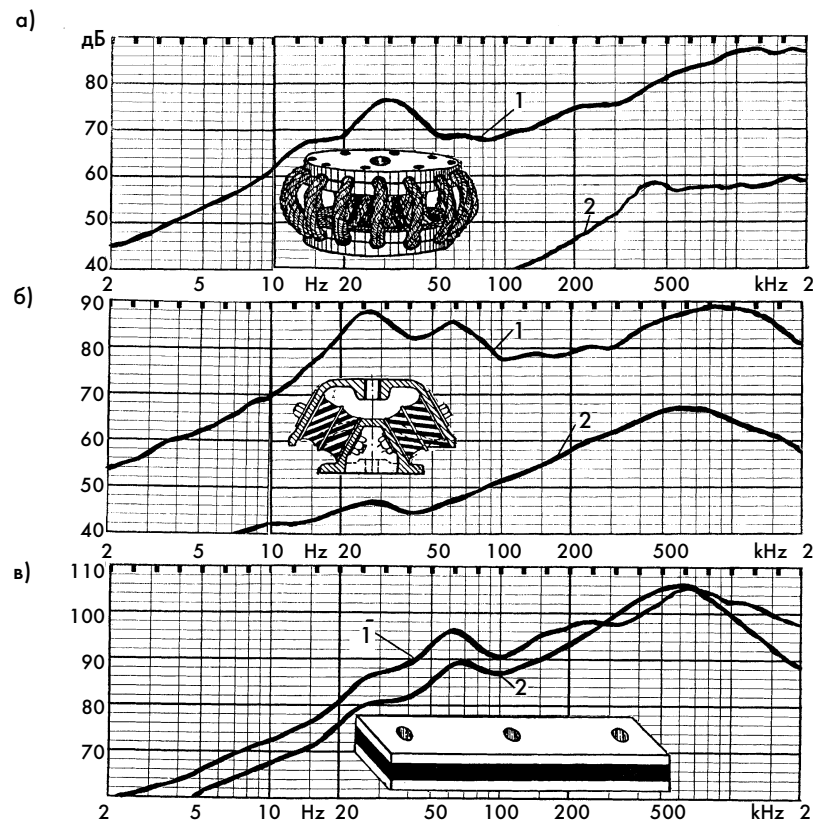


Рис. 9. Спектры вибрации на нижней полке подmotorной рамы дизель-генератора 5А125 перед виброизоляторами (1) и на судовом фундаменте за виброизоляторами (2): а — канатные виброизоляторы; б — виброизоляторы HDI Metalastik; в — резино-металлические виброизоляторы

С 1988 г. по настоящее время канатные виброизоляторы находят в эксплуатации в системах виброизоляции центробежного сепаратора топлива УДК-301У (СЦ-1,5), воздухохода АМК-4ПС, газоотвода дизель-генераторного агрегата ДГА 50-9 (см. рис. 6), центробежного водяного насоса НЦВ 100/30 (см. рис. 7) и с 2000 г. — гомогенизатора А1-ОГМ.

Канатные виброизоляторы могут успешно использоваться не только в качестве опорных, но и неопорных упругих связей, например, подвесок трубопроводов и упругих муфт [14].

Таким образом, канатные и комбинированные виброизоляторы могут применяться практически во всех областях современной техники — в судостроении, энергомашиностроении, автомобилестроении, авиации и космонавтике, других отраслях промышленности. В частности, разработанные автором виброизоляторы

защищены патентами РФ, экспонировались на выставках, неоднократно награждались дипломами, а на Московском международном салоне промышленной собственности «Архимед» отмечены одной серебряной и тремя золотыми медалями [12].

Литература

1. Вибрация в технике: Справочник. Т. 6. Защита от вибрации и ударов/Под ред. К. В. Фролова, М.: Машиностроение, 1981.
2. Ионов А. В. Средства снижения вибрации и шума на судах. СПб.: ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, 2000.
3. Ельник А. Г., Антомошкин А. Ю. Защита судового оборудования от ударов и вибрации с помощью спиральных тросовых виброизоляторов//Судостроение за рубежом. 1986. № 2.
4. Горбунов В. Ф., Резников И. Г. Канатные виброизоляторы для защиты операторов горных машин. Новосибирск: Наука, 1988.
5. Минасян М. А. Спиральные тросовые виброизоляторы/Деп. рукопись в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. № ДР 3778, 2000.
6. Минасян М. А. Новое в конструкции виброизолирующих креплений двигателей внутреннего сгорания/Деп. рукопись в ЦНИИ

им. академика А. Н. Крылова. № ДР 3779, 2000.

7. Беляковский Н. Г. Конструктивная амортизация механизмов, приборов и аппаратуры на судах. Л.: Судостроение, 1965.
8. Найдено О. К., Петров П. П. Амортизация судовых двигателей и механизмов. Л.: Судпромгиз, 1962.
9. Горин С. В., Пшеницын А. А., Лычков А. И. Упругодемпфирующие элементы из прессованной проволоки для судового оборудования//Судовые энергетические установки. 1997. № 4.
10. Минасян М. А. Области применения спиральных тросовых виброизоляторов/Деп. рукопись в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, № ДР-3729, 1999.
11. Макаренко А. И., Минасян М. А. Нетрадиционные способы виброизоляции дизелей//Двигателестроение. 1991. № 3.
12. Каталог Московского международного салона промышленной собственности «Архимед» 2001—2003 гг.
13. Минасян М. А. Опыт практического использования спирального тросового виброизолятора в судовых условиях//Двигателестроение. 1996. № 2.
14. Минасян М. А. Успокоители поперечных колебаний двигателей/Деп. рукопись в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. № ДР 3668, 1998.

ABSTRACTS

Dubovets A. B., Kaipov R. A., Schegolev L. I. Nuclear lighter-*aboard* ship «Sevmorput'» is 15 years old

The authors give description of the first-in-the-world nuclear ice-breaking cargo vessel - lighter-*aboard*/container carrier «Sevmorput'» and its power plant in connection with the 15th anniversary of its operation. They underline the advantages of the vessel and revealed drawbacks of the project. Propositions for elimination of the latter are made.

Kobylynsky A. V., Salazhov V. I. Ship's hydrodynamic field. Theory and practical issues

The authors consider issues connected with research of ship's hydrodynamic field reaction on which is used in fuses of modern mine weapons. Problem of utilization of hydrodynamic disturbances produced by underwater objects is considered with reference to detection of these objects and guiding torpedo weapons on them.

Zhivotovskiy G. A., Rodionov A. A. Complex calculation of strength of foils of hydrofoil vessels

The article tells about developed algorithms of calculation for strength, stability and vibration on the basis of method of vortical particles and method of finite elements of foils with any given geometry. Determination of external loading takes into account particulars of hydrodynamic arrangement. Results of some calculations for HFS «Comet» are given.

Shitov A. I. Refined calculations of stability of cylindrical hulls of underwater technical facilities

The author proposes to use simplified formulas for calculation of local stability of hull shell between frames of underwater technical facilities (UTF) and general stability of compartment with frames, refines subcritical stress condition of shell in calculation of local stability and takes into account discreteness and eccentricity of external frames in calculations of general stability. Proposed formulas can be used for calculation of strength at all stages of design, operation and repair of UTF hulls.

Sazonov K. E. Influence of cylindrical insert upon ice propulsion and steerability of large capacity vessels

Influence of cylindrical insert upon propulsion and steerability of large capacity tanker in ice, including issues of ice resistance calculation, is considered. Results of calculation of ice resistance of cylindrical insert at variations of empirical factor are presented.

Postnov A. A. Submarines on Volga

The author considers stages of development of Design Bureau «Lazurite» and main projects of submarines that have been designed by this Bureau during 50 years.

Abramov Yu. V., Polovinkin V. N. New blastproof system of rescue of submarine crew

The authors analyze design of existing means of rescue from emergency submarine (floating rescue camera, emergency-escape hatch, floating buoy) and give short description of developed and patented blastproof system of collective rescue of crew.

Radchenko P. M. Floating mobile semi-submersible wind power station

Advantages of positioning wind power stations at sea and drawbacks of stationary sea wind installations are shown. Various methods of elimination of heaving, provision of ice resistance and stability of floating wind installations are considered.

Hotin S. Yu. Validating of expediency of use of solar power systems

Reprint from magazine «Bulletin of Odessa National Maritime University».

Bashurov B. P., Sereda M. P. Prediction models of failure-free operation of circulating pump of heat utilization contour of shipboard diesel power plants

The authors describe prediction models of failure-free operation of circulating pump of heat utilization contour of shipboard diesel power plants based upon the results of statistic researches with the use of factological information. The models can be used during forecasting of flaw and probability of failures, determination of residual life, elaboration of strategy of maintenance and repair of pumps being operated and designed that are similar in construction and functioning.

Minaasyan M. A. Damping of shipboard mechanisms, devices and equipment by rope and combined vibration isolators

Properties of springing elements of various types of vibration isolators are considered. Expediency of application of rope and combines vibration isolators is validated. Results of experimental research and practice of their use in real operational conditions are presented.

Il'in N. A. Compressed air system for breathing of divers

The author proposes design of the system, requirements for components that provide keeping of purity of compressed air used for breathing of divers. It is shown that principal scheme of compressed air system for breathing of divers can be used during designing of shipboard, motor-car and container diving complexes.

Klyachko L. M., Ostretsov G. E. Methods of automatic control of ship in case of availability of CHC receiver and fore thrusting propeller

The article considers the laws of automatic control of vessels movement by specified course angle with fixed drift angle (including zero drift angle, as well as with set speed of side movement of vessel during mooring with simultaneous stabilization of specified course angle). It describes logic conditions utilization of which allows to increase efficiency of operation of existing autopilots.

Zimnitsky Yu. A., Hvalynsky V. N. Experimental check of influence of low-frequency of vibration treatment upon operational reliability of hull structures

The authors present results of experimental researches of operational reliability of hull structures manufactured according to technology accepted today and subjected to low-frequency vibration treatment for decreasing of residual welding stresses. It is shown that use of LFVT can decrease durability of structures at acting requirements to quality of welded joints in shipbuilding.

Kachinsky R., Chulkin S. G. Water lubricated bearings for shipboard mechanical equipment

Prospective friction couples for shipboard equipment are considered. The authors present results of experimental researches of friction couples in which idea of wearing of binary surfaces at water lubricating is realized.

Molchanov A. Yu., Antonenko I. N. System of integrated logistics support: program realization

The author considers program system of integrated logistics support of a product that is intended for control of operation of main production facilities and gives possibility of optimization of costs during all life-cycle of technically complex product.

Eremeev V. I. Modernization of river tankers of project 1754

The author proposes a change of structure of river tankers that envisages existence of double bottom and double boards that are formed by two frameless semi-cylinders connected by bridge and cut-in into transverse bulkheads. Proposed changes are based upon two patents of the author. New structure differs by lesser steel intensity and better processibility.

СИСТЕМА СЖАТОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ДЫХАНИЯ ВОДОЛАЗОВ

Н. А. Ильин (ФГУП ЦМКБ «Алмаз»)

УДК 629.5.048.78.25

Система сжатого воздуха для дыхания водолазов, предусмотренная на морском водолазном судне пр. 11980, наиболее полно соответствует требованиям руководящих документов «Правила водолазной службы военно-морского флота (ПВС ВМФ-85)» и «Единые правила безопасности труда на водолазных работах» (РДЗ1.84.01—90). Принципиальная схема (рис. 1), положенная в основу разработки этой системы, может быть использована при проектировании других судов с водолазными комплексами. Опыт работы ФГУП ЦМКБ «Алмаз» по проектированию систем сжатого воздуха для дыхания водолазов обобщен в РД5Р.5461—93.

Система сжатого воздуха для дыхания водолазов предназначена для компрессирования атмосферного воздуха до давления 19,6 МПа, осушки, очистки, хранения запасов сжатого воздуха для использования в аварийных случаях, дросселирования и распределения его по потребителям. Сжатый воздух, пригодный для дыхания водолазов, подается в водолазное снаряжение, барокамеру, колокол, на зарядку баллонов дыхательных аппаратов, приготовление дыхательных газовых смесей, для проверки герметичности системы, барокамеры и колокола. Система обеспечивает:

осушку и очистку сжатого воздуха в соответствии с требованиями нормативов руководящих документов;

непрерывную и надежную подачу воздуха работающему и страхующему водолазам одновременно;

хранение неснижаемого запаса воздуха в баллонах для подъема водолазов с рабочей глубины по режимам декомпрессии в случае аварийной остановки компрессоров, а также спуска страхующего водолаза;

подачу воздуха водолазам при аварийной задержке их под водой с экспозицией до 360 мин и декомпрессией по аварийным режимам;

проведение лечебной рекомпрессии водолазов с участием врача в барокамере;

скорость повышения давления в барокамере и колоколе не менее 0,19 МПа/мин;

периодическую очистку баллонов и дезинфекцию трубопроводов в процессе эксплуатации системы без их демонтажа или с минимальной разборкой.

В состав системы входят: воздушные компрессоры, блоки осушки и очистки воз-

духа, фильтры очистки воздуха от вредных веществ, баллоны-воздухохранители, воздухораспределительные щиты и пульта управления, трубопроводы, арматура, водолазные шланги, оборудование для очистки баллонов и дезинфекции трубопроводов.

Системы сжатого воздуха для дыхания водолазов, как правило, проектируются на рабочее давление 14,7; 19,6 или 39,2 МПа. Рабочее давление в системе выбирается с учетом максимального давления потребителей и возможного уменьшения количества баллонов с запасом сжатого воздуха. Расход воздуха в системе определяется рабочей глубиной, количеством водолазов, одновременно работающих на грунте, типом водолазного снаряжения, барокамеры и колокола.

На глубинах до 60 м, как правило, используются вентилируемое и универсальное снаряжение. Из данных табл. 1 видно, что наибольший расход воздуха имеет водолазное вентилируемое снаряжение. Естественно, что система должна обеспечивать работу водолазов в любом из указанных видов снаряжения.

Наиболее напряженным режимом работы водолазного комплекса является спуск одновременно двух водолазов на глубину 60 м в вентилируемом снаряжении с аварийной задержкой их на грунте в течение 360 мин и проведение декомпрессии в воде по аварийным режимам.

Суммарный расход воздуха для обеспечения работы водолазного комплекса в этом режиме определяется по формуле

$$\Sigma Q_p = 1,1 q_{\text{сн.макс}} n P_p / P_0,$$

где 1,1 — коэффициент, учитывающий расход воздуха (на утечки и продувки компрессоров и баллонов); $q_{\text{сн.макс}} = 0,12 \text{ м}^3/\text{мин}$ — максимальный расход воздуха при атмосферном давлении; $n = 2$ — количество работающих водолазов в одном спуске; $P_p = 0,68 \text{ МПа}$ — абсолютное давление на максимальной рабочей глубине; $P_0 = 0,09 \text{ МПа}$ — нормальное атмосферное давление. При указанных численных значениях $Q_p = 1,99 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Этот расход является определяющим для выбора производительности компрессорной установки и количества баллонов-воздухохранителей. При использовании в водолазном комплексе только универсального снаряжения

производительность компрессорной установки, блоков осушки и очистки уменьшится в два раза, а следовательно, снизятся энергозатраты и стоимость эксплуатации.

Одна из основных функций системы — это стабильное поддержание требуемой чистоты воздуха независимо от внешних и внутренних источников загрязнения.

Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе (при атмосферных условиях)

Двуокись углерода, %	0,1
Окись углерода, мг/м ³	8,0
Окислы азота, мг/м ³	0,5
Углеводороды (в пересчете на углерод), мг/м ³	50,0

Особенно высокие требования к чистоте сжатого воздуха предъявляются, когда давление в системе превышает 19,6 МПа и когда воздух используется для приготовления дыхательных газовых смесей с повышенным содержанием кислорода (40%-ные кислородно-азотные смеси).

Поддержание требуемой чистоты сжатого воздуха в системе обеспечивается забором воздуха на вса-

Таблица 1

Основные характеристики водолазного снаряжения

Показатель	Вентилируемое			Универсальное		
	со шлемом УВС-50, Россия	СВВ-97, Россия	НВС, Россия	СВУ-3, Россия	Superlite-27, США	X-Lite, Франция
Максимальная рабочая глубина, м	60	60	60	40	50	50
Давление воздуха на входе в снаряжение на рабочей глубине, МПа	0,7–1,0	1,0–2,5	0,7–1,0	1,0–2,5	1,0	1,0
Максимальный расход воздуха на поверхности, л/мин	120	120	120	60	60	60

сывание компрессоров только из атмосферы, а не из внутренних помещений судна; размещением воздухозаборников в местах, наименее загрязненных выхлопными газами энергетической установки; применением герметичного всасывающего трубопровода, выполненного из коррозионно-стойких материалов и исключающего подсос воздуха из внутренних помещений судна; применением в системе после компрессоров масловодоотделителей, блоков осушки воздуха, фильтров очи-

стки воздуха от вредных веществ; использованием баллонов, трубопроводов и арматуры из материалов, исключающих коррозию и неприятные запахи.

Атмосферный воздух засасывается в вентиляционные головки, оборудованные сепараторами, где из него выделяется капельная влага, и поступает во всасывающие трубопроводы компрессоров. Вентиляционные головки, как правило, устанавливаются по обоим бортам судна.

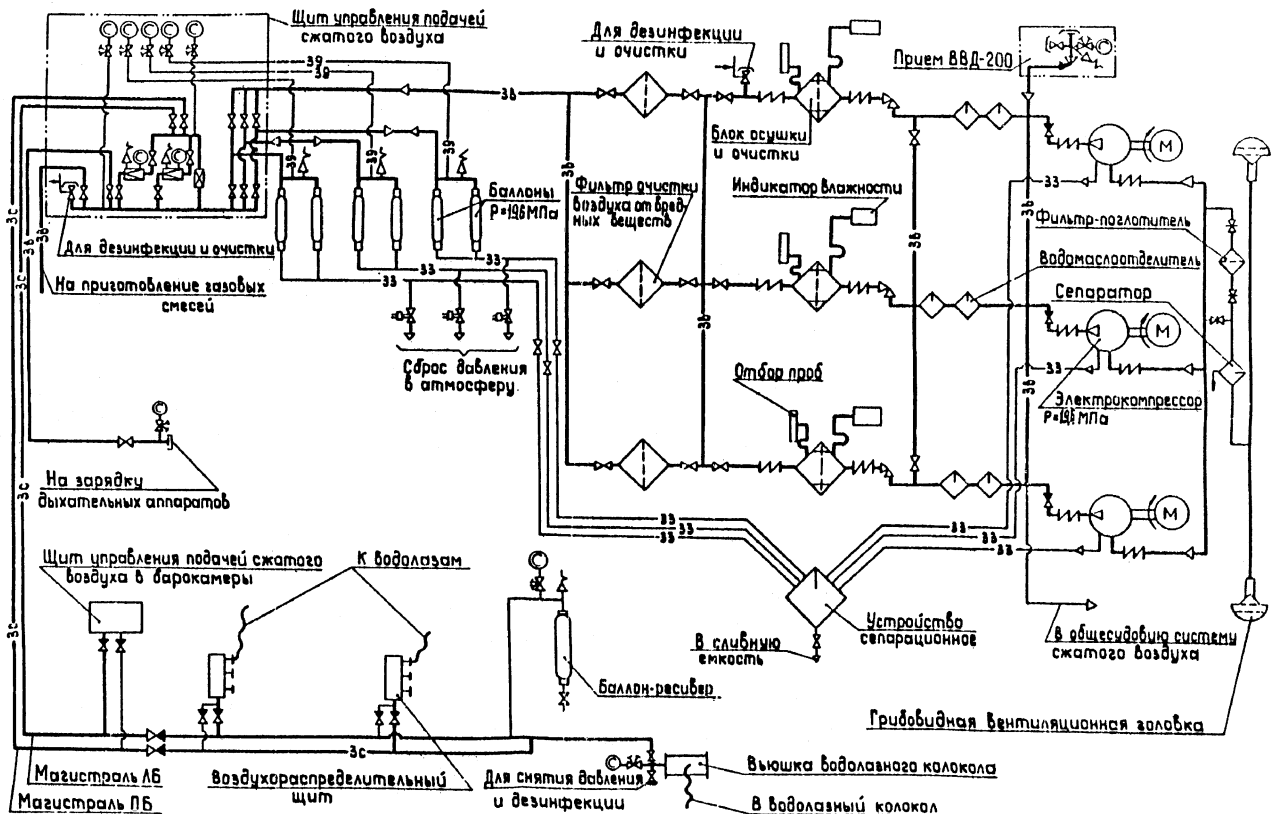


Рис. 1. Принципиальная схема судовой системы сжатого воздуха для обеспечения дыхания водолазов

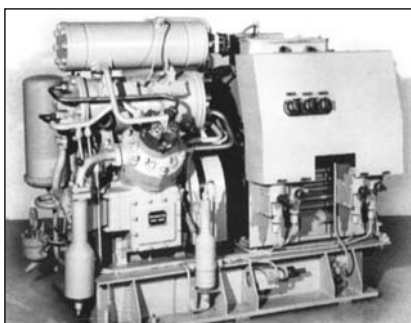


Рис. 2. Электрокомпрессор ЭК3-1М

Для обеспечения бесперебойной подачи воздуха в систему, в том числе и в аварийных ситуациях, на водолазном судне пр. 11980 предусмотрены два электрокомпрессора ЭК3-1М и дизель-компрессор ДК2-3Р (табл. 2), установленные в отдельных водонепроницаемых помещениях. Расчетное время заполнения одной группы баллонов от остаточного давления 4,6 МПа до полного 19,6 МПа составляет: при работе одного компрессора ДК2-3Р — 51 мин, двух ЭК3-1М — 76 мин, одного ДК2-3Р и двух ЭК3-1М — 30 мин.

Электрокомпрессоры ЭК3-1М (рис. 2) — поршневые, четырехступенчатые, V-образные, с автоматическим управлением, с двухконтурной системой охлаждения и двухкаскадной системой амортизации — работают совместно с блоками осушки и очистки сжатого воздуха 29Б0-1. Управление этими электрокомпрессора-

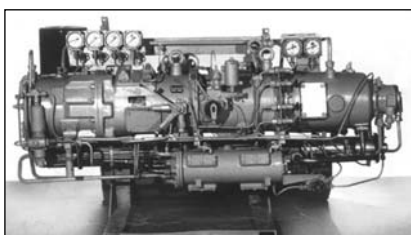


Рис. 3. Дизель-компрессор ДК2-3Р

ми может осуществляться автоматически, дистанционно — с пульта управления в ходовой рубке и со щита управления системой сжатого воздуха в помещении барокамеры — или вручную, причем автоматический режим работы является основным, а дистанционное и местное ручное управление используются в аварийных случаях и при проведении регламентных работ.

В автоматическом режиме обеспечивается поддержание давления в группах баллонов в пределах:

9,8 МПа — включение; 19,6 МПа — отключение компрессора.

Дизель-компрессор ДК2-3Р (рис. 3) — горизонтальный, четырехступенчатый, поршневой, выполненный в общем корпусе с двухтактным дизелем со свободно движущимися поршнями. Охлаждение — одноконтурное, пресной и морской водой. Принудительная дозированная система смазки обеспечивается плунжерным лубрикатором. Пуск ДК2-3Р осуществляется пневматически — сжатым воздухом давлением 3—3,5 МПа. После дизель-компрессора устанавливаются водомаслоотделитель и блок осушки и очистки воздуха 28Б0 (рис. 4).

Фильтр воздуха высокого давления ФВД-200У (рис. 5), предназначенный для очистки от двуокиси и окиси углерода, смазочного масла и его паров, углеводородов, окислов азота, влаги и аэрозолей, состоит из цилиндрического корпуса с фланцем, в котором размещены переснаряжаемая кассета и кассета К-КП (Ф). Воздух, подаваемый через вентиль в нижней части корпуса, проходит последовательно через сорбенты переснаряжаемой кассеты: алюминевые кольца, стекловату, силикагель (основной слой), силикагель (контрольный слой), химпоглотитель ХП-И, картон, стекловату, картон и кассету К-КП (Ф), содержащую слои купрамита и АК-62.

В нижней части герметичного корпуса установлено устройство, состоящее из двух игольчатых клапанов, воронок и трубки. При открытии одного клапана продувается от водомасляного отстоя нижняя часть фильтра, а при открытии второго — продувается воронка под контрольным слоем силикагеля. Наличие масла в этой воронке свидетельствует об отработке сорбентов фильтра.

Основные характеристики фильтра ФВД-200У

Производительность при атмосферном давлении, м ³ /мин	.1,5—1,7
Пропускная способность по защитной мощности, м ³ :	
химпоглотителя ХП-И3000
кассеты К-КП (Ф)5000
Габаритные размеры, мм	.1365 x 310
Масса в снаряженном состоянии, кг140

Осушенный и очищенный воздух хранится в баллонах, которые



Рис. 4. Блок осушки и очистки 28Б0

объединены в три группы для возможности одновременного расхода воздуха из одной группы баллонов, наполнения воздухом другой и подготовки воздуха (охлаждения и контроля качества) в третьей группе баллонов.

Управление дизель-компрессором ДК2-3Р и блоком 28Б0 — ручное с местного пульта управления (табл. 3).

Воздух, выходящий из блоков осушки и очистки, будет осушен до влагосодержания, соответствующего температуре насыщения (точке росы) не более минус 55 °С при атмосферном давлении; содержит смазочного масла не более 2·10⁻⁷ кг/м³ и очищен от твердых частиц размерами более 5 мкм. Измерение влагосодержания в сжатом воздухе после блоков осушки и очистки осуществляется автоматическим фотоэлектронным индикатором влажности 8Ш31.

В системе установлены два фильтра ФВД-200У для обеспечения надежности и возможности перезарядки во время работы.

Для улучшения продувки водомасляного отстоя и щелочения (обезжиривания) баллонов в этих системах, как правило, применяются двухгорловые баллоны, установленные вертикально. Конденсат водомасляной эмульсии из баллонов, компрессоров, блоков осушки и фильтров очистки воздуха периодически продувается в сепарационное устройство, а из него в сливную емкость.

Для контроля чистоты воздуха предусмотрена возможность отбора проб воздуха на анализ из каждой

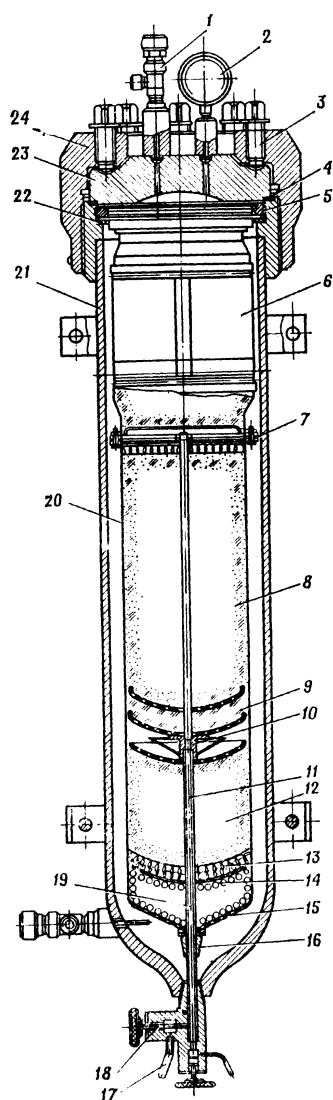


Рис. 5. Фильтр воздуха высокого давления ФВД-200У:

1 — вентиль отвода воздуха; 2 — манометр; 3 — нажимные винты; 4 — мерная прокладка; 5 — нажимное кольцо; 6 — кассета К-КП (Ф); 7 — резиновая прокладка; 8 — слой ХП-И; 9 — контрольный слой силикагеля; 10 — трубка с воронкой; 11 — трубка; 12 — основной слой силикагеля; 13 — слой стеклянной ваты; 14 — разделительная чашка; 15 — перфорированная прокладка; 16 — спускная пробка; 17 — трубка для слива отстоя; 18 — устройство для спуска отстоя; 19 — алюминиевые кольца; 20 — корпус переснаряжаемой кассеты; 21 — корпус фильтра; 22 — паронитовая прокладка; 23 — крышка фильтра; 24 — нажимная гайка

группы баллонов. Содержание в воздухе вредных для дыхания человека веществ определяется при помощи переносных газоанализаторов КГП-ДУ (двуокись углерода) и КГП-ВП (окись углерода, окислы азота, углеводороды).

Таблица 2

Основные характеристики компрессоров водолазного судна пр. 11980		
Показатель	ЭКЗ-1М	ДК2-Зр
Давление нагнетания, МПа	19,6	22,5
Производительность, м ³ /ч	30	110
Габаритные размеры, мм	1380 x 800 x 1045	2200 x 940 x 910
Масса в рабочем состоянии, кг	928	1055
Тип приводного двигателя	Электродвигатель АИР160 М6 ОМ2 (мощность 15 кВт)	Одноцилиндровый дизель с прямойточной щелевой продувкой

Редуцирование и распределение воздуха по потребителям осуществляется со щита управления системой.

Для обеспечения надежности редуцирования воздуха, подводимого к потребителям, в щите установлены параллельно два автоматических редуцирующих клапана (D_y 15/20, $P_{раб}$ 19,6 МПа, $P_{ред}$ 3,0 МПа) и один дроссельный клапан (D_y 10/20, $P_{раб}$ 19,6 МПа, $P_{ред}$ 3,0 МПа). Каждый из клапанов обеспечивает максимально возможный расход воздуха потребителей.

Сжатый воздух подается на глубины до 60 м по шлангам внутренним диаметром 12 мм от воздухорас-

проводов контролируется отбором проб на анализ люминесцентным методом. Анализируемые пробы, взятые с каждого участка трубопровода, не должны отличаться от исходного спирта; в случае свечения пробы очистка трубопроводов повторяется.

Щелочение баллонов проводится один раз в 10 лет одновременно с их испытанием на прочность. Группа баллонов, отсоединенная от трубопроводов, пропаривается в течение 3 ч паром с температурой 150–220 °С, затем в них заливается щелочной раствор (едкий натр — 30 г/л, тринатрийфосфат — 60 г/л, кальцинированная сода — 60 г/л,

Таблица 3

Основные характеристики блоков осушки и очистки		
Показатель	Блок 29БЮ-1	Блок 28БЮ
Рабочее давление, МПа	19,6	19,6
Производительность, м ³ /ч	32	200
Мощность воздухоподогревателя, кВт	0,15–1,7	Не более 2,8
Габаритные размеры, мм	780 x 575 x 1175	950 x 525 x 1330
Масса в рабочем состоянии, кг	320	450

пределительного щита ЗЩП одновременно трем водолазам: двум работающим — с автоматическим регулированием воздуха, одному страховому — с ручным регулированием.

В системе предусмотрены конструктивные мероприятия и оборудование, обеспечивающие проведение периодической очистки (щелочения) баллонов и дезинфекции трубопроводов в процессе их эксплуатации без демонтажа составных частей системы с судна.

Дезинфекция трубопроводов сжатого воздуха после фильтров проводится ежегодно путем заполнения их спиртом по ГОСТ 5962–67 и выдержки его в течение 30–45 мин с целью удаления загрязнений и предупреждения инфекционных заболеваний водолазов. Чистота трубо-

остальное — пресная вода) с выдержкой в течение 3 ч, после этого раствор сливают или откачивают насосом, баллоны промываются последовательно пресной горячей и холодной водой, продуваются осушенным и очищенным воздухом.

Дальнейшее совершенствование системы может быть достигнуто за счет сокращения расхода воздуха потребителями, применения более надежной и малогабаритной арматуры. Например, замена существующего вентилируемого снаряжения СВВ-97, НВС, со шлемом УВС-50 на водолазное снаряжение со шлемом типа «Superlite-27» позволит вдвое уменьшить производительность компрессоров, блоков осушки и очистки воздуха, а также количество баллонов с запасом сжатого воздуха.

СПОСОБЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ ПРИ НАЛИЧИИ ПРИЕМНИКА СНС И НОСОВОГО ПОДРУЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Л. М. Клячко, канд. техн. наук (первый заместитель генерального директора Россудоостроения), Г. Э. Острецов, канд. техн. наук (Институт проблем управления им. академика В. А. Трапезникова РАН РФ)

УДК 681.51.07:629.5.05

В применяемых на судах авторулевых для компенсации боковых возмущении используется так называемый ПИД-закон управления, однако реакция судна при появлении возмущения наступает спустя минуты. Повысить эффективность интегральной составляющей в ПИД-законе до последнего времени было невозможно из-за проблемы обеспечения устойчивости замкнутой системы «судно—авторулевой—рулевой привод». Однако, если дополнить ПИД-закон определенным логическим условием, это позволит повысить быстродействие реакции судна на появившееся боковое возмущение.

Сильные внешние возмущения обычно приводят к отклонению судна от заданного путевого угла. Для устранения этого отклонения в закон управления рулевым приводом (дополнительно к заданному значению путевого угла) вводится сигнал уставки Δ , что приводит к дополнительному смещению руля и возвращению судна на путевой угол, близкий к заданному (при длительном действии внешнего возмущения).

На входе рулевого привода, таким образом, формируется следующий закон управления рулем:

$$d/dt\delta = K_1\Delta_{ПУ} + K_2\omega - K_3\delta + \Delta, \quad (1)$$

если $\Delta_{ПУ} < C$, то $\Delta = 0$, если $\Delta_{ПУ} > C$, то $\Delta = C$,

где $d/dt\delta$, δ — скорость и угол перекачки руля; ω — угловая скорость судна, K_1, K_2, K_3 — коэффициенты регулирования; $\Delta_{ПУ} = (\text{ПУ} - \text{ПУ}_{зд.})$ — отклонение текущего путевого угла от заданного; Δ — сигнал уставки, значение которой может изменяться. (После прекращения возмущающего воздействия сигнал уставки Δ отключается.)

Для снижения загрузки рулевого привода при сильном морском волнении в современных авторулевых при формировании законов управления используют не измеренные фазовые координаты состояния судна, а их оценки. Однако это не полностью решает проблему снижения загрузки рулевого привода в режиме автоматической стабилизации судна, поэтому судоводитель часто вынужден

в этом случае переходить на ручное управление. Сохранить автоматическое управление возможно при наличии измерений угла дрейфа и угловой скорости судна по курсу, если широко распространенный ПИД-закон управления дополнить логическими условиями

$$d/dt\delta = 0 \text{ при } \begin{cases} d/dt\omega < 0; d/dt\beta > 0; \\ \omega > 0 \text{ и } \beta < 0 \\ \text{или} \\ d/dt\omega > 0; d/dt\beta < 0; \\ \omega < 0; \beta > 0. \end{cases} \quad (2)$$

Реализация закона с дополнительными логическими условиями позволяет существенно уменьшить количество перекачек руля в единицу времени и снизить сопротивление движению судна, а следовательно, сократить расход топлива и продолжительность рейса,

Появление возможности выполнять измерения, обеспечивающие полную наблюдаемость системы стабилизации судна (наличие приемника системы спутниковой навигации — СНС), и использование подруливающих устройств (носовых рулей) позволило ввести дополнительно ряд режимов управления:

1. По заданному направлению движения с одновременной минимизацией угла дрейфа (стабилизации путевого угла с минимальным значением угла дрейфа). В этом случае автоматическая стабилизация судна носовым подруливающим устройством осуществляется только по углу дрейфа:

$$d/dt\delta_{нос} = K_1\beta - K_2\delta_{нос}, \quad (3)$$

где $\delta_{нос}$ — управляющее воздействие на судно от подруливающего устройства (угла перекачки носового руля); $d/dt\delta_{нос}$ — задание подруливающему устройству по скорости перекачки воды (скорости перекачки носовых рулей); K_1, K_2 — коэффициенты регулирования; β — угол дрейфа.

Управление кормовым рулем осуществляется ПИД-законом по заданному направлению движения или с использованием зависимостей (1), (2).

2. По заданному боковому смещению с стабилизацией заданного путевого угла. В этом случае закон управления подруливающим устройством будет иметь вид

$$d/dt\delta_{\text{нос}} = K_1\beta - K_2\delta_{\text{нос}} + K_3\Delta Y, \quad (4)$$

где K_1, K_2, K_3 — коэффициенты регулирования; $\Delta Y = Y - Y_{\text{зд}}$ — разность между текущим и заданным боковым смещением судна

Управление кормовым рулем осуществляется тем же ПИД-законом или по зависимостям (1), (2).

3. Швартовка с ограниченным (заданным) углом дрейфа и задан-

ным курсовым углом. При швартовке судна следует существенно снизить боковую скорость судна при подходе к пирсу, поэтому в формулу (4) вводится дополнительное ограничение на допустимый угол дрейфа, значение которого устанавливается судоводителем, т. е. зависимость (4), дополненная логическим условием, принимает вид

$$\begin{aligned} d/dt\delta_{\text{нос}} &= K_1\beta - K_2\delta_{\text{нос}} + K_3\Delta Y \\ \text{при } \beta &< \beta_{\text{зд}} \\ \text{или} & \\ d/dt\delta_{\text{нос}} &= K_1(\beta - \beta_{\text{зд}}) \\ \text{при } \beta &\geq \beta_{\text{зд}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Управление кормовым рулем судна при этом осуществляется ПИД-регулятором, в котором вместо путевого угла следует ввести угол курса.

Применение дополнительного трех автоматических режимов движения повышает возможности маневрирования широкого класса судов и безопасности их швартовки

Рассмотренные законы логического управления движением судна стали возможны, потому что система стабилизации судна полностью наблюдаема и управляема благодаря наличию приемника спутниковой навигационной системы и носовых подруливающих устройств.

«ИСТОРИЯ ШТУРМАНСКОЙ СЛУЖБЫ ФЛОТА РОССИИ»

Под таким названием в московском издательстве «Большая российская энциклопедия» тиражом 3000 экз. вышла в свет в 2003 г. книга, в которой на 600 страницах впервые всесторонне отражены история и основные этапы развития штурманского дела в отечественном флоте.

Презентация книги состоялась 22 января 2004 г. в Санкт-Петербурге, в ЦНИИ «Электроприбор».

Книга издана при содействии и финансировании ФГУП ЦНИИ «Электроприбор», ГУП «Государственная инвестиционная корпорация», Государственной службы морского флота Минтранса РФ и ОАО «Штурманские приборы».

В 2001 г. Штурманская служба ВМФ отпраздновала свое 300-летие. Днем ее образования принято считать 25 января 1701 г., когда по указу Петра Первого в Москве была создана Школа математических и навигацких наук.

Прошло три года со дня юбилея. В результате напряженного и кропотливого труда в свет выпущена книга «История штурманской службы флота России».

Идея написания и издания этой книги, которая стала масштабным и многоплановым историческим повествованием о штурманах российского флота, зародилась давно, но окончательно созрела в феврале 2000 г., получив горячую поддержку контр-адмирала Е. Г. Бабинова, в то время главного штурмана ВМФ, принявшего на себя обязанности главного редактора этой книги.

Главная цель книги — обобщить исторический путь штурманской профессии в российском флоте, проанализировать мореплавательский и боевой, педагогический и научный опыт, накопленный многими поколениями флотских штурманов, и показать значение этой службы в становлении, развитии и совершенствовании Российского флота. Одной из главных задач являлось освещение истории штурманских служб всего российского флота, включая военно-морской, транспортный, промысловый и др. Авторами кни-

ги стали флотские офицеры, преподаватели и ученые, многие из которых отдали десятилетия своей жизни любимому штурманскому делу. С обращением к читателям выступил Главнокомандующий ВМФ адмирал флота В. И. Куроедов.

Книга представляет собой попытку частично заполнить пробел в нашей военно-морской литературе, практически не имеющей систематизированного указателя важнейших событий в истории штурманской службы русского флота. По этой теме в исторической литературе были только отдельные статьи

в журналах «Морской сборник», «Записки Гидрографического департамента» (ныне — «Записки по гидрографии») и др., а также интересный труд Н. Коргуева «Штурмана русского военного флота», изданный в 1886 г. и ставший библиографической редкостью. Деятельность штурманов в советский период вообще не получила должного отражения в отечественной литературе.

Поэтому хочется поблагодарить всех, кто искренне заинтересовался историей создания и развития штурманской службы флота России, оказывал творческую помощь и поддержку, высказывал критические замечания и дополнения при подготовке рукописи.

Перечислить всех в рамках данной статьи не представляется возможным. Тем не менее хотелось бы отметить инициативную и творческую работу авторского коллектива, участники которого, жертвуя личным временем, работая в архивах и библиотеках, писали страницы книги, и особенно руководителя авторского коллектива, научного редактора и составителя книги заместителя начальника отдела Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ канд. техн. наук капитана 2 ранга Г. И. Безбородова.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся историей советского и российского ВМФ, она будет полезна и специалистам.

Редакционная коллегия с благодарностью примет читательские отклики, рекомендации и пожелания по адресу: 105175, Москва, Козловский пер., 6, главному штурману ВМФ.

Приглашаем к дальнейшему сотрудничеству всех заинтересованных лиц.

С. В. Козлов,
главный штурман ВМФ,
капитан 1 ранга



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ВЛИЯНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ВИБРООБРАБОТКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ю. А. Зимницкий, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика А. А. Крылова), В. Н. Хвалынский, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 629.12.011:620.17

Анализ показывает, что основной причиной эксплуатационных повреждений корпусных конструкций являются коррозионно-механические разрушения. Механизм таких повреждений может быть усталостным, коррозионно-усталостным (наиболее характерен для конструкций из сталей низкой и средней прочности), коррозионно-статическим (характерен для случаев применения высокопрочных сталей при нарушении оптимальной коррозионной защиты конструкций). Эксплуатационные повреждения вызваны, как правило, влиянием двух причин: высоким уровнем локальной концентрации напряжений и деформаций при приложении эксплуатационной нагрузки и высоким уровнем остаточных напряжений, обусловленных проведением различных технологических операций при изготовлении конструкций, т. е. влиянием конструктивных и технологических факторов.

Технологические факторы оказывают существенное влияние на долговечность сварных конструкций. Если сама технология не обеспечивает требуемый ресурс, то применяют дополнительные технологические меры для его повышения, основными из которых являются [1, 2]:

снижение концентрации эксплуатационных напряжений путем механической зачистки сварных соединений или оплавления границ сварных швов вольфрамовым электродом в среде аргона, а также обязательного соблюдения оптимальных геометрических параметров сварных швов;

уменьшение влияния остаточных сварочных напряжений растяжения или создания напряжений сжатия на поверхности конструкций специальной обработкой зоны сварных соединений.

С этой целью применяют обработку поверхности дробью или с помощью многобойковых пневматических молотков и механических быстровращающихся щеток, а также ультразвуковую обработку, повышающую предел выносливости или циклическую долговечность конструкций [3]. Количественные оценки повышения работоспособности конструкций с помощью названных методов у

разных авторов неоднозначны. Например, по данным [4], повышение предела выносливости $\Delta\sigma_R$ низкоуглеродистых и низколегированных сталей (при коэффициенте асимметрии цикла $R_G = 0$) для стыковых сварных соединений составляет величины, указанные в табл. 1.

В последнее время все более широкое применение для стабилизации размеров и снижения остаточных напряжений находит низкочастотная виброобработка (НВО) конструкций на резонансных частотах [5–7]. В работе [6] отмечается влияние НВО на стабилизацию размеров сварных конструкций из алюминий-магниевого сплава: уменьшаются остаточные сварочные деформации, снижается объем необходимой тепловой и холодной правки на 50–70%. Применение НВО в целях вибрационного снижения напряжений в последнее время рассматривается как альтернатива снятию напряжений термобработкой, однако ее влияние на работоспособность сварных конструкций изучено еще недостаточно. Уменьшение остаточных сварочных деформаций и напряжений еще не означает увеличение долговечности этих конструкций. В работе [8] указывается, что применение НВО недопустимо для сварных конструкций, имеющих оставшиеся незамеченными внутренние дефекты в сварных швах. При этом такие дефекты сварки могут, не препятствуя эксплуатации конструкций, резко снизить их ресурс после применения НВО. Это является серьезным недостатком применения виброобработки для стабилизации размеров и формы корпусных конструкций.

Цель настоящей работы — экспериментальная оценка влияния НВО на долговечность корпусных конструкций из применяемой в судостроении стали Д-40 с пределом текучести $\sigma_s = 400$ МПа. Оценка проводилась на опытных конструкциях, изготовленных по принятой в судостроении технологии. Образцы представляли собой фрагмент судового перекрытия, содержащего стыковое сварное соединение, собранное и сваренное по различным вариантам технологии при различных конструктивных решениях. Габариты их были выбраны с учетом осо-

бенностей оборудования для испытаний на циклическую прочность (машина МП-800). Для наиболее полного моделирования технологии они были изготовлены из собранной и предварительно сваренной крупногабаритной опытной конструкции, состоящей из стального листа размерами 6х2000х6000 мм и приваренных к нему ребер жесткости из полосульба № 935 и перекрестной связи из полосульба № 1646 по ГОСТ 9235.

Сборка, сварка и контроль сварных соединений образцов выполнялись на «Адмиралтейских верфях» в соответствии с требованиями действующей нормативной технической документации.

Для испытаний на циклическую прочность были изготовлены образцы двух конструктивных типов (рис. 1). В образцах I типа (два экземпляра) стыки обшивки и набора были разнесены между собой, а в образцах II типа (три экземпляра) — совмещены. Сборка и сварка стыковых соединений каждого типа образцов выполнялась по двум вариантам технологии: по первому собирали и сваривали стык обшивки, затем стыки балок набора, последними сваривали недоваренные участки набора с обшивкой (образец I); во втором варианте прежде всего выполняли сборку и сварку стыков балок набора, затем сварку стыка обшивки и в последнюю очередь — сварку недоваренных участков набора с обшивкой (образец I'). Сборку и сварку частей образцов II типа (стыки обшивки и балок набора совмещены) выполняли аналогично образцам I типа (образцы II, II' и II''). Один из образцов II типа (образец II'' — см. табл. 2) был подвергнут НВО до испытаний на усталость с целью повышения работоспособности. Виброобработка проводилась с помощью технологического комплекса ВТУ-600 (рис. 2) согласно требованиям [9]. Образцы испытывались на машине МП-800, и по результатам сравнения испытаний оценивалось влияние НВО на циклическую прочность корпусных конструкций.

Цикл нагружения принимался близким к отнулевому. Коэффициент асимметрии цикла составлял $R_{\sigma} \approx 0,15$. При этом сначала максимальная нагрузка (в течение первых 3500 циклов нагружения) соответствовала напряжениям в обшивке образцов ~ 280 МПа. Циклические испыта-

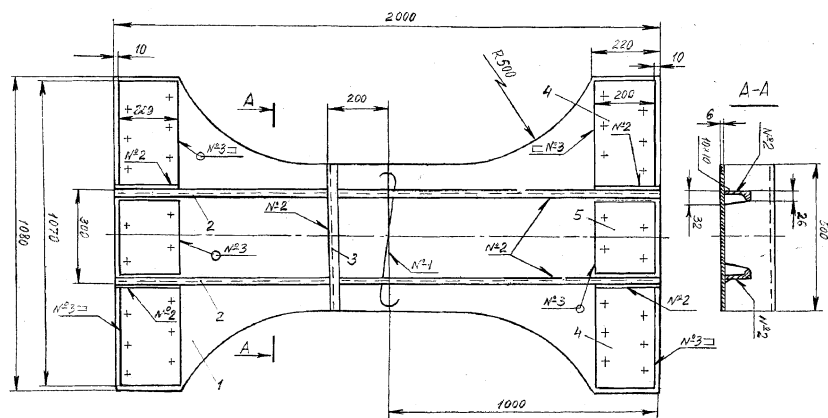


Рис. 1. Эскиз образца опытной конструкции:

1 — лист обшивки, $\delta = 6$ мм; 2 — ребро жесткости; 3 — перекрестная связь; 4, 5 — пластины, $\delta = 10$ мм; № 1, 2, 3 — обозначение шва

ния при такой нагрузке позволяют достаточно быстро выявить какие-либо скрытые дефекты, имеющиеся в конструкции. Осмотр образцов проводился через каждые 500 циклов нагружения. Далее максимальная нагрузка уменьшалась до значения, соответствующего напряжениям в обшивке ~ 220 МПа, а образцы осматривались через 1000 циклов нагружения. Частота воздействия нагрузки составляла от 5 до 8 циклов в минуту, что было близко к частоте нагружения конструкций в период их эксплуатации.

Вывод образцов на начальный уровень нагружения, а также кон-

троль за идентичностью их нагружения в процессе испытаний осуществлялся путем тензометрирования. Тензорезисторы были установлены на обшивке каждого образца в средней его части; расстояние от резистора до края обшивки 50—60 мм (рис. 3). Из-за конструктивных особенностей испытательной машины МП-800 для симметрии нагружения одновременно испытывались два образца. При этом разность показаний тензорезисторов, расположенных на левом и правом краях образцов, не превышала 10% номинального значения деформации. В ходе испытаний фиксирова-

Таблица 1

Повышение предела выносливости низкоуглеродистых и низколегированных сталей после различных видов обработки (расчетное число циклов $N = 2 \times 10^6$)

Вид обработки	$\Delta\sigma_R$, %
Механическая зачистка	20—95
Аргондуговая обработка	35—280
Поверхностный наклеп многобойковым устройством и т. п.	35—55
Ультразвуковая ударная обработка	40—60

Таблица 2

Результаты испытаний образцов

Тип конструкции и особенности изготовления	Количество циклов, отработанных до разрушения конструкции	Район разрушения
I. С разнесенными стыками обшивки и набора	100732	Трещина в сварном шве захватной части образца
I'. С разнесенными стыками обшивки и набора	89509	Разрушение по основному металлу в районе сопряжения прямолинейной и криволинейной части образца из-за подреза (вырыва)
II''. С совмещенными стыками обшивки и набора, прошедший НВО	21500	Начало трещины в сварном шве соединения перекрестной связи с обшивкой, с переходом на основной металл зоны термического влияния (рис. 4)

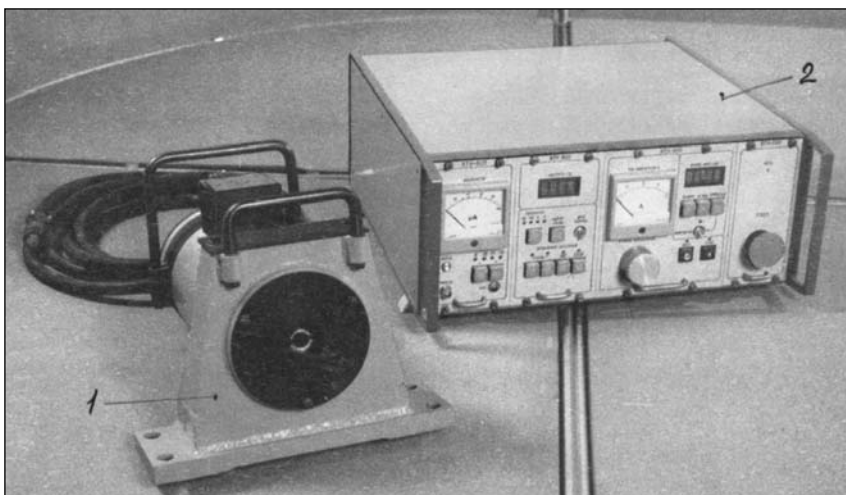


Рис. 2. Технологическая система для проведения НВО сварных конструкций и изделий машиностроения:
1 — вибратор; 2 — пульт управления

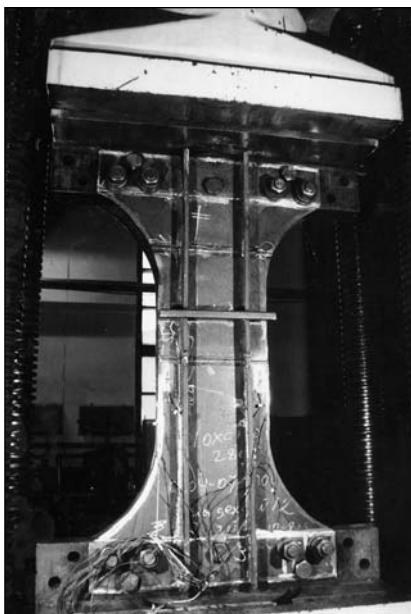


Рис. 3. Внешний вид образца, установленного на испытательную машину



Рис. 4. Трещина в сварном соединении перекрестной связи с обшивкой при наличии внутреннего дефекта шва, появившаяся при испытаниях на циклическую прочность

лось число циклов нагружения, соответствующее моменту, когда образец разрушится или потеряет свою несущую способность. Результаты испытаний опытных конструкций, выдержавших наименьшее количество циклов нагружения, представлены в табл. 2

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы: циклическую прочность опытных конструкций, представляющих собой полунатурный фрагмент судового соединения и выполненных в полном соответствии с принятой технологией (образцы 1 и 1', см. табл. 2) следует признать достаточно высокой, так как они выдержали не менее 90 000 циклов нагружения, что соответствует аналогичным данным ресурсных испытаний похожих конструкций (60—

80 тыс. циклов нагружения), опубликованным в работе [10];

НВО может снизить циклическую прочность корпусных конструкций при наличии в сварных швах дефектов, допускаемых правилами контроля (см. табл. 2, образец 2''). Это подтверждается и известным положением о превращении пор и шлаковых включений в сварных швах в трещины и последующем их развитии до наступления водотечности корпуса при действии циклических нагрузок, как это указано, например, в работе [11];

необходимо выполнить дополнительные исследования по оценке влияния вида и размеров допускаемых внутренних дефектов сварных швов на снижение ресурса корпусных конструкций в результате применения НВО с целью уменьшения остаточных сварочных деформаций этих конструкций.

Литература

1. Хвалынский В. Н. Оптимальная технология — необходимое условие повышения надежности корпусов судов//Судостроение. 1994. № 12.
2. Степанов В. В. Применение дробеструйной обработки для уменьшения сварочных деформаций в сварных соединениях//Судостроительная промышленность. Сер. Судоверфь. Технология и организация производства. 1987. Вып. 5.
3. Борисов Ю. С., Ильченко А. Г., Гайдаренко А. Л. Повышение сопротивления усталости стальных деталей с газотермическим покрытием в результате ультразвуковой обработки//Автоматическая сварка. 1991. № 1.
4. РД50-551—85. Методические указания. Расчеты и испытания на прочность. Расчетно-экспериментальные методы оценки сопротивления усталости сварных соединений.
5. Миньков И. С., Могильнер М. Н., Полнов В. Г. Влияние обработки вибрационным нагружением на размерную стабильность сварных узлов//Сварочное производство. 1980. № 2.
6. Степанов В. В., Урываев В. Г. Применение вибрационной обработки для уменьшения сварочных деформаций алюминиевых конструкций//Технология судостроения. 1990. № 4.
7. Сагалевиц В. М., Савельев В. Ф. Стабильность сварных соединений и конструкций. М.: Машиностроение, 1986.
8. Клекстон Р. А., Сондерс Г. Г. Вибрационное снятие напряжений//Технология по металлургии и материалам. 1976. Декабрь.
9. РД5Р ГКЛИ.0104—95. Снижение уровня остаточных напряжений и деформаций деталей и корпусных конструкций методом низкочастотной вибрационной обработки. Основные положения по технологии проведения.
10. Бойцов Г. В., Кноринг С. Д. Прочность и работоспособность корпусных конструкций. Л.: Судостроение, 1972.
11. Иванова Т. В. Расчет допустимых размеров дефектов корпусов судов. Технология и организация судоремонта//Сб. научно-тех. работ. СПб.: ГУВК, 1994.

ОПЫТ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ГРЕБНОГО ВИНТА МАЛОГО ДИАМЕТРА ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОКОВКИ

В. А. Денисов (ФГУП МП «Звездочка»)

УДК 629.12.037

В июне—июле 2002 г. перед предприятием ФГУП МП «Звездочка» была поставлена задача в кратчайшие сроки сделать бронзовую испытательную модель пятилопастного гребного винта необычной формы. Модель должна была иметь диаметр 250 мм, чашеобразную форму ступицы высотой 170 мм с диаметром носового торца 50 мм и кормового — 175 мм, а также малый межлопастный проем и значительное перекрытие лопастей (рис. 1).

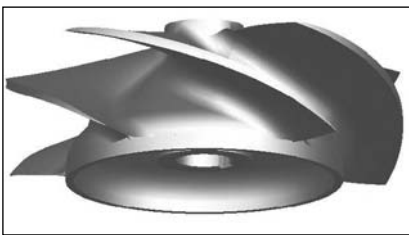


Рис. 1. Пятилопастный гребной винт малого диаметра

По существующей в отрасли и в специализированном винтообрабатывающем производстве (СВОП) ФГУП МП «Звездочка» технологии заготовкой для гребных винтов служит отливка, полученная литьем в песчано-глинистые формы. При этом методе отливки неизбежны искажения геометрии лопастей и дефекты в виде раковин и мелких пор, кото-

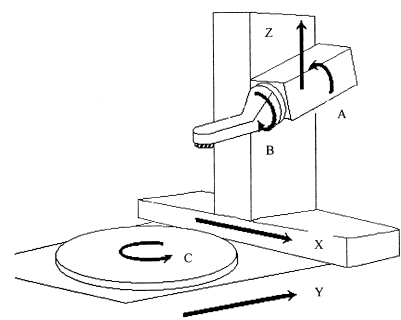


Рис. 2. Схема станка DFC 2022. Управляемые координаты: $A (\pm 20^\circ)$, $B (\pm 90^\circ)$, $C (\pm \infty^\circ)$, $X (\pm 1000 \text{ мм})$, $Y (0+2500 \text{ мм})$, $Z (0+2200 \text{ мм})$. Цена импульса: $A = 0,0001^\circ$, $B = 0,0001^\circ$, $C = 0,0001^\circ$, $X = 0,01 \text{ мм}$, $Y = 0,01 \text{ мм}$, $Z = 0,01 \text{ мм}$

рые возникают при фрезеровании лопастей и устраняются за счет увеличенных припусков на размеры заготовки. Остаточные мелкие дефекты удаляются шлифованием поверхностей вручную.

Жесткие сроки, а также особенности конструкции потребовали применения в процессе изготовления нестандартных решений. В качестве заготовки была использована поковка цилиндрической формы, что позволило уменьшить время получения заготовки и избавиться от дефектов, присущих отливкам.

По традиционной технологии обработка поверхностей лопастей и межлопастного пространства ступицы ведется на специальном фрезерном станке с ЧПУ (рис. 2) за два установа с промежуточной кантовкой винта. Гребные винты диаметром меньше 4 м обрабатываются на станке модели DFC-2022 обычно с помощью различных фрезерных

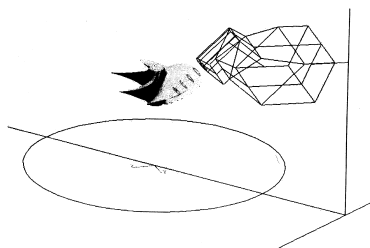


Рис. 3. Схема обработки гребного винта головкой «В»

головок, а при диаметре меньше 1 м используется только одна фрезерная головка «В».

Режущим инструментом головки «В» служит устанавливаемая в шпинделе торцовая фреза. Формирование поверхности осуществляется обработкой так называемой «пяткой» (рис. 3).

Для расчета управляющих программ (УП) в СВОП применяется система автоматизированного программирования (САП), созданная на рубеже 80—90-х годов XX века. Эта САП может работать как авто-

номно, так и в связке с системой Unigraphics. С помощью программы Unigraphics возможна трассировка режущего инструмента относительно обрабатываемой детали на экране компьютера без выхода на станок, что значительно ускоряет время отладки УП.

Ввиду малых размеров носового торца обработка всех подлежащих фрезерованию поверхностей осуществлялась за один установ винта. Вмешательство оператора в коррекцию предварительно настраиваемых значений координат для всех пяти лопастей сводилось к минимуму, так как все лопасти в плоскости

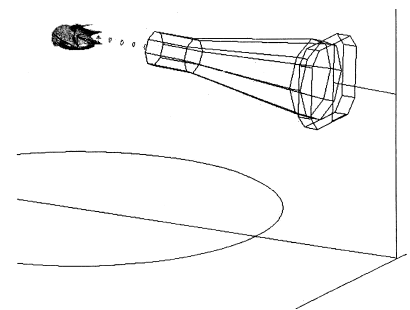


Рис. 4. Схема обработки лопасти головкой «D»

диска находились на одной высоте, с одинаковыми откидкой, шагом, шириной и толщиной. Кантовка гребного винта и промежуточная разметка при этом методе исключаются. Оси лопастей всех обрабатываемых поверхностей привязаны к началу обработки первой лопасти, что значительно уменьшает погрешности настройки.

На первом этапе фрезерования было необходимо методом постепенного прорезания межлопастного проема сформировать как бы обычную заготовку, получаемую отливкой, с небольшим припуском для последующей чистовой обработки. Однако в

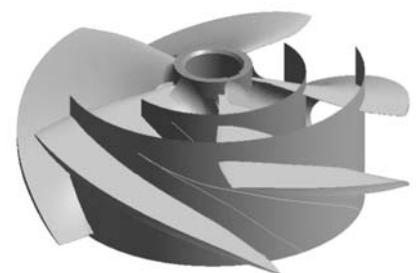


Рис. 5. Схема промежуточных слоев и строк обработки

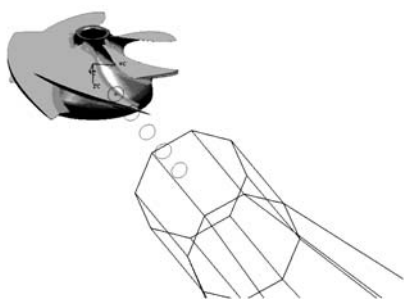


Рис. 6. Трассировка управляющей программы

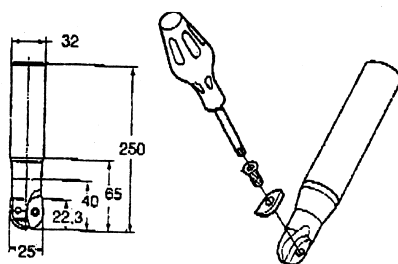


Рис. 7. Шаровая фреза диаметром 25 мм фирмы «Sandvik Coromant»

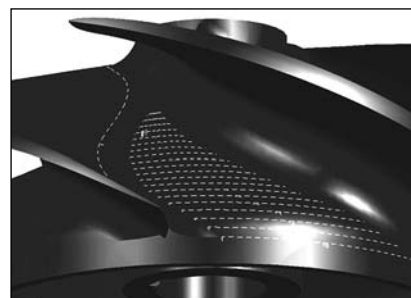


Рис. 9. Строки по ступице и галтели засасывающей лопасти

процессе подготовки выяснилось, что традиционно применяемая для сложных поверхностей обрабатывающая головка «В» станка DFC-2022 не может быть использована при малых диаметрах заготовок из-за ограниченной САП по радиусу обработки, а также по продольному перемещению стола станка. Дело в том, что все станки с ЧПУ в СВОП предназначены для обработки деталей диаметром более 1 м. Меньшие размеры заготовки требуют тщательной предварительной проработки, зачастую даже ручного корректирования получаемых автоматически с помощью САП управляющих программ, а иногда и написания своей собственной расчетной программы на языке высокого уровня.

Выходом из этой ситуации было решение использовать для обработки сверлильную головку «D», не применявшуюся ранее для фрезерования поверхностей гребных винтов. Для этой головки потребовалось заказать фрезы со сменными пластинами из твердого сплава, разработать и изготовить новую дополнительную станочную оснастку для их закрепления. Фрезы были заказаны у различных фирм: шаровые малого диаметра (25 мм) у «Sandvik Coromant», а концевые такого же диаметра — у белгородского завода «Скиф-М». Применение головки «D» потребовало изменить и способ фрезерования. Если при использовании головки «В» ось фрезы ориентируется вдоль направления обработки, то для головки «D» ось фрезы устанавливается перпендикулярно направлению движения (рис. 4).

Черновую прорезку проемов выполняли концевыми фрезами диаметром 25 мм. Глубина резания принималась около 3 мм, подача инструмента 150—200 мм/мин, ширина

резания менялась вдоль строки из-за неравномерности ширины межлопастного проема.

Фрезерование начиналось от внешнего диаметра поковки с послойным углублением в тело заготовки. Слои были назначены по коаксиальной заготовке цилиндрам. На первых восьми слоях межлопастный проем обрабатывался по три строки на слое, затем на последующих четырех — по две, а на последних четырех — по одной. Строки были рассчитаны как траектория центра торца концевой фрезы с расчетом, чтобы у поверхностей лопасти и ступицы оставался гарантированный припуск не менее 2,5 мм (рис. 5).

Для черновой обработки потребовалось разработать несколько УП. По каждой программе сначала обрабатывалось несколько слоев одного проема, затем винт автоматически поворачивался на 72° и фрезерование осуществлялось до обработки всех пяти проемов. В ходе разработки УП выяснилось, что существующая программа трассировки на экране



Рис. 8. Строки по нагнетательной поверхности

компьютера отображает только концевую или торцовую фрезы. Фрезы с шаровой головкой этой программой отображаются точкой начала радиуса фрезы, что для определе-

ния проходимости недостаточно. Одновременно САП при разработке УП для концевых или торцовых фрез автоматически сдвигает инструмент от рассчитанной траектории по поверхности обработки на величину радиуса фрезы. Это тоже затрудняло выбор параметров для корректного задания исходных данных обработки.

В связи с этим был применен искусственный прием. Для создания УП использовалась та же САП, но работающая автономно. В исходных данных для расчета УП в этом случае задавался радиус фрезы, равный 0,01 мм. После расчета готовая УП передавалась в среду Unigraphics, где производилась трассировка, причем указывался уже реальный радиус фрезы. Эти манипуляции, увеличивая период подготовки управляющих программ на компьютерной стадии, сводили к минимуму отладку на станке (рис. 6).

После чернового формирования лопастей окончательная обработка велась двузубой шаровой фрезой диаметром 25 мм фирмы «Sandvik Coromant» (рис. 7).

Положение заготовки оставалось неизменным, менялись только фреза и оправка для ее крепления на сверлильной головке «D». Чистовая обработка разбивалась на три самостоятельные операции, выполняемые с помощью УП: обработка нагнетательной поверхности, обработка засасывающей поверхности и зачистка галтелей и ступицы. Каждая программа была сделана сразу на весь винт, т. е. после обработки одной лопасти заготовка поворачивалась на 72°, и обработка повторялась еще четыре раза. Ширина реза принималась около 3 мм, подача инструмента 120—150 мм/мин, число оборотов шпинделя 300—350 об/мин.

Данные на установку фрезы и в этих случаях подбирались также с помощью программы-трассировщика и тем же способом, что и для черновой обработки. Для фрезерования нагнетательной и засасывающей поверхностей были рассчитаны традиционные цилиндрические строки, но с обрезкой по границам чашеобразной ступицы (рис. 8). Строки по ступице были пробиты параллельно горизонтальной плоскости, и добавлены проходы вдоль засасывающей и нагнетательной галтелей (рис. 9).

Обработка нагнетательной поверхности производилась за два прохода: первый осуществлялся с припуском около 2 мм для выявления погрешностей, оставшихся после черновой прорезки лопастей; второй, выполненный в номинальных координатах, формировал окончательно поверхность и положение лопасти вдоль оси винта. Так как винт располагался на станке засасывающей поверхностью

вверх, фреза по этой программе перемещалась под лопастью.

После формирования нагнетательной поверхности уточнялось конкретное значение припуска по засасывающей поверхности и определялось потребное количество проходов для окончательного формирования профиля лопасти. Контроль на припуск велся по ширине сечения и по максимальной толщине на радиусе винта. Последний проход, как и у нагнетательной поверхности, был в номинальных расчетных координатах. Все пять лопастей в этом случае получались одинаковыми.

Программа зачистки галтелей и фрезерования поверхности ступицы окончательно завершала фрезерную обработку гребного винта. Применение шаровой фрезы диаметром 25 мм позволяло для каждой галтели радиусом 12,5 мм между лопастью и ступицей использовать всего по одной строке. Зачистка производилась за два прохода: сначала траектория программы была

сдвинута на 3 мм от ступицы вдоль продольной станочной координаты «Y», затем поверхность ступицы формировалась окончательно в номинальных координатах.

После фрезерования гребной винт шлифовали, затем производили окончательную токарную обработку внутренних поверхностей ступицы, прорезку шпоночного паза, балансировку и финишную полировку. Эти операции заняли в два раза меньше времени, чем на фрезерование, на котором и были сформированы главные поверхности гребного винта, определяющие его характеристики.

В процессе изготовления гребного винта малого диаметра из цилиндрической поковки был приобретен ценный опыт решения ряда сложных технических задач.

Применение описанного способа фрезерования поверхностей позволяет расширить номенклатуру обрабатываемых деталей на станке DFC-2022, т. е. диаметром меньше 1 м.

ПОДШИПНИКИ, СМАЗЫВАЕМЫЕ ВОДОЙ, ДЛЯ СУДОВОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Р. Качиньски, канд. техн. наук (Белостокский Политехнический институт, Польша), **С.Г. Чулкин**, докт. техн. наук (Санкт-Петербургский Государственный Политехнический университет) УДК 620.178.16:629.5.035-233.1

Судно как объект техники имеет в своем составе много пар трения, которые смазываются консистентной смазкой, жидкими минеральными маслами, водой или работают без смазки [1]. Перспективными представляются технические решения, в которых реализован принцип изнашивания бинарных поверхностей. К ним относятся подшипники на основе баббита [1], металлопластмассовые композиции типа САММ [1] и монолитные подшипники из пластмассы «Сигма», в которых предпринята попытка реализации бинарной поверхности трения на микроуровне [2].

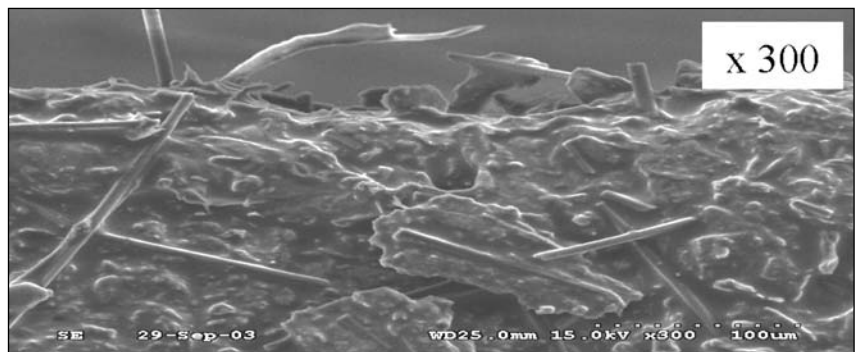
В качестве объекта исследования было выбрано перспективное трибосопряжение, организованное таким образом:

антифрикционный материал «Сигма-3»;

контртело — металл (сталь 45 сырая и термообработанная, сталь

нержавеющая типа 0Х18Н10Т, бронза марки В101, чугун серый марки Z1200);

смазка — вода, масло, воздух (отсутствие смазки);



Исходная поверхность колодки из материала «Сигма-3»

схема испытаний — «колодка— ролик»;

диаметр сопряжения 60 мм; площадь сопряжения 1,8 см²;

нагрузка на фрикционном контакте изменялась ступенчато в пределах от 1 до 4 МПа;

скорость вращения ролика была постоянной во всех опытах и составляла 600 об/мин, а скорость скольжения была равна 1,885 м/с;

продолжительность каждого опыта 2 ч;

путь трения в каждом опыте 13,572 км.

Наличие бинарной поверхности трения на колодке из антифрикционного материала «Сигма-3» определялось по данным фотогра-

фического исследования исходной поверхности трения. На фото отчетливо видны связующее вещество (синтетическая смола) и частицы на-

Таблица 1

Трибосопряжения «Сигма» — бронза при смазке водой

№ эксперимента	P, Н	t _{нач} , °С	t _{ок} , °С	Δt, °С	f	Q, мг	Δ, мкм	δ, мкм/км	v, мкм/ч	I _{нач} , mA	I _{ок} , mA
1	500	25	68	43	0,194	29	100	7,37	50	1,226	1,258
2	500	26	68	42	0,146	14	49	3,61	25	0,990	1,247
3	500	27	63	36	0,159	36	125	9,21	63	1,054	1,282
4	500	27	67	40	0,156	25	87	6,41	44	1,040	1,294
5	500	28	63	35	0,200	19	66	4,86	33	1,052	1,257
6	500	29	67	38	0,203	31	108	7,96	54	1,029	1,273
7	500	30	66	36	0,202	43	149	10,98	75	1,025	1,267
8	500	31	65	34	0,202	22	76	5,60	38	1,031	1,268
Ср.	500	28	66	38	0,183	27	94	6,93	47	1,056	1,268

полнителя (углеродный материал), которые выступают над поверхностью связующего. Это дает основание полагать, что поверхность трения в начальный момент организована по принципу бинарной поверхности. Микроскопические размеры частиц наполнителя позволяют рассматривать материал «Сигма-3» в качестве неметаллического аналога сплава «баббит».

В качестве задаваемых параметров брали нагрузки P и скорость скольжения V на фрикционном контакте. Измерялись температура начала t_{нач} и окончания опыта t_{ок}, износ колодки по массе Q, начальная I_{нач} и конечная сила тока I_{ок}, коэффициент трения f, а также продолжительность каждого опыта. Абсолютный линейный износ Δ, интенсивность δ и скорость изнашивания V определялись расчетным путем.

Результаты экспериментальных исследований на примере трибосопряжения «бронза — «Сигма»» представлены в табл. 1 и 2.

Из табл. 1 видно, что проводились восемь одинаковых экспериментов для статистической обработки полученных данных. Табл. 2 иллюстрирует результаты измерения общефизических (температура, электрические параметры) и триботехнических (коэффициент трения, интенсивность изнашивания) величин при различном уровне нагружения фрикционного контакта и при использовании разных смазочных сред.

Анализ полученных статистических данных позволяет утверждать, что имеются две группы массивов экспериментальных данных, которые заметно отличаются друг от друга по величине стандартного отклонения. К первой группе относятся массивы,

полученные для общефизических параметров. Они характеризуются сравнительно малыми отклонениями от среднего значения, не более 9% и 1,7% (выделено светло-серым цветом). Ко второй группе относятся триботехнические параметры, Они характеризуются значительными отклонениями от среднего значения, которые могут достигать 25% и 38% (выделено темно-серым цветом) соответственно.

Интерес представляет оценка коэффициента корреляции двух массивов данных. В качестве выходных параметров, т.е. функции, использовались массивы данных, полученных непосредственными измерениями (температура, коэффициент трения, износ по массе, электрический ток). Проверялась гипотеза о том, что выходные параметры, при прочих равных условиях, однозначно зависят от одного параметра, например, от нагрузки на контакт. Однако подобная гипотеза приведенными данными не подтверждается. Основанием для такого утверждения служит то, что коэффициент корреляции колеблется в очень широком диапазоне от -0,814 до +0,919. Подобные утверждения справедливы как для общефизических, так и для триботехнических параметров.

Наибольшее внимание привлекает массив данных по износу колодки. Он характеризуется максимальными отклонениями от среднего значения, что может быть вызвано следующими факторами (в порядке значимости): погрешности измерения износа; неоптимальная методика; человеческий фактор; случайные или неизвестные факторы.

Перечисленные факторы могут оказывать влияние не только на определение износа колодки, но и на определение прочих факторов, в том числе и общефизических, что подтверждается значительным разбросом коэффициента корреляции даже для «благополучного» параметра — электрического сопротивления фрикционного контакта в момент окончания опыта.

Литература.

1. Рубин М.Б., Бахарева В.Е. Подшипники в судовой технике//Справочник. Л.: Судостроение, 1987.
2. Лысенков П.М. Перспективы практического использования теории изнашивания бинарных поверхностей применительно к неметаллическим материалам//Вопросы материаловедения. 2001. № 2(26).

Таблица 2

Результаты статистического анализа экспериментальных данных

Смазка	P, Н	Параметр	Среднее арифмет.	Среднее геометр.	Дисперсия		Ст. отклонен.		Коэф. корр.
					абсол.	%	абсол.	%	
Масло	400	Δt	141,88	141,87	2,982	2,1	1,727	1,2	-0,557
		f	0,210	0,208	0,00074	3,5	0,027	12,9	0,919
		Q	27,63	26,05	91,41	330,8	9,561	34,6	0,387
		I _{ок}	1,180	1,180	0,00008	0,7	0,009	0,8	-0,814
	200	Δt	29,75	29,23	34,79	116,9	5,898	19,8	0,030
		f	0,215	0,215	0,00019	0,09	0,014	6,5	0,829
		Q	29,13	26,74	121,27	416,3	11,01	37,8	0,511
		I _{ок}	1,194	1,194	0,00018	0,02	0,014	1,2	-0,202
Вода	300	Δt	24,13	24,10	1,268	5,3	1,126	4,7	-0,337
		f	0,176	0,171	0,0018	1,02	0,043	24,4	0,905
		Q	28,75	27,43	81,93	285,0	9,051	31,5	0,026
		I _{ок}	0,895	0,894	0,0024	0,3	0,049	5,5	0,736
	500	Δt	38,00	37,87	11,14	29,3	3,338	8,8	-0,804
		f	0,183	0,181	0,0006	0,3	0,025	13,7	0,609
		Q	27,38	25,92	88,27	322,4	9,395	34,3	0,233
		I _{ок}	1,268	1,268	0,00022	0,02	0,015	1,2	0,207

СИСТЕМА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ: ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

А. Ю. Молчанов, канд. техн. наук, И. Н. Антоненко,
канд. техн. наук (ООО НПП «СпецТек»)

УДК 658.012:629.5

Общемировая тенденция развития рыночных отношений состоит в движении от рынка товаров к рынку сопутствующих услуг. Еще в 60—80 годах прошлого века основные усилия хозяйствующих субъектов были направлены на производство товара с заданными характеристиками, и этого было достаточно для успешных продаж. Однако уже к концу века приоритет сместился — главной проблемой стало не производство, а продажа продукции. Это естественно в условиях, когда в силу развития технологий многие научились делать один и тот же товар с одинаковым качеством. В результате производители принялись изобретать привлекательные дополнения к своей продукции в виде комплементарных товаров и услуг, а потребители — отдавать предпочтение именно таким производителям.

Пожалуй, в наиболее острой форме эта тенденция коснулась рынка сложных наукоемких изделий, в том числе рынка вооружений. Одним из основных требований заказчиков стало послепродажное сопровождение техники на этапе эксплуатации в соответствии с признанными стандартами. Это требование нашло отражение в известной стратегии CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support — непрерывные поставки и информационная поддержка жизненного цикла продукции) и ее важнейшей составляющей — ILS, т. е. Integrated Logistic Support — интегрированной логистической поддержке изделий (ИЛП).

Заказчик, требующий предоставления ИЛП, прежде всего преследует цель уменьшения стоимости владения изделием на этапе эксплуатации. Однако ИЛП влияет не только на эксплуатационные затраты, но и на расходы при производстве техники, а значит, и на стоимость продукции. В результате оптимизация затрат жизненного цикла изделия становится ключевым фактором при заключении контракта на его поставку.

Программная система. Для решения задачи ИЛП необходим целый комплекс организационных мер, а также технических средств, которые нужны для сбора и обработки данных об эксплуатации, материально-техническом обеспечении и передачи их от клиента производителю и проектанту, распространения сре-

ди клиентов новой электронной документации от производителя и проектанта.

Причем электронную документацию нельзя сводить только к электронным интерактивным руководствам. Она должна включать весь набор информации об изделии: описания и конфигурацию оборудования, чертежи, каталоги запасных частей, описания и регламенты выполнения работ, историю отказов и выполненных работ. Поддержка этой информации в актуальном состоянии — задача специального программного обеспечения, которое также необходимо для решения задач ИЛП. Кроме того, распространение интерактивных руководств не решит проблемы уменьшения стоимости владения. По нашему мнению, именно программное обеспечение должно обеспечить достижение этой цели.

Каким же требованиям должно удовлетворять такое программное обеспечение, а точнее — программная система?¹

Система должна иметь распределенную базу данных. Сеть баз данных (БД) с прикладным программным обеспечением включает в себя центральную базу (сервер), которая устанавливается у производителя, а также локальные копии БД (филиалы) у тех клиентов и субпоставщиков, которые не имеют постоянного устойчивого канала связи с сервером. На сервере хранится самая полная информация с возможностью доступа к ней из Интернета для тех участников процесса ИЛП, у которых не установлена филиальная БД. Система должна иметь внутренний модуль перевода для работы с ней на любом языке. Целостность и непротиворечивость БД достигается посредством репликаций.

На этапе проектирования и производства изделий в систему вносится следующая информация:

- ✓ каталог и конфигурация изделия;
- ✓ стратегия технического обслуживания и ремонта (ТОиР);
- ✓ методики и процедуры ТОиР;
- ✓ данные по оборудованию поддержки, тестирования изделия;
- ✓ требования к количеству и квалификации обслуживающего персонала;
- ✓ процедуры и параметры системы материально-технического снабжения;

¹Мнение высказывается на основе опыта внедрения специалистами НПП «СпецТек» (www.trim.ru) решений на базе программного комплекса TRIM.

✓ электронная документация.

Клиент в процессе эксплуатации вносит в БД следующую информацию (эта обязанность должна быть предусмотрена контрактом):

- ◆ данные — параметры технического состояния, значения счетчиков наработки;
- ◆ историю выполненных работ по ТОиР;
- ◆ случаи отказов и результаты расследования их причин;
- ◆ данные о заменах деталей;
- ◆ заявки на снабжение.

Система должна включать электронный торговую площадку. Причем ее функции на этапе производства отличаются от функций на этапе эксплуатации. На этапе производства она служит для минимизации затрат на закупку комплектующих у субпоставщиков.

Основой торговой площадки служит мультимедийный каталог товаров, материалов и узлов, создаваемый производителем. Функции системы:

- ◆ внесение прайс-листов поставщиков в БД сервера в соответствии с каталогом;
- ◆ сбор и обработка данных о потребностях производства и клиентов в рамках заключенных контрактов на очередной период;
- ◆ автоматизированный учет уровня цен по основным номенклатурным позициям;
- ◆ подготовка и публикация для поставщиков информации о проведении торгов;

◆ обеспечение для каждого поставщика (участника торгов), подключенного к системе, возможности автоматизированной подготовки своей заявки на участие в торгах;

- ◆ проведение торгов (конкурса);
- ◆ заключение контракта с победителем торгов;
- ◆ автоматизированная подготовка и проверка всех документов;
- ◆ подготовка и публикация аналитических отчетов на основе накопленной в системе статистической информации;
- ◆ экспорт информации в другие информационные системы.

В результате, производитель получает следующие эффекты:

- 1) контроль руководством затрат на закупку, соотнесение с имеющимися альтернативами;
- 2) автоматизация документооборота;
- 3) реализация технологии «Управление отношениями с клиента-

ми» (CRM, Customer Relationship Management), что по оценкам экспертов дает снижение затрат за счет лучшего выбора поставщика;

4) возможность участия в торгах большего количества субпоставщиков, более простая процедура работы с производителем приведет к повышению конкуренции, а значит, к снижению цен;

5) хранение прайс-листов на сервере позволяет проводить анализ рынка, выбирать наиболее оптимальных поставщиков.

На этапе эксплуатации электронная торговая площадка служит для материально-технического обеспечения этого процесса. При этом потребность в запасных частях и материалах определяется не производителем, а клиентом. С помощью филиальной части системы или через веб-сайт производителя клиент размещает запрос на необходимые ему товары. Производитель оперативно подтверждает сроки и объемы поставки и начинает обработку заявки.

Система должна обладать функциональностью EAM-системы (Enterprise Asset Management). Согласно нынешним представлениям, EAM-системы являются программными системами, предназначенными для управления эксплуатацией основных производственных фондов предприятия. Будучи включенной в контур ИЛП, такая система будет ориентирована на эксплуатацию технически сложного изделия, поставленного клиенту. При этом ее функции приобретают направленность на уменьшение стоимости владения изделием и состоят в следующем:

- ◆ организация ТОиР, реализация планово-предупредительного ТОиР и ТО по фактическому состоянию;
- ◆ оптимизация материально-технического снабжения;
- ◆ ведение истории эксплуатационно-технических параметров для каждого технологического места и каждой единицы оборудования;
- ◆ управление надежностью;
- ◆ управление персоналом, задействованным в процессе эксплуатации;
- ◆ ведение электронной эксплуатационной документации.

Переход с ремонта по отказу к планово-предупредительному обеспечивает снижение издержек, вызванных отказами, простоями и аварийными ремонтами оборудования.

Организация ТО по фактическому состоянию означает введение предупреждающего ТО на основе прогноза технического состояния. В результате обеспечивается снижение затрат клиента на обслуживание, снижение количества обслуживаний, снижение числа отказов.

Оптимизация материально-технического снабжения означает:

- планирование снабжения под ТОиР, что позволяет клиенту избежать издержек, связанных с отсутствием комплектующих или, наоборот, избежать переполнения складов невостребованными комплектующими;

- управление территориально удаленными складами. Это позволяет избежать несогласованности действий центрального офиса клиента и подчиненных складов. В офисе доступна полная информация об остатках, движении товаров на всех подчиненных складах. Офис может регулировать работу склада путем резервирования товаров, оформления разнарядок, перераспределения между складами и т. п.

Управление надежностью позволяет более точно выбирать виды ТОиР, их параметры (периодичность, нормативы) благодаря мониторингу и анализу данных о надежности эксплуатируемой техники. Этапы управления надежностью:

◆ сбор исходных данных об использовании техники, условиях эксплуатации, наработке, отказах, ремонтах;

◆ анализ показателей надежности — безотказность, долговечность, ремонтпригодность, коэффициенты готовности и технического использования;

◆ выбор оптимальных видов ТОиР, расчет их параметров.

Производителю также использует EAM-функциональность системы ИЛП, поскольку она позволяет ему осуществлять:

- 1) оперативный сбор данных о надежности изделия;
- 2) сбор данных об отказах с целью коррекции номенклатуры поставщиков и конструкции узлов;
- 3) планирование сроков проведения ремонтов на основании наработки или технического состояния, если они выполняются силами производителя;
- 4) контроль затрат на эксплуатацию по отчетам о выполненных работах по ТОиР, что дает возможность оптимизировать затраты жизненного цикла.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЧНЫХ ТАНКЕРОВ ПР. 1754

В. И. Еремеев

УДК 658.012:629.5

Согласно действующим Правилам Речного регистра России нефтеналивные суда должны иметь двойное дно и двойные борта в районе грузовых танков, могут также устанавливаться на палубе или «врезаться» в корпус вертикальные или горизонтальные цилиндрические емкости. В обоих случаях указанные конструкции отличаются повышенной металлоемкостью, в итоге такие суда перевозят меньше груза, чем могли бы.

От указанных недостатков свободна конструкция корпуса судна, предложенная автором статьи (патенты № 2084369 и № 2124998 с приоритетом от 10.01.1994 г. и 27.06.1996 г.).

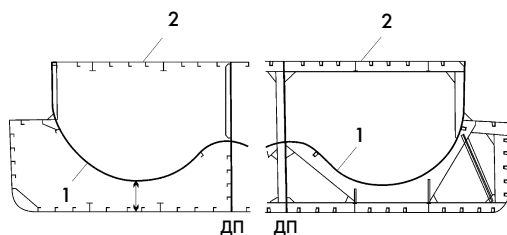


Рис. 1. Поперечные сечения модернизированного танкера:

- 1 — горизонтальные врезные полуцилиндры;
- 2 — поднятая часть главной палубы

По первому изобретению конструкторское бюро ОАО «Ленское объединенное речное пароходство» (КБ ЛОРП) разработало технический проект модернизации танкера пр. 1754 грузоподъемностью 1000 т класса «Р». Рабочий проект подготовил технический отдел ОАО «Алексеевская РЭБ флота». По второму изобретению автор разработал более совершенный рабочий проект на базе того же технического проекта, увеличив грузовместимость и упростив конструкцию и технологию. ОАО «Алексеевская РЭБ флота» модернизировало по первому изобретению два и по второму — четыре танкера; один танкер модернизирован ОАО «Киренская РЭБ флота». До модернизации масса корпуса экологически опасного танкера составляла 378 т, после модернизации масса корпуса уже экологически безопасного танкера класса «Р» стала 434 т (прирост в 56 т вызван появлением второго дна и двойных бортов). Грузоподъемность проектная 1315 т, новая — 1330 т; грузовместимость увеличилась на 55 м³, что позволяет более полно использовать увеличенную грузоподъемность судна при перевозке легких нефтепродуктов (бензи-

на и керосина); осадка возросла в среднем на 6 см. Модернизация была проведена на танкерах, проработавших более 30 лет, разряд плавания которым был снижен до класса «Л» из условий прочности.

После модернизации (без замены обшивки) они вернулись в проектный разряд «Р» и по оценочным расчетам должны в нем отработать около 20 лет за счет увеличения прочности корпуса.

Проработка КБ ЛОРП по использованию традиционной конструкции (плоские вторые борта и днище) показала, что для этого потребовалось бы 72 т металла, что на 16 т больше, чем по изобретению. Дело в том, что в ходе модернизации второе дно и двойные борта были выполнены в виде двух безбортовых полуцилиндров, установленных на рамных шпангоутах и врезанных в поперечные переборки. Грузовая палуба, вырезанная из главной палубы и поднятая на высоту 1,6 м, стала расчетной (рис. 1). Полуцилиндры и перемычка в ДП образованы из полотнищ, сваренных в цехе из стандартных листов толщиной 5 мм. Размеры полотнищ зависят только от грузоподъемности кранового оборудования. Лекальную форму они принимают при укладке на шпангоуты под действием собственного веса или в результате небольшого обжатия.



Рис. 2. Танкер TP-1003 (пр. 1754) после модернизации

Цилиндрическая гладкая поверхность второго дна и внутренних бортов способствует стеканию груза к приемным патрубкам грузовой системы (при устройстве приемных карманов стекание практически полное), а также хорошей вентиляции междудонного и межбортового пространства.

Поднятие расчетной палубы увеличило высоту эквивалентного бруса, его момент сопротивления и момент инерции, а следова-

тельно, и общую прочность корпуса в 1,5 раза (без учета обшивки полуцилиндров). Теперь срок эксплуатации лимитирует уже не общая прочность, а остаточная толщина обшивки корпуса, которая согласно Правилам Регистра равна 3 мм, тогда как по условию общей прочности, до модернизации, она должна составлять 4,2 мм (для судна класса «Р» согласно расчетам КБ ЛОРП для танкера пр. 1754).

Танкеры пр. 1754 первоначально предназначались только для светлых нефтепродуктов, а после модернизации они могут перевозить лю-

бые — от светлых до мазута и сырой нефти. Они используются на р. Лене (рис. 2) для перевозки груза в обе стороны: из Осетрово в Якутию и северные районы Иркутской области везут светлые нефтепродукты или мазут, а обратно — сырую нефть. Таким образом, эффективность модернизированных судов существенно возросла. Более того, поскольку общая прочность корпуса увеличилась, появилась возможность удлинить его с помощью цилиндрической вставки, а значит, увеличить грузоподъемность.

Технические решения, представленные в указанных патентах, внед-

рены также при переоборудовании сухогрузных барж в наливные суда (пр. 16800Н1), которые строятся на Осетровском ССРЗ; при разработке пр. 414 ВМ сухогрузно-наливного теплохода — один заказ уже прошел модернизацию на Жатайском ССРЗ; при проектировании нового танкера (пр. ТО-1400) — головной заказ строится на Осетровском ССРЗ. Все проекты согласованы Ленской инспекцией Речного регистра России. Модернизированные суда эксплуатируются с 1998 г., претензий от экипажей и контролирующих органов не поступало.

КРИОГЕННЫЙ СПОСОБ СУДОПОДЪЕМА ДЛЯ ОЧИСТКИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ОТ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

УДК 504.42.06:629

В 2003 г. в Санкт-Петербурге издана научная брошюра — «Основные положения проекта "Очистка Балтийского моря от химического оружия"». Ее авторы — заслуженный строитель РФ докт. техн. наук М. А. Майстренко и докт. техн. наук проф. А. А. Журавлев (научный консультант) — заместитель начальника Военного инженерно-технического университета по учебной и научной работе. Сокращенный вариант этой публикации предлагается вниманию читателей журнала.

Тройственной Комиссией союзных государств (СССР, США, Великобритания) был разработан календарный план, предусматривающий реализацию решения Потсдамской конференции в части ликвидации за-

пасов боевых отравляющих веществ (ОВ) фашистской Германии до конца 1947 г.

Первоначально планом предусматривалось все ОВ (более 300 тыс. т) вывезти в Атлантический

океан и затопить на глубине 4–5 км в районе Форельских островов¹. Фактически это произошло в акватории Балтийского моря.

ОВ, которые были захвачены Советской Армией — 34 тыс. т, были затоплены кораблями Балтийского флота в районе Лиепая—Клайпеда путем сбрасывания боезапаса с барж в глубоководные впадины 100–120 м.

Находившиеся в зоне союзных государств ОВ (268 тыс. т) погрузили на трофейные немецкие корабли и затопили в проливе Скагерак (приблизительно 30–36 судов — 150 тыс. т ОВ), в районе острова Борнхольм и островов южной Дании (приблизительно 20–25 судов — 118 тыс. т). Глубина, на которой были затоплены корабли с ОВ, составила 40–100 м.

Боезапас и бочки, затопленные в Балтийском море, начинены следующими химическими веществами: ОВ нервно-паралитического воздействия (зарин, зоман); ОВ кожно-нарывного воздействия (иприт, люизит); ОВ общедовитого воздействия (синильная кислота); ОВ удушающего воздействия (фосген, зоман); ОВ раздражающего воздействия (хлорпикрин, хлорацетофен, адамент); ОВ психохимического воздействия (Био-3ет).

Из более чем 300 тыс. т ОВ, затопленных в акватории Балтийского моря, 70% составляют иприт, зарин, зоман, люизит.

Масса иприта достигает 60–80 тыс. т. Иприт, помимо кожно-нарывного воздействия, аналогично радиации, является также химическим мутагеном. Попадание в орга-

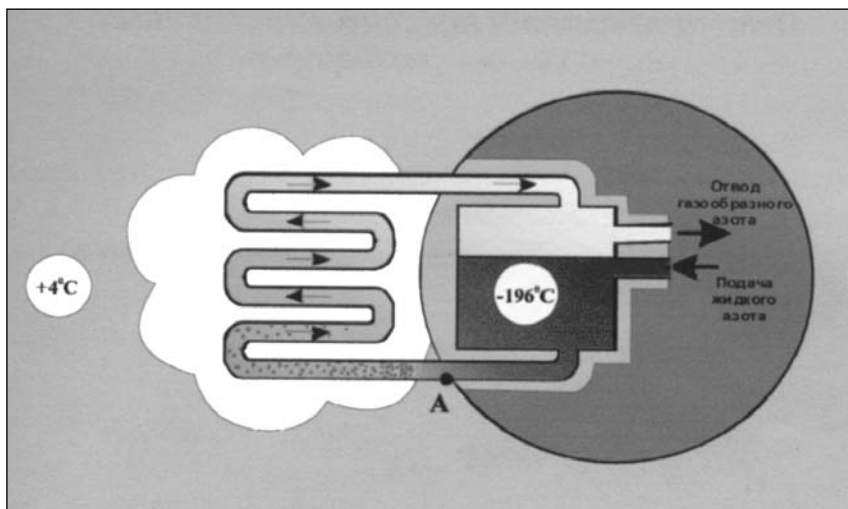


Рис. 1. Принципиальная схема криогенного способа

¹Так в источнике. Видимо — в районе Фарерских островов (прим. ред.).

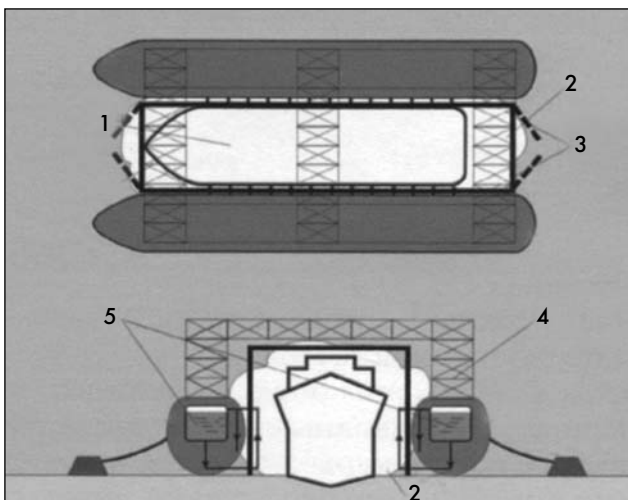


Рис. 2. Принципиальная схема судоподъемных средств с использованием криогенного способа:

1 — затонувшее судно с химическими отравляющими веществами; 2 — лед; 3, 4 — холодильные камеры; 5 — криогенные установки



Рис. 3. Заход в плавдок катамарана с ледяным массивом, внутри которого находится судно с отравляющими веществами

низм человека и прита деформирует наследственные клетки — гены.

У зарина и зомана (40—50 тыс. т) смертельная концентрация исчисляется тысячными долями миллиграмма на 1 л воздуха или воды.

Для люизита (30—40 тыс. т) смертельная доза при дыхании составляет 0,25 мг/л, при резорбции через кожу 25 мг/кг(л).

Состояние морской среды в районе затопления судов с химическим оружием. После затопления ОВ в 1946—1947 г. были зафиксированы изменения в морской фауне как Балтийского, так и Северного морей.

К 1955 г. в Балтийском море полностью прекратились уловы сельди. В Северном море произошла массовая гибель китов. В Северном и Балтийском морях неоднократно зафиксированы научными морскими экспедициями многомиллиметровые пласты морской воды, лишенные кислорода.

В сети датских рыбаков неоднократно попадались «таинственные» бочки, после чего на судне наблюдалось отравление всей команды с последующим многомесячным лечением в стационарных условиях с отдельными случаями летального исхода.

Глобальная экологическая катастрофа в Балтийском море ожидается по данным научно-исследовательских институтов в области органической химии и морской экологии к 2007—2010 г. Она прогнозируется по двум основным направлениям:

1. Распространение ОВ сначала в Балтийском море, а далее — по все-

му Мировому океану через морской планктон, из которого яд попадает в организм рыб. Выловленная отравленная планктоном рыба, если не будут приняты меры, с 2010 г. начнет поступать как продукт питания на столы европейских государств.

2. Взрыв боезапаса на затопленном судне в результате обрушения металлических конструкций из-за коррозии. Террористический акт (по аналогии с 11 сентября 2001 г.) может произойти в любой момент.

Анализ возможного подводного взрыва одного из затопленных судов грузоподъемностью 5000 т с авиабомбами, снарядами, минами, а также контейнерами и бочками с ОВ по данным авторов может привести к гибели до 1 млн чел. в Европе и ущербу до 100 млрд дол.

Экологически безопасный способ подъема затопленных судов с химическим оружием на борту. В ходе такой операции необходимо:

— исключить в процессе подъема судна возникновение нагрузок, воздействующих на корпус и его содержимое, что могло бы стать причиной взрыва или разлива ОВ в окружающую морскую среду;

— создать подъемную силу, достаточную для отрыва затопленного судна от морского дна с учетом заиленности, что для судна водоизмещением 5000 т будет составлять ориентировочно 100 000 кН;

— обеспечить безопасные условия подъема судна с ОВ, т. е. скорость подъема, углы крена и диф-

ферента судна при подъеме и заводе судна в доковую камеру транспортно-гидрографического судна или самоходного плавучего дока для доставки его в пункт отстоя и разделки;

— обеспечить безопасность доставки судна с ОВ от места подъема до места утилизации.

На основании проведенного анализа существующих традиционных способов подъема затопленных судов установлено, что все они не исключают механического воздействия на корпус судна при подъеме и не гарантируют отсутствия попадания ОВ в морскую среду. Это означает, что их использование может привести к экологической катастрофе.

Необходим принципиально новый способ подъема судна с ОВ, длительное время пролежавшего в агрессивной морской среде.

Такой способ найден — это полное промораживание судна, превращение его в ледяной массив и доставка этого массива к месту утилизации, т. е. криогенный способ (КС).

В основу КС заложена идея использования физических свойств жидкого азота (его температура — минус 196 °С), производство которого освоено в Российской Федерации со времен СССР во многих регионах, в том числе и в Санкт-Петербурге. Стоимость 1 м³ жидкого азота на производственной базе Санкт-Петербурга в среднем составляет 150—200 руб.

Ученые Военного инженерно-технического университета (Санкт-

Петербург) под руководством доктора технических наук Н. А. Седых выполнили ряд исследований в области применения криогенного способа судоподъема (авторское свидетельство на изобретение № 1785949, патенты¹ Российской Федерации № 2000124144, 2000113190). Эти исследования стали фундаментальной базой КС, который прошел экспертизу на Всесоюзном конкурсе технических предложений по созданию средств подъема затонувших объектов с океанских глубин, проведенном Центральным правлением НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова.

На рис. 1 представлена принципиальная схема КС. Основными элементами схемы являются: рабочий резервуар с жидким азотом, от которого отходит замкнутый на резервуар коллектор. К резервуару подходят два трубопровода. По одному трубопроводу подается жидкий азот, по другому происходит отвод под давлением газообразного азота.

Принцип действия заключается в следующем. Из резервуара жидкий азот за счет собственного веса поступает в трубопровод, который до точки А имеет изоляцию для поддержания температуры $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В точке А у трубопровода изоляция заканчивается, и стенки трубопровода соприкасаются с морской водой, расчетная температура которой у дна Балтийского моря составляет $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. В результате создается перепад температуры в $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Из жидкого агрегатного состояния азот (после точки А) начинает переходить в газообразное с эффектом «взрыва»; происходит движение газа с нарастающей скоростью по коллектору, в результате чего окружающая морская вода теряет колоссальное количество внутренней энергии и вокруг коллектора образуется лед.

Судоподъемные средства, использующие КС, представляют собой подводный катамаран, состоящий из двух подводных обитаемых лодок (рис. 2). Между ними в соответствии с габаритами поднимаемого судна располагаются холодильная камера и соответствующие обхватывающие судно фермы.

Далее с обеих ПЛ включаются криогенные установки. Начинается процесс образования сплошного ледяного массива, в середине которого располагается затопленное судно. По элементам ферм в трубах циркулирует пар для регулирования про-

цесса ледообразования. После образования сплошного ледяного массива происходит его подъем и заводка в плавдок (рис. 3).

Следующие этапы — переход самоходного дока в международный центр по уничтожению химического оружия; перевод катамарана из плавдока в защитное фортооружение с доковой камерой, размораживание ледяного массива; разборка боезапаса; доставка обезвреженных боезапасов с ОВ на комплекс по их уничтожению.

Где быть международному центру по утилизации химического оружия, поднятого со дна Балтийского моря?

В качестве варианта авторы предлагают рассмотреть возможность создания такого центра с привлечением европейских инвестиций в районе бывшей базы атомных подводных лодок Северного флота на Кольском полуострове с использованием существующей инфраструктуры.

Судостроительные, научно-исследовательские и промышленные предприятия Санкт-Петербурга обладают необходимым научно-техническим потенциалом, позволяющим предотвратить данную экологическую катастрофу. □

¹Так в источнике (прим. ред.).

Русско-японская война в фотографиях

(К третьей странице обложки)

Начиная с этого номера журнала редакция предполагает на третьей странице обложки публиковать малоизвестные фотографии, отражающие события русско-японской войны 1904—1905 гг., которая, несмотря на неудачи, преследовавшие русский флот, заставила пересмотреть многие аспекты не только отечественного, но и мирового кораблестроения.

В этом номере помещены фотографии Порт-Артура накануне войны. Названный в честь английского капитана, в середине XIX века обходившего берега Ляодунского полуострова, он в 1898 г. стал базой русских Морских сил в Тихом океане.

На фотографиях, сделанных в самом начале XX века, видны три эскадренных броненосца типа «Полтава» на внутреннем рейде. Там же стоит только что пришедший в Порт-Артур крейсер «Варяг» и минный транспорт «Енисей». Эскадренный броненосец «Цесаревич» и крейсер «Баян» стали последним пополнением эскадры перед русско-японской войной. На нижней фотографии — корабли Тихоокеанской эскадры стоят на внешнем рейде. Именно там в ночь с 26 на 27 января 1904 г. десять японских миноносцев атаковали русские корабли, серьезно повредив броненосцы «Цесаревич» и «Ретвизан», а также крейсер «Палладу». В дальнейшем противник блокировал Порт-Артур с моря, а затем окружил и с суши.

Героическая оборона Порт-Артура продолжалась 329 дней, а его сдача, как отмечали современники, «сверкнула ослепительной молнией с последующим громовым ударом, прокатившимся по всему миру и перевернувшим все вверх дном в России...»

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ Специалисты ОАО «Мурманское пароходство» осуществили на ФГУП СЗ «Нерпа» выгрузку отработавшего ядерного топлива со списанной АПЛ постройки 1960 г. в спецхранилище плавбазы «Имандра».

✓ ОАО «Балтийский завод» получил от британского отделения Bureau Veritas Quality Int международный сертификат соответствия его системы менеджмента качества стандарту ISO 9001—2000. Ранее ассоциация «Петросерт» системы «Оборонсертифика» выдала заводу очередной сертификат соответствия требованиям ГОСТ Р ИСО 9001—2001.

✓ 21 ноября 2003 г. южнокорейская верфь Hyundai Mipo Dockyard передала ОАО «Совкомфлот» новый танкер-продуктовоз «Anichkov Bridge» дедвейтом 47 000 т, имеющий длину 183 м, ширину 32 м, осадку 12,5 м и ледовые усиления корпуса (1А). Это головное судно в серии из 4 ед. Следующие два судна планировалось сдать в декабре 2003 г., четвертое — в марте 2004 г.

✓ РАО «Норильский никель» планирует создание собственного ледокольного транспортного флота. Первые четыре сухогруза (типа СА-15) могут быть построены в Финляндии.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

НА ВЫСТАВКЕ ВОЕННО-МОРСКОЙ ТЕХНИКИ В СИНГАПУРЕ

11–14 ноября 2003 г. в Сингапуре прошла Международная выставка военно-морской техники IMDEX Asia'2003.

В состав российской делегации, участвовавшей в работе этой выставки, входили первый заместитель генерального директора Российского агентства по судостроению Л. М. Клячко (руководитель делегации), советник Президента Российской Федерации по военно-технической политике А. Г. Бурутин, главный советник — руководитель группы советников ФГУП «Рособоронэкспорт» И. С. Белоусов, начальник управления экспортного контроля и государственного регулирования внешнеторговой деятельности в области

финансовый центр — объем его финансового рынка оценивается в 420 млрд дол. США, по количеству банков (120) Сингапур занимает третье место в мире после Нью-Йорка и Лондона. Объем внешней торговли составил в 2002 г. 273 млрд дол. США.

Военный бюджет Сингапура в 2002 г. составил более 4,5 млрд дол. США, из которых на долю ВМС приходится 26%. Таким образом, при общей численности вооруженных сил 55 600 чел. (ВМС — 4600 чел.) среднегодовые затраты в пересчете на одного военнослужащего составляют 81 300 дол. США. В состав ВМС входят дизельные подводные лодки (4), корветы (6), другие корабли и суда, в том числе соб-

дят четыре крупные компании: «Сингапур Технолоджис Аэроспейс», специализирующаяся на модернизации и обслуживании авиационной техники; «Сингапур Технолоджис Кинетикс», занимающаяся разработкой и производством боевой техники, оружия и боеприпасов, а также переоборудованием и модернизацией технических средств для сухопутных войск; «Сингапур Технолоджис Электроникс», специализирующаяся в области электроники и информационных технологий; «Сингапур Технолоджис Марин», осуществляющая строительство, ремонт и обслуживание кораблей и судов. В частности, в 2002 г. «Сингапур Технолоджис Марин» приступила к лицензионному строительству серии из пяти фрегатов УРО типа «Лафайет». Общая сумма контракта — около 1 млрд дол. США.

В целом Сингапур занимает ведущее место в азиатско-тихоокеанском регионе, который представляет собой наиболее динамично развивающийся сегмент рынка военно-морской техники. Все это определяет повышенный интерес производителей этой техники к региону, стремление обеспечить максимальный показ своей продукции на выставке военно-морской техники IMDEX Asia'2003.

В российской экспозиции участвовали 12 предприятий ОПК: ФГУП «Северное ПКБ», ФГУП ЦКБ МТ «Рубин», ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова», ФГУП ПО «Баррикады», ФГУП ЦМКБ «Алмаз», ОАО «Машиностроительный завод "Арсенал"», ОАО «Тактическое ракетное вооружение», ЗАО «Аквamarin», ФГУП ГНПП «Сплав», ОАО «Завод им. В. А. Дегтярева», ФГУП ОКБ «Новатор», ОАО «Нижегородский машиностроительный завод».

Все российские предприятия были объединены единым стендом ФГУП «Рособоронэкспорт», расположенным в самом центре выставочного зала, выполненным на современном



военно-технического сотрудничества (ВТС) Комитета РФ по ВТС В. С. Маслюк, генеральный директор ФГУП ЦМКБ «Алмаз» А. В. Шляхтенко, начальник Управления кораблестроения ВМФ А. Ф. Шлемов.

Сингапур относится к наиболее развитым в экономическом отношении государствам Юго-Восточной Азии. По уровню дохода на душу населения он занимает четвертое место в мире. Это крупнейший в мире

стенной постройки. Так, в последние годы на верфях Сингапура построены и переданы в состав ВМС четыре больших десантных корабля водоизмещением 8500 т.

Политика государства направлена на развитие высокотехнологичных производств, в том числе оборонно-промышленного комплекса (ОПК), в составе которого ведущее место занимает холдинг «Сингапур Технолоджис Индастри». В него вхо-



профессиональном уровне и являвшимся, по мнению многих официальных посетителей российского раздела экспозиции, одним из лучших на выставке. Следует отметить участие в единой экспозиции, созданной в соответствии с программой «Реформирование и развитие ОПК (2002—2006 гг.)», корпорации ОАО «Тактическое ракетное вооружение».

По данным организаторов выставки, в экспозиции приняло участие более 150 фирм из 22 стран. Кроме того, на выставке были представлены издания, отражающие военно-морскую тематику (Mönch, Janes и др., в том числе российские — ARMS, Military Parade, а также ИТАР-ТАСС). Отдельными стендами присутствовали организаторы международных выставок вооружения и военной техники — CIMA, Exponaval.

Наиболее крупные экспозиции, кроме России, продемонстрировали Германия, Сингапур, Великобритания, Франция и США. При этом фирмы первых двух стран были также объединены в единую экспозицию.

В рамках выставки на военно-морской базе ВМС Сингапура (Changi) был организован показ кораблей стран — участниц выставки. Российская делегация осмотрела корабли ВМС Сингапура (десантный

корабль), ВМС Австралии (фрегат УРО «Стюарт»), ВМС США (крейсер УРО «Ченсеролсвилл»).

Среди представленных в российской экспозиции около 200 образцов вооружений и военной техники большой интерес у специалистов и у представителей официальных делегаций вызвали современные российские боевые корабли, предназначенные для действий как в океанской зоне, так и в морской, а также прибрежной. Среди них эсминец пр. 956Э, фрегаты пр. 11541 «Корсар» и 11661 «Гепард», корабли на воздушной подушке пр. 1239 «Бора», 12322 «Зубр» и 12061Э «Мурена», семейство многоцелевых корветов, включая новейший пр. 20382, патрульные катера пр. 20910 «Чилим», 12150 «Мангуст», 12200 «Соболь», 14310 «Мираж», 10410 и 10412 «Светляк», ракетные катера пр. 12421 и 12418 «Молния». Большое внимание посетителями российской экспозиции было уделено подводным лодкам пр. 877 ЭКМ и 636 и особенно нового поколения «Амур-950» и «Амур-1650».

Кроме боевых кораблей и подводных лодок в российской экспозиции были широко представлены новейшие образцы корабельного вооружения и оружия, в том числе

ударные ракетные комплексы «Москит», «Клаб», «Яхонт» и «Уран», зенитные и противолодочные системы и комплексы.

В ходе работы выставки участниками российской делегации был проведен целый ряд продуктивных переговоров, направленных на расширение ВТС со странами азиатско-тихоокеанского региона, с представителями деловых кругов и военно-политического руководства этих стран (всего более семидесяти встреч и переговоров). В ходе встречи с постоянным секретарем Министерства обороны Сингапура Питером Хо представитель Комитета РФ по ВТС В. С. Маслюк вручил ему приглашение председателя этого комитета М. А. Дмитриева посетить Россию, которое было с благодарностью принято. В Министерстве обороны Сингапура состоялась также встреча российской делегации с командующим ВМС Сингапура контр-адмиралом Рони Таем. Кроме того, прошли встречи и переговоры с командующими ВМС Индонезии, Малайзии и Индии, с командующим 7-м флотом США, руководством ВМС ряда других стран.

Был проведен целый ряд переговоров и обсуждены направления сотрудничества с представителями





Владимиру Николаевичу Пялову — 70 лет!



Владимир Николаевич Пялов родился 28 февраля 1934 г. в городе Кош-Агач Горно-Алтайской области. В 1959 г. окончил Ленинградский кораблестроительный институт и по распределению был направлен на работу в СКБ-143 (ныне ФГУП СПМБМ «Малахит») — крупнейшее конструкторское бюро в области подводного атомного кораблестроения, создавшее первую отечественную атомную подводную лодку «Ленинский комсомол» и уникальные серии многоцелевых атомных подводных лодок (АПЛ) и глубоководных технических средств.

В. Н. Пялов с первых дней своей производственной деятельности зарекомендовал себя квалифицированным, инициативным и ответственным инженером, что позволило ему пройти путь от инженера-конструктора до главного конструктора проекта, генерального конструктора многоцелевых АПЛ нового поколения. Он принимал участие в создании многих проектов бюро, значительная часть которых реализованы и стали крупными научно-техническими достижениями на уровне лучших мировых образцов.

Накопленный коллективом бюро и лично генеральным конструктором В. Н. Пяловым опыт позволил создать уникальный проект многоцелевой АПЛ нового поколения «Северодвинск».

В январе 1999 г. в трудное для страны и бюро время Владимир Николаевич возглавил коллектив СПМБМ «Малахит». За короткое время ему удалось стабилизировать финансовое положение бюро, сохранить уникальную школу конструкторов скоростных, малозумных, комплексно-автоматизированных АПЛ и подводных технических средств. Существенные успехи были достигнуты в ходе завершения постройки АПЛ «Геард» и глубоководного аппарата «Русь», ускорены темпы строительства АПЛ «Северодвинск».

Значительное внимание в своей работе В. Н. Пялов уделяет формированию научно-технического задела на перспективу, разработке проектов модернизации подводных лодок и аппаратов.

Во многом благодаря его кипучей энергии и высокому авторитету последние три года СПМБМ «Малахит» имеет почти стопроцентный государственный оборонный заказ, а предприятия-смежники получили финансирование на техническую и технологическую подготовку производства для обеспечения поставок оборудования строящихся и проектируемых АПЛ.

В 2000 г. за создание комплекса для акустических испытаний В. Н. Пялову присуждена Государственная премия РФ в области науки и техники. Не выпускает из поля зрения генеральный конструктор и экспортный потенциал бюро и возможности его реализации на мировом рынке. Значительное внимание он уделяет переходу бюро на автоматизированное проектирование, оснащению подразделений современной вычислительной техникой, привлечению к работе молодых специалистов.

Огромный производственный опыт, решительность, умение вникнуть в суть сложнейших проблем, внимательное отношение к коллегам и партнерам из многочисленных организаций снискали Владимиру Николаевичу большой авторитет и уважение. Он имеет 20 авторских свидетельств и патентов на изобретения, большинство из которых реализованы в подводном кораблестроении, а также печатные научные труды, член Коллегии и Научно-технического совета Россудостроения, научных советов РАН по гидродинамике и гидрофизике, член редколлегии журнала «Судостроение», академик Петербургской инженерной академии, Международной академии информатизации, Международной энергетической академии и Международной академии реальной экономики.

Награжден орденами «Знак Почета», «За заслуги перед Отечеством» IV степени и многими медалями.

Желаем Вам, уважаемый Владимир Николаевич, крепкого здоровья, счастья и многих лет плодотворной производственной и творческой деятельности на благо укрепления флота России.

*Коллектив ФГУП СПМБМ «Малахит»
Российское агентство по судостроению
Редакция журнала «Судостроение»*





деловых кругов, руководителями ОПК Великобритании, Сингапура, Германии, Малайзии, Индонезии, Австралии, США, Швеции, Италии, Испании и др.

Российская экспозиция вызвала большой интерес со стороны средств массовой информации, военных обозревателей разных стран.

Серьезное внимание российской делегацией было уделено рекламе предстоящего второго Международного военно-морского салона в Санкт-Петербурге — МВМС-2005. Всем иностранным партнерам, с которыми велись переговоры, представителям официальных делегаций были сделаны предложения посетить МВМС-2005, которые были приняты.

Сравнивая МВМС-2003 (IMDS-2003) и IMDEX Asia'2003, следует отметить, что первый МВМС по размаху и представительности сразу вышел на ведущее место в мире среди аналогичных выставок.

В то же время необходимо отметить пожелание постоянного секретаря Министерства обороны Сингапура Питера Хо о необходимости присутствия российских кораблей на следующей выставке.

В рамках выставки IMDEX Asia (также как и в ходе МВМС-2003) проходила международная конференция по морским военным технологиям (Undersea Defence Technology Asia 2003 Conference), а также семинар по технологиям корабельных платформ (Naval Platform Technology Seminar). К сожалению, российские специалисты в них не участвовали. Вместе с тем, в одном из основных докладов конференции, сделанном Питером Хо и посвященном новинкам в военно-морской технике, основные примеры инновационных решений приведены из опыта российских разработок.

Следует отметить высокопрофессиональную работу представитель ФГУП «Рособоронэкспорт» во

главе с И. С. Белоусовым по организации и проведению нашей экспозиции, а также сотрудников российского посольства в Сингапуре, лично посла С. Б. Киселева и военного атташе В. Б. Кончакова. В российском посольстве, в начале работы выставки, прошла встреча российской делегации с С. Б. Киселевым, на которой были обсуждены цели и задачи делегации на выставке, вопросы взаимодействия в ходе ее проведения. Это в большой степени послужило залогом успешной работы российской делегации.

В целом необходимо отметить, что российская делегация выполнила поставленные перед ней задачи по установлению и развитию полезных деловых контактов с целью продвижения российской отечественной продукции военного назначения и двойных технологий в страны азиатско-тихоокеанского региона. Участие в выставке принесло положительные результаты как с политической, так и с технико-экономической точек зрения.

Л. М. Клячко,
первый заместитель
генерального директора Россудостроения,
канд. техн. наук

Выставка	МВМС-2003	IMDEX Asia'2003
Количество фирм-участников	319	150
Количество стран-участников	23	22
Количество боевых кораблей и катеров у причалов	19	17
Официальные зарубежные делегации (количество/стран)	26/24	30/29

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ КОРАБЛЯ

1—2 декабря 2003 г. в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова (Санкт-Петербург) состоялась научно-техническая конференция по строительной механике корабля, посвященная памяти академика Ю. А. Шиманского. Конференция была организована ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова (председа-

тель организационного комитета докт. техн. наук, профессор О. М. Палий, ученый секретарь канд. техн. наук, доцент Е. А. Шешенин) совместно с НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова при спонсорской поддержке ЦКБ МТ «Рубин» и Морского инженерного бюро (Одесса).

В конференции приняли участие более 80 специалистов из Санкт-Петербурга, Москвы, Владивостока, Нижнего Новгорода, а также Одессы (Украина), представляющих ведущие организации в области теории проектирования и практики эксплуатации судов: ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, ЦНИИТС,

СПбГМТУ, Российский морской регистр судоходства, Российский речной регистр, ЦКБ МТ «Рубин», Северное ПКБ, Горьковский политехнический институт и др.

На конференции, проходившей в двух секциях, было сделано более 40 докладов, тезисы которых были опубликованы и предоставлены участникам. В докладах обсуждались вопросы, связанные со сложными расчетами прочности, проектированием, строительством и эксплуатацией судов, а также морских сооружений.

В частности, большая группа докладов была посвящена общей и остаточной прочности, а также формализованной оценке риска при повреждениях корпусов судов ограниченных и смешанных районов плавания (докладчики Г. В. Бойцов и Г. В. Егоров).

Важные прикладные перспективы имеют нелинейные динамические модели исследования прочности якорных систем удержания буровых платформ при действии ледовых и волновых нагрузок, предложенные Е. Я. Вороненком, О. Е. Литоновым и В. М. Шапошниковым.

В докладах Е. М. Апполонова, М. А. Кутейникова, А. В. Дидковско-го и А. Б. Нестерова, С. В. Коленчука и Д. А. Федорова обсуждены особенности требований к ледовой прочности и ледовой классификации корпусов судов, предназначенных для плавания в замерзающих арктических морях, а также ры-

боловных судов с повышенной мощностью главных двигателей.

Была рассмотрена прогрессивная методология параметрического проектирования элементов корпусных конструкций, способствующая ускорению и оптимизации результатов проектирования судового корпуса (докладчик В. Н. Тряскин).

Теоретические аспекты оптимизации элементов корпусных конструкций представили в своем докладе М. Ю. Миронов и А. А. Родионов.

Большой интерес вызвали доклады украинских авторов (докладчик — В. В. Козляков) об оценке остаточного усталостного ресурса и живучести судовых конструкций, надежности крепления тяжеловесных грузов, конструктивных недостатках и возможности смягчения их негативного влияния у понтонных плавучих доков, путях уменьшения температурных напряжений в корпусах танкеров, перевозящих особо вязкие нефтепродукты.

Наряду с перечисленной тематикой прикладной направленности, на конференции был прочитан целый ряд докладов, посвященных развитию различных сложных аспектов решения ответственных задач науки о прочности судов и морских сооружений. Среди них нужно особо отметить решения задач о вероятностных распределениях, вызываемых волновыми воздействиями амплитуд случайных колебаний судовых конструкций с учетом взаимовлияния различных частотных составляющих,

а также использование метода последовательных приближений для решения нелинейных задач статистической динамики судовых конструкций (докладчик Г. Б. Крыжевич).

Серия интересных теоретических исследований, посвященных устойчивости неконсервативных упругих систем, функций влияния параметров системы на ее частотный спектр, решению оптимизационных задач подкрепления пластин ребрами и вопросов идентификации судового корпуса, была представлена В. А. Постновым с Г. А. Тумашиком.

Рассматривались принципиальные задачи, относящиеся к расчетам прочности и деформированию элементов конструкций глубоководной техники (докладчики А. И. Шитов, В. А. Манухин, А. В. Белов и др.).

Особый комплекс задач обсуждался в ряде докладов о взрывных, высокоскоростных и вибрационных нагружениях конструкций. Предложены новые методы расчета и нормирования параметров нагружения конструкций в подобных условиях их работы (докладчики А. И. Дульнев, Н. С. Караиев, Е. Н. Щукана, Э. И. Иванюта и др.).

Конференция прошла на высоком научном и практическом уровне, способствовала полезному обмену информацией о новейших результатах исследований.

**Г. В. Бойцов, докт. техн. наук
(ФГУП ЦНИИ им. академика
А. Н. Крылова)**

ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

Летом прошлого года редакция получила письмо из Китая от старшего инженера-переводчика *Dalian New Shipbuilding Heavy Industry Co, Ltd (Technical Development Centre)* г-на Чжоу Фэншао, в котором он благодарил редакцию за содействие при подготовке на китайском языке сборника В. Т. Луценко «Повреждения и ремонт судов Дальневосточного бассейна России» на основе его статей в журнале «Судостроение». Сборник вышел в свет 2001 г.

Кроме того, г-на Чжоу Фэншао заинтересовала статья В. В. Козыря «Из истории создания подводного флота КНР» («Судостроение», 2003, № 1), и он обратился к автору с рядом вопросов.

Уважаемый г-н Козырь!

Я прочитал Вашу статью и у меня есть к Вам следующие вопросы.

Кто были командиром и инженером-механиком китайского эки-

пажа ПЛ С-123?.. По воспоминаниям одного из командиров первых ПЛ КНР Ху Джешаня, командиром был Чжан Тие, а инженером-механиком Лин Шишань. Тогда, может быть, премьеру Чжоу Эньлаю давал по-

яснения Е Нан? Об этом надо бы спросить у г-на Ф. И. Маслова.

У кого хранятся вахтенные журналы ПЛ С-123 с надписями премьеры Чжоу Эньлая? Если у Вас, то просим выслать копии этих надписей...

Кстати, из четырех командиров первых ПЛ КНР сейчас здравствуют только Ху Джешань и Син Фуюань, а двое других, Чжан Тие и Лю Юньчань, умерли. Скончался и командир группы по изучению подводного флота Фу Цзыцзе.

**С уважением, Чжоу Фэншао
16 июля 2003 г.
г. Далянь, КНР**

По просьбе редакции Виталий Викторович Козырь подготовил ответ, который публикуется с небольшими сокращениями.

Уважаемый г-н Фэншао!

Благодарю Вас за сделанные замечания по тексту статьи, которые будут учтены в последующих публикациях.

Моя попытка выяснить, кто конкретно давал пояснения Премьеру Госсовета, у бывшего начальника управления по подготовке китайских подводников и командира ПЛ С-123 — ныне контр-адмирала в отставке Федора Ивановича Маслова — не увенчалась успехом. Федору Ивановичу исполнилось 85 лет, и в настоящее время он тяжело болен, что в значительной степени сказалось на его памяти.

Более того, из советских командиров ПЛ, обучавших своих китайских коллег в Луйшуне (Порт-Артуре), кроме Ф. И. Маслова, к сожалению, никого в живых уже нет. Те немногие сведения, полученные мною у других советских подводников, могли быть не совсем точными. К сожалению, и здесь произошли большие утраты. За время сбора материалов скончались проживавшие в Санкт-Петербурге М. И. Казанцев (бывший командир ПЛ С-24), Я. Ш. Ошеревич (бывший командир ПЛ М-276), Ю. И. Бабич (бывший инструктор инженеров-механиков ПЛ типа С), И. Б. Гаврилов (инженер-механик ПЛ, бывший преподаватель группы по изучению подводного флота). О со-

ветских подводниках, в настоящее время проживающих в других городах России, проходивших службу в Порт-Артуре и принимавших участие в поддоговках китайских подводников, сведений у меня нет. Я предполагал, что публикация материалов о создании китайского подводного флота будет поводом к воспоминаниям и других участников событий в Порт-Артуре и Циндао. Однако, кроме Вашего отклика, других новых сведений пока не появилось.

В свете изложенного, поскольку Вы в своих суждениях опираетесь на авторитет командира экипажа ПЛ из состава группы Ху Джешаня, то его версия более правдоподобна, т. е. командиром китайского экипажа ПЛ С-123 был Чжан Тие, а инженером-механиком Лин Шишань.

Не исключено также, что пояснения по устройству ПЛ Премьеру Госсовета мог давать присутствовавший на ПЛ С-123 флагманский инженер-механик группы Е Нань, как наиболее подготовленный специалист из инженеров-механиков. Это вполне вписывается в то положение, что при посещении корабля начальствующими лицами их сопровождают старшие начальники. В указанном случае ими были Фу Цзыцзе, Е Нань, Чжан Тие и Лин Шишань. По всей видимости, вопросы по устройству ПЛ и ее боевым возможностям Премьер Госсовета мог задавать всем этим четверем лицам, что легко проясняется при анализе воспоминаний советских и китайских подводников.

Вас интересует, где находится вахтенный журнал ПЛ С-123 с записью Премьера Чжоу Эньлая, посвященной командиру ПЛ Ф. И. Маслову. Федор Иванович заявил, что копии этой записи у него нет. Поиски вахтенного журнала в архивах Военно-Морского Флота России мною проводятся, и если он будет найден, то выписка из него будет Вам выслана.

По моим уточненным данным в состав китайской группы по изучению подводного флота вошло 260 чел., а не 400, а первая группа кораблей Тихоокеанского флота под командованием контр-адмирала Б. Ф. Петрова прибыла в Циндао в октябре, а не в июне 1954 г.

Автор статьи и те немногие советские ветераны подводного флота, имевшие отношение к обучению китайских подводников, ныне проживающие в Санкт-Петербурге, выражают искреннее соболезнование своим здравствующим коллегам в КНР по поводу безвременной кончины их товарищей и особенно первого наставника и воспитателя товарища Фу Цзыцзе.

Пользуясь предоставленной возможностью, я прошу передать сердечные приветы и наилучшие пожелания бывшему командиру ПЛ Син Фуяюаню, которого я хорошо помню, искренне уважаю и питаю к нему самые дружеские чувства.

В. В. Козырь, председатель секции истории НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Статистические данные Lloyds's Register of Shipping по ведущим судостроительным странам, 2003 г., июнь

Страна	Сдано во II квартале		Заказано во II квартале		Портфель заказов на 30 июня 2003 г.			Изменения по сравнению с I кварталом	
	N	крт	N	крт	N	рт	крт	N	крт
1. Южная Корея (1)	64	1 937 658	122	3 852 237	640	36 955 752	20 579 281	+ 77	+ 2 465 065
2. Япония (2)	97	1 661 663	99	2 249 735	637	27 305 252	14 652 200	+ 32	+ 966 294
3. Китай (3)	48	691 295	34	690 948	369	8 936 631	5 645 756	- 1	- 102 786
4. Польша (5)	6	68 721	8	22 036	102	2 201 884	1 644 047	+ 10	+ 72 294
5. Италия (4)	10	257 031	2	176 578	54	1 438 532	1 586 821	- 9	- 195 103
6. Германия (6)	12	192 700	14	189 963	70	1 343 671	1 294 500	+ 7	+ 34 187
7. США (7)	12	81 710	0	0	101	1 123 950	975 344	- 13	- 100 774
8. Хорватия (9)	4	61 401	3	48 035	49	1 261 045	906 373	0	+ 4 438
9. Испания (8)	18	85 652	1	2 800	107	871 493	901 616	- 6	- 44 277
10. о. Тайвань (12)	6	88 748	9	266 033	33	1 711 784	890 669	+ 5	+ 226 108
11. Румыния (10)	7	48 974	0	0	75	541 273	623 143	- 8	- 65 645
12. Нидерланды (11)	10	94 398	6	28 506	168	351 989	577 385	- 4	- 87 818
13. Россия (17)	5	26 073	6	101 160	66	384 474	464 849	+ 1	+ 73 095
14. Финляндия (13)	1	107 024	0	0	6	379 876	453 035	- 1	- 107 500
15. Украина (15)	1	6 600	0	0	43	441 729	452 682	- 3	- 7 941
16. Турция (16)	13	71 166	12	71 240	77	245 569	412 940	+ 2	- 17 026
17. Дания (20)	1	60 772	4	131 820	12	491 350	335 350	+ 2	+ 79 083
18. Франция (14)	1	114 534	0	0	11	258 202	333 990	+ 3	- 176 960
19. Бразилия (18)	2	12 310	3	23 040	36	214 706	305 966	+ 1	+ 5 798
20. Филиппины (19)	0	0	0	0	17	486 811	247 806	0	- 10 594
...
ВСЕГО:	347	5 786 040	311	7 921 378	3027	87 868 666	54 687 988	+ 78	+ 2 933 367

Примечание. N — количество судов; крт — компенсированная регистровая тонна; рт — регистровая тонна. Более подробные данные — см. Schip en Werf de Zee. 2003. November. P. 56—57.

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Во главе российского судостроения

ОСНОВАТЕЛЬ КОРПУСА КОРАБЕЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРОВ

В. В. Козырь

С этого номера журнала секция истории судостроения НТО судостроителей им. академика А.Н. Крылова начинает публикацию биографий людей, стоявших во главе российского судостроения.

История не сохранила нам имен древних строителей судов, так как это было делом коллективным и традиционным для славян.

Отдельные скудные сведения о строителях судов относятся ко времени царствования Алексея Михайловича, когда в Дединово был заложен первый русский военный корабль «Орел». Известен организатор его постройки — боярин А.Л. Ордин-Нащокин — образованный и дальновидный государственный деятель, ратовавший за прогрессивные преобразования в государственном устройстве России, ее экономической и военной сферах.

Эпоха создания регулярного флота донесла до нас некоторые имена организаторов этого процесса. Это начальник разряда Стрешнев, сарваер Ф. Тиммерман, окольничий Протасьев, стольники Титов, Плямяников и Измайлов, адмиралтейцы Ф.М. Апраксин, А.В. Кикин и др. Но в эпоху Петра I, как утверждает историк В. Чубинский, «не было и естественно не могло еще быть никакой определенной системы управления делами флота; ибо об этом еще не время было думать. Поэтому, говоря о первоначальном морском управлении, приходится указывать не столько на учреждения, заведывающие морской частью, сколько на лица, разделявшие труды и заботы государя о флоте».

И такой порядок управления делами флота вообще и судостроения в частности продолжался вплоть до начала царствования императора Павла I, заслуга которого состоит в том, что 20 августа 1798 г. он учредил Училище корабельной архитектуры в Санкт-Петербурге, готовившее специалистов для верфей.

Однако понадобилось еще шесть лет пока в недрах Морского министерства в управлении генерал-интенданта появился Департамент кораблестроения, директорами которого 18 июня 1804 г. одновременно были назначены корабельные мастера В.И. Сарычев и Жан-Жак Брюн-де-Сен-Катерин — француз по происхождению. Пожалуй, именно с этой даты, учитывая последующее образование корпусов корабельных инженеров Балтийского флота (1826 г.), Черноморского флота (1827 г.) и объединенного — с управлением из Санкт-Петербурга (20 августа 1830 г.), судостроение в России начало приобретать организованный характер.

Первым инспектором корабельных инженеров Балтийского флота, а затем и объединенного корпуса стал член Адмиралтейств-коллегии генерал-майор Жан-Жак Брюн-де-Сен-Катерин (в российском флоте известен также как Яков Яковлевич Лебрюн; далее по тексту — Брюн). Благодаря его усилиям русские корабельные мастера из париев флота превратились по сути в элиту.

Родился он во Франции в 1757 г. Обучался кораблестроению в Тулоне, где в 1781 г. был произведе-

ден в корабельные инженеры. За свою 11-летнюю службу в Тулоне построил четыре линейных корабля, два фрегата, несколько корветов и других мелких судов.

Когда в 1792 г. Турция обратилась к Франции с просьбой прислать искусного кораблестроителя, то выбор пал на уже достаточно опытного инженера Брюна. За период с 1792 по 1799 г. он построил один 120-пушечный, три 80-пушечных и пять 74-пушечных кораблей, пять 50-пушечных фрегатов, несколько

корветов и большое число канонерских лодок для турецкого флота.

В 1796 г., после кончины Екатерины II, на российский престол взошел Павел I. Обращаясь в Адмиралтейств-коллегию, он констатировал: «... с восстановлением нашим на прародительский престол, приняли мы флоты в таком состоянии, что корабли, составляющие оные, большей частью оказались по гнилости своей на службе неспособными».

Поэтому не случайно находившийся в Оттоманской империи посол России Томара пригласил Брюна в Россию. 16 января 1799 г. он был принят на службу корабельным мастером. В октябре 1799 г. Брюн с братом, также корабельным инженером, на фрегате «Поспешный» под командованием лейтенанта Елизарова прибыли в Николаев с семьями, прислугой и двумя чертежниками. Оттуда отправились в Санкт-Петербург, где сразу и приступили к исполнению обязанностей корабельных мастеров при здешнем Адмиралтействе.

Несмотря на большой опыт и добрую славу искусного судостроителя, Брюн особыми привилегиями не пользовался, так как еще с петровских времен существовало правило: «Не давать иностранцам главного начальства, а больше упражнять своих, русских». Именно по этой причине рядом с французом в течение ряда лет работал корабельный мастер В. И. Сарычев.

В 1800 г. эти мастера по своим чертежам начали строить в Главном Адмиралтействе два 80-пушечных корабля: с ютом — Сарычев, а без юта — Брюн. При этом последнему, в виде опыта, вменялось построить еще и канонерскую лодку «о трех пушках». Едва приступили к строительству кораблей, как последовало новое указание: Брюну строить еще и 90-пушечный корабль, а Сарычеву — 50-пушечный фрегат. Оба мастера успешно справились с поставленными задачами, и тут же последовала новая команда.

В составе специальной комиссии они в 1802 г. направились в балтийские порты для осмотра кораблей, фрегатов и других судов. По результатам обследования десять кораб-

лей, четыре гребных фрегата, четыре полупрама, бриг, четыре бомбардирских корабля (в том числе два в Ревеле), а также четыре корабля и фрегат в Кронштадте повелено было разобрать. За сделанное «...особенно верное, беспристрастное, на искусстве их основанное донесение, и за все полезные замечания, как знание по разным частям, так и усердие к службе и желание быть полезными доказывающее» оба мастера были удостоены «высочайшего благоволения».

Всего за время службы корабельным мастером под наблюдением Брюна и по его чертежам было построено на петербургских верфях 11 кораблей, четыре фрегата и два транспорта. Восемь раз в приказах по Морскому ведомству ему объявлялось «высочайшее благоволение».

Помимо строительства судов как Брюн, так и Сарычев привлекались к разбору «разного рода употребляемых на судовое строение лесов, определив те, кои по доброму своему качеству и мере для построения линейных кораблей служить могут, от других, годных только на меньшие суда, как-то фрегаты, корветы и разной величины транспорты, также и на гребные». Причем не только на Балтийском море, но и на Соломбальской верфи в Архангельске.

Когда же в Морском ведомстве образовался Департамент кораблестроения (1804 г.), то обоих мастеров назначили его директорами: Брюна по исполнительной части, а Сарычева по хозяйственной.

Союз двух мастеров неожиданно прервался в 1808 г. В Главном Адмиралтействе к спуску на воду готовился линейный корабль «Храбрый». На торжествах должен был

присутствовать император Александр I. Но к назначенному сроку корабль к спуску оказался не готов, и торжества пришлось перенести. В случившемся морской министр усмотрел вину Сарычева. В результате его отстранили от должности, переводя снова в корабельные мастера. С этого времени Брюн, уже чиновник 6-го класса, стал единоличным директором Кораблестроительного департамента.

Помимо дел в департаменте Брюн несколько лет преподавал кораблестроение в Училище корабельной архитектуры. Трудно сказать, какая польза была от этого, поскольку до конца своей жизни он так и не научился не только писать по русски, но и говорить. Тем не менее, пользуясь покровительством соотечественника — морского министра маркиза де-Траверсе, получал за должность в училище солидное вознаграждение, стал инспектором классов и даже, фактически, директором училища в тот период, когда оно было присоединено к Морскому кадетскому корпусу.

Будучи корабельным мастером, а затем и директором департамента, Брюн тяготился тем, что его — дворянина, инженера, конструктора — называют мастером. И в письмах, и в разговорах он всегда подчеркивал, что он не мастер, а конструктор. Слово «мастер» особенно задевало его самолюбие, когда в 1811 г. он был произведен в генерал-майоры. Завидная настойчивость, умение подать себя в обществе, наконец, покровительство морского министра позволили ему образовать Корпус корабельных инженеров.

Брюн-де-Сен-Катерин прожил в России 36 лет. Сорокалетним пе-

рейдя под покровительство российской короны, начав службу корабельным мастером и затем приняв российское подданство, он сделал блестящую карьеру, пройдя путь от чиновника 7-го класса, до чиновника 4-го класса (1805 г.), почетного члена Адмиралтейского департамента (1809 г.), члена государственной Адмиралтейств-коллегии (1826 г.), почетного члена Ученого комитета (1827 г.), генерал-лейтенанта (1829 г.), и был бессменным (с 1826 г.) инспектором Корпуса корабельных инженеров.

Скончался Брюн-де-Сен-Катерин 3 августа 1835 г. и похоронен на Смоленском евангелическом кладбище. Гранитная колонна с капиталью венчают последний приют основателя Корпуса корабельных инженеров России.

Литература

- Белавенец П. Русский биографический словарь. Т. 3. СПб.: изд-во А. А. Половцева, 1908. Записки Ученого комитета Главного морского штаба е.и.в. Морск. мин. 1835. Т. XII. Кобак А.В., Пирытко Ю. М. Исторические кладбища Петербурга. СПб.: изд-во Чернышова, 1993.
- Лейтенант Н. Исторический очерк развития штатов российского флота // Морской сборник. 1911. № 4.
- Материалы по истории российского флота. Ч. XVI, XVII. СПб., 1902.
- Общий морской список. Т. VI. СПб., 1892.
- Пароменский А.И. Исторический очерк Морского инженерного училища императора Николая I. 1798—1898. Вып. 1. СПб.: тип. В. А. Тиханова, 1898.
- Петербургский некрополь. Т. 1. СПб.: тип. М. М. Стасюлевича, 1912.
- РГИА, ф. 198, оп. 1, д. 28, л. 265; д. 29, л. 30, 32—35; д. 74, л. 17; д. 69, л. 52—54, 388; д. 71, л. 221; д. 72, л. 258; д. 84, л. 186; д. 85, л. 37; д. 89, л. 95, 96; д. 102, л. 10, 11, 18; д. 129, л. 49—52.
- Соловьев С. М. История России с древнейших времен. Кн. VIII. М.: Мысль, 1993.
- Энциклопедический лексикон. Т. VII, СПб.: тип. А. Плюшара, 1836.

ПЕРВЫЙ ДАЛЬНИЙ ПОХОД КРЕЙСЕРА «СВЕРДЛОВ»

А. Б. Морин (ОАО «Невское ПКБ»)

50 лет назад, летом 1953 г., произошло памятное событие в истории отечественного Военно-Морского Флота. Состоялся первый послевоенный дальний зарубежный поход крупного боевого надводного корабля Балтийского флота крейсера «Свердлов» с дружественным визитом к берегам Англии, где он принял участие в международном военно-морском параде на Спитхэдском рейде по случаю коронации королевы Великобритании Елизаветы II, вступившей на престол после смерти в 1952 г.

отца — короля Георга VI. После этого похода и ряда последовавших за ним посещений нашими крейсерами военно-морских баз зарубежных флотов и иностранных портов корабля типа «Свердлов» завоевали мировое признание как лучшие легкие артиллерийские крейсера. С выходом ВМФ СССР в океан в середине 60-х годов XX столетия для несения боевой службы они лучше других кораблей нашего флота оказались приспособленными к дальним походам.

«Свердлов» был головным кораблем самой крупной серии легких крейсеров в истории отечественного флота. В те годы при создании крупных артиллерийских кораблей в нашей стране приоритет отдавался крейсерам, которые должны были составлять ядро эскадр надводных кораблей, обеспечивающих боевую устойчивость подводных лодок и остальных сил флота. Первая послевоенная программа военного кораблестроения (1946—1955 гг.), предусматривала завершение строительства и передачу флоту к концу этого периода четырех тяжелых и тридцати легких крейсеров.

Разработке техпроекта 68бис предшествовала стадия предэскизного проектирования, выполненная ЦКБ-17 в мае—июне 1946 г. с учетом опыта второй мировой войны и прогресса военно-морской техники, действующих требований по остойчивости, непотопляемости, мореходности, запасу плавучести и улучшению обитаемости за счет некоторого увеличения, по сравнению с крейсерами типа «Чапаев», главных размеров и водоизмещения корабля.

В целях ускорения начала строительства и сокращения сроков создания этих крейсеров на них в максимальной степени применялось освоенное промышленностью вооружение и оборудование, без внедрения в главной энергетической установке и



А. С. Савичев (1904—1983).
Главный конструктор крейсеров
типа «Свердлов»

электроэнергетической системе корабля новых технических решений. Вместе с тем впервые в отечественном кораблестроении осуществлялось формирование цельносварных корпусов крейсеров, включая броневые конструкции, из укрупненных объемных секций массой до 100—150 т, а также использование броневых плит в составе не только защитных, но и несущих корпусных конструкций. Главным конструктором проекта этих кораблей был А. С. Савичев¹.

Головной крейсер «Свердлов» был заложен на восточном стапеле Балтийского завода 15 октября 1949 г. и включен в состав отряда

строящихся кораблей 8-го ВМФ. Главным строителем крейсеров 68бис на этом заводе был инженер-кораблестроитель А. И. Риммер.

Первым командиром крейсера (3.1949—5.1951) был капитан 1-го ранга В. П. Васильев. 7 февраля 1950 г. для комплектования экипажа корабля прибыло 107 офицеров, старшин и матросов с крейсера «Киров», находившегося на капитальном ремонте. Они составили основное ядро экипажа.

Применение новой технологии формирования корпуса на стапеле сократило сроки постройки крейсеров этого типа на 40%. «Свердлов» был спущен на воду 5 июля 1950 г. при 53% готовности. 6 апреля 1951 г. завод приступил к его швартовным испытаниям, 9 июля состоялось вселение экипажа на корабль, на следующий день на нем подняли Государственный флаг СССР. После проведения опыта кренования 27 июля крейсер совершил переход на Красногорский рейд для выполнения работ по размагничиванию. 18 августа корабль был предьявлен к проведению заводских ходовых испытаний и совершил переход в Таллин. 28 августа на корабль назначили нового командира — капитана 1-го ранга О. И. Рудакова². 14 сентября, завершив заводские ходовые испытания, крейсер вернулся в Кронштадт для устранения выявленных недостатков по замечаниям.

¹А. С. Савичев родился в с. Букрино Рязанской губ. в крестьянской семье. Трудовую деятельность начал в 1921 г. чернорабочим, затем молотобойцем на стройке в Москве. В 1926 г. после окончания рабфака поступил на кораблестроительный факультет ЛПИ. В 1931 г. был направлен на работу инженером на Красноармейскую верфь (Волгоград). В 1933 г. завершил высшее техническое образование на военно-промышленном отделении ВМА им. К. Е. Ворошилова, после чего работал в ЦКБС-1, ЦКБ-17, НПКБ до ухода на пенсию (1967).

В предвоенные годы под руководством главного конструктора А. И. Маслова (1884—1968) принимал активное участие в создании первых крейсеров советской постройки типов «Киров», «Максим Горький» и «Чапаев». В 1940—1941 гг. — отв. исполнитель конструкторских работ по обеспечению достройки приобретенного в Германии крейсера «Лютцов» (в ВМФ СССР — «Петропавловск»). Во время Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. работал в Казани заместителем главного конструктора крейсеров типа «Чапаев», занимаясь также зенитным довооружением кораблей действующих флотов, обеспечением их аварийно-восстановительных ремонтов. С возвращением бюро в 1945 г. из эвакуации в Ленинград возглавил корректировку проекта крейсеров типа «Чапаев» по опыту войны, а с 1946 г. — работы по созданию крейсеров типа «Свердлов».

После завершения в 1956 г. строительства кораблей этого типа был главным конструктором первого советского атомного ракетного крейсера, а с 1959 г. — первых в ВМФ СССР противолодочных крейсеров типа «Москва» с групповым базированием вертолетов Ка-25. За многолетний и плодотворный труд в судостроительной промышленности награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденами Отечественной войны II степени и «Знак Почета». За участие в создании (1938—1950 гг.) крейсеров типа «Чапаев» ему было присвоено почетное звание лауреата Сталинской премии (1951 г.).

²О. И. Рудаков родился в Казани в семье студента Ветеринарного университета. Трудовую деятельность начал в 1930 г. грузчиком на московском заводе «Каучук». По путевке комсомола был направлен на учебу в ВМКУ им. М. Ф. Фрунзе, окончил его в 1937 г. Служил на Северном флоте (СФ) командиром БЧ-2 на эсминцах «Урицкий», «В. Куйбышев», «К. Либкнехт» и «Гремящий». С осени 1941 г. был помощником командира эсминца «Сокрушительный», на котором в ноябре 1942 г. в условиях сильного шторма оторвало кормовую оконечность. При снятии экипажа с аварийного эсминца командование и ряд офицеров (в том числе Рудаков) покинуло корабль не последними. Вынесенный военным трибуналом флота смертный приговор Рудакову, благодаря вмешательству командующего СФ вице-адмирала А. Г. Головки, был заменен лишением офицерского звания и направлением в штрафную роту рядовым минометного взвода. После получения в ходе боевых действий (на переднем крае обороны п-ва Рыбачий) осколочных ранений, снятия судимости и восстановления в офицерском звании, он в начале 1944 г. был вновь отозван на флот, где до осени того же года служил помощником командира эсминца «Грозный», а в 1945—1951 гг. на старых кораблях зарубежной постройки (командиром эсминца «Доблестный», старпомом линкора «Архангельск», командиром крейсеров «Мурманск» и «Керчь»).

В августе 1953 г. после присвоения звания контр-адмирала он был назначен начальником штаба эскадры 4-го ВМФ и до конца 1955 г. вновь дважды посетил Англию на кораблях эскадры. В 1957 г. окончил с отличием ВВА им. К. Е. Ворошилова, после чего до октября 1973 г. находился на научно-педагогической работе в ВМА в должностях зам. начальника кафедры, затем — начальника кафедры. Доцент, кандидат военно-морских наук. Награжден тремя орденами Красного Знамени, двумя орденами Отечественной войны I и II степени, а также Красной Звезды, медалями.



О. И. Рудаков (1913—1974).
Командир крейсера «Свердлов»

Завершив 31 октября государственные испытания, крейсер после ревизии механизмов и проведения контрольного выхода 16 января 1952 г. начал мореходные испытания, через два дня временно был зачислен в состав эскадры кораблей 4-го ВМФ с базированием в Балтийске и до 10 мая 1952 г. полностью закончил программу испытаний.

В приемном акте, подписанном 15 мая 1952 г. председателем Приемной комиссии вице-адмиралом М. З. Москаленко, отмечалось, что «головной легкой крейсер "Свердлов" проекта 68бис, в сравнении с ранее построенными отечественными крейсерами проектов 68К и 26, имеет ряд преимуществ, в том числе более совершенное артиллерийское и радиолокационное вооружение, способное эффективно решать боевые задачи, благодаря применению современных

систем управления огнем главного и универсального калибров».

По результатам государственных испытаний крейсера «Свердлов» комиссия приняла его в состав ВМС. Приемный акт был утвержден правительством 22 августа 1952 г. 31 августа на корабле подняли Военно-морской флаг и гюйс, он был официально зачислен в состав эскадры 4-го ВМФ.

Перед визитом в Англию на крейсере «Свердлов» развернулась тщательная подготовка корабля, его техники и личного состава к походу и параду, так как ему предстояло быть на этом параде визитной карточкой нашей страны. Особое внимание уделялось подготовке штурманской боевой части (БЧ-1) и повышению мастерства боцманской команды, отработке маршрута похода (более 1300 миль) и предстоящей на Спитхэдском рейде сложной постановке крейсера на якорь способом «фертоинг». Эти задачи отработывали командир БЧ-1 старший лейтенант В. П. Заколодяжный, помощник командира корабля капитан 3-го ранга В. А. Зимин и их подчиненные.

28 мая 1953 г. крейсер посетил Главком ВМС адмирал флота Н. Г. Кузнецов, провел его смотр с выходом корабля на рейд, а также проверку готовности к походу и параду.

За четыре дня до выхода корабля из Балтийска на нем (с разрешения Главного штаба ВМС) побывал Д. П. Мак-Кеоун — корреспондент английского журнала «Illustrated», который подготовил репортаж «С русскими моряками на их корабле — участнике парада», что было необычно для того времени.



Легкий крейсер «Свердлов»

4 июня офицерский состав экипажа пополнился за счет прибывших специалистов промышленности, институтов ВМС и сотрудников центрального аппарата, командированных для участия в походе и ознакомления с новинками зарубежной военно-морской техники. Среди них были: главный инженер главка МСП инженер-капитан 1-го ранга Б. Н. Зубов, начальник ЦКБ-16 (в 1946—1950 гг. — ЦКБ-17) И. И. Исанин, также одетый в морскую форму, и инженер-капитан 1-го ранга Главного управления кораблестроения ВМС В. Г. Мандрик.

6 июня в 14 ч крейсер «Свердлов» вышел из базы и взял курс на Портсмут. Погода вначале благоприятствовала переходу. Маршрут лежал мимо берегов Польши и Германии, далее — территориальными водами Дании через Балтийские проливы. Затем он пролегал через Северное море, проливы Дуврский (Падде-Кале) и Ла-Манш, контролируемые флотами стран НАТО.

Условия плавания, особенно в проливах и узкостях, а также при плохой видимости, требовали ограничения скорости хода на многих участках маршрута. Штурманская боевая часть крейсера с честью выполнила свою задачу. За все время похода навигационных происшествий и повреждений не было, хотя порой видимость сокращалась до 1 кб (меньше длины корабля).

Вечером 9 июня при подходе к цели своего похода крейсер, имея в резерве 5 ч, стал на якорь в Дуврском проливе для выполнения спокойной приборки. 10 июня в 7 ч он подошел к входным фортам Спитхэдского рейда — защищенной и удобной якорной стоянки между Портсмутом и о. Уайт для кораблей всех классов (площадь акватории около 90 км², глубины до 30 м). Около двухсот кораблей Королевского флота и стран Британского содружества прибыли на парад двумя днями раньше и стояли на своих местах, расцветенные флагами. При входе на рейд «Свердлов» произвел салют наций (двадцатью одним выстрелом орудиями универсального 100-мм калибра). После ответа на него береговой батареи крепости крейсер салютовал командиру военно-морской базы Портсмут.

Англия — страна давних традиций, которые свято хранятся поколе-

ниями. «История Спитхэдских парадов, — говорят англичане, — так же стара, как и история нашего флота». Здесь еще в 1415 г. король Генрих V осматривал корабли, захваченные у французов в морских сражениях Столетней войны. В конце XVI века на этом рейде принимала парад эскадры, впервые сопровождавшийся салютом, королева Елизавета, а в 1700 г. здесь же знакомился с английскими кораблями молодой русский царь Петр I, мечтавший со временем создать и флот российский. Отсюда осенью 1805 г. уходил на флагманском корабле «Victory» в свой последний поход легендарный адмирал Горацио Нельсон, шагнувший в бесмертие в час крупной победы британского флота над объединенным франко-испанским флотом в Трафальгарском сражении, в результате которой Англия стала крупнейшей морской державой — владычицей морей. В XIX—XX веках спитхэдские военно-морские парады стали проводиться чаще, для участия в них приглашались и корабли иностранных флотов, в том числе и российского. Так, в 1902 г. на параде по случаю коронации Эдуарда VIII Россию представлял только что вступивший в строй эскадренный броненосец «Победа». На коронацию Георга V (1911 г.) был направлен вернувшийся с Дальнего Востока броненосный крейсер «Россия».

Прибывшие на празднества корабли Королевского флота стояли на рейде в шести параллельных кильватерных колоннах (A—F). В голове основной колонны «F» находились крупные корабли Флота метрополии: флагманский линкор «Vanguard» (последний в составе британского флота, вступивший в строй в 1946 г.) и шесть авианосцев, за ними — авианосцы Канадского, Австралийского флотов и военно-морской базы Портсмут. Слева от них, в голове колонны «E», находились крейсера Средиземноморского флота, Флота метрополии, Канадского, Новозеландского и Индийского флотов. В голове следующей колонны «D» — крейсера Резервного флота и минные заградители.

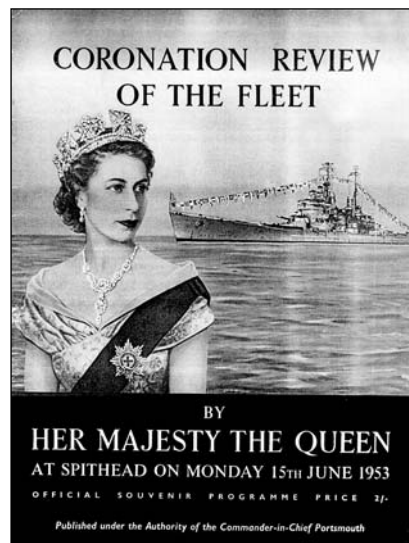
Расстояние между колоннами и большими кораблями внутри них было около 3 км (550 м). Крейсеру «Свердлов» предстояло занять свое место в колонне «G» рядом с ан-

глийским авианосцем «Indomitable» и между французским крейсером «Montcalm» и шведским «Göta Lejon».

По нормативам Британского адмиралтейства для постановки крейсера на якоря отводилось 1 ч 20 мин, с заведением в расклепанные при постановке якорные цепи фертоинговой скобы, чтобы (во избежание навала на соседние корабли) его не разворачивало приливно-отливными течениями в тесном строю. Однако моряки боцманской команды «Свердлова» сумели выполнить эту сложную задачу всего за 12 мин, чем вызвали сенсацию на рейде и в английской прессе. Тем более, что с приходом крейсера некоторые газеты предлагали своим читателям не удивляться, если «русские будут долго становиться на фертоинг, ведь у себя они его не применяют». Линкор «Марат» на параде 1937 г. затратил на тот же маневр 53 мин. Взыскательные знатоки такого способа постановки после этого не могли не отметить высокую выучку наших моряков. В газетах появились заголовки: «Кто сказал, что русские плохие моряки?»

Сразу после прибытия командир крейсера О. И. Рудаков нанес официальные визиты командующему Портсмутской военно-морской базой адмиралу Д. Эдельстону, лорд-мэру Портсмута Ф. Майлсу и командующему Королевским флотом на линкоре «Vanguard» адмиралу О. Кризи, назначенному командовать коронационным военно-морским парадом. Эдельстен принял Рудакова на борту мемориального трехмачтового линейного корабля Нельсона «Victory».

10 июня все корабли на рейде вновь были расцвечены флагами, Англия отмечала день рождения герцога Эдинбургского — супруга Елизаветы II, в честь которого в полдень был дан салют. В 15 ч того же дня состоялись ответные визиты. К парадному трапу крейсера подошли на катерах и поднялись на верхнюю палубу адмиралы Эдельстен и Кризи. Экипаж был построен по большому сбору в порядке боевых частей и служб, оркестр в полном составе, караул с оружием. Оба британских адмирала обошли весь строй, затем проследовали в салон командира, а через некоторое время, улыбаясь и явно в хорошем настроении, вышли на верхнюю палубу, после



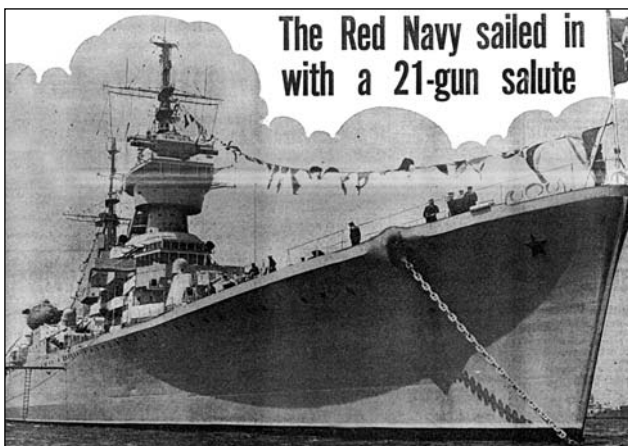
Программа морского парада на Спитхэдском рейде по случаю коронации Елизаветы II

чего спустились в свои катера. Их провожали командир крейсера, дежурный офицер и вахтенные.

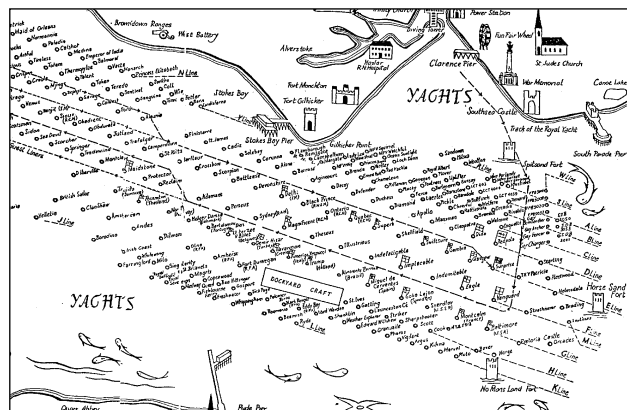
На следующий день (11 июня) корабли на рейде салютовали в честь дня рождения королевы. Командир крейсера «Свердлов» и несколько офицеров, в том числе все штурманы, были приглашены на прием к послу СССР в Великобритании Я. А. Малику. В своем выступлении за обедом он отметил, что за многолетнюю дипломатическую службу убедился: на Западе прежде всего уважают силу. Экипаж крейсера уже продемонстрировал ее на рейде.

12 июня сбор кораблей и судов иностранных флотов — участник парада — был завершен. В оставшиеся три дня до парада они приводили в порядок свой внешний вид, проводили покраску корпуса и надстроек. «Свердлов» отличался от других кораблей свежей окраской, выполненной перед выходом из Балтийска, и его экипаж смог побывать на экскурсиях в Лондоне и Портсмуте.

14 июня на крейсере был день приема почетных гостей. В 13 ч на катерах прибыли лорд-мэр Портсмута Майлс с семьей, группа корреспондентов газет, профсоюзная делегация и руководители Общества англо-советской дружбы во главе с настоятелем Кентерберийского собора Х. Джонсоном. Все они были приняты командиром и старшими офицерами крейсера, общались с экипажем. В 16 ч на корабль прибыл Я. А. Малик и ответственные сотрудники посольства. Экипаж вновь был



«Свердлов» на Спитхэдском рейде (из газеты «Daily Herald»)



Диспозиция кораблей — участников парада на Спитхэдском рейде (фрагмент). Крейсер «Свердлов» — третий слева в линии «Г»

построен по большому сбору, при подходе катера посла к трапу дан артиллерийский салют 19 залпами, оркестр исполнил гимн Советского Союза. Гости проследовали в салон командира корабля, где пробыли до ужина, затем беседовали с офицерами, старшинами и матросами. Посол отметил, что своим коротким пребыванием в Англии наши моряки сделали вклад больший, чем дипломаты за несколько лет работы.

Утром в день парада, 15 июня 1953 г., с подъемом национальных военно-морских флагов на кормовых флагштоках и гюйсов — на носовых, все корабли, стоящие на Спитхэдском рейде, вновь подняли и флаги расцвечивания. Перед полуднем королева Елизавета II устроила на борту яхты «Surprise» прием в честь членов Адмиралтейского совета, флагманов и командиров иностранных кораблей. На нем, наряду с другими, ей был представлен и командир крейсера «Свердлов» О. И. Рудаков. Она весьма лестно отзывалась о корабле, привлекая всеобщее внимание. В 14 ч 30 мин члены королевской семьи, прибывшие из Лондона в Портсмут поездом, поднялись на борт яхты «Surprise». В 15 ч, следуя за яхтой лоцманско-маячной службы «Patricia», возглавлявшей кортеж, королевская яхта «Surprise», эскортируемая яхтой Адмиралтейства «Redpole», направилась на Спитхэдский рейд. Стоявшие на нем корабли встретили ее «королевским салютом» (21 залп). Со второго залпа в него включились и иностранные корабли. В 15 ч 30 мин королевская яхта и сопровождающие ее суда начали грандиозный смотр флота кораблей и судов, прибывших из 22 стран мира и окруженных многочисленными яхтами.

Суда королевского кортежа следовали в традиционном порядке: «Patricia», «Surprise», «Redpole», за ними — яхты «Starling» (почетные гости морского министерства), «Fleetwood» (гости командующего флотом в Портсмуте) и «Helmsdale» (гости командира базы Портсмут и Госпорт), пароходы «Orcades» и «Pretoria Castle» (гости правительства), теплоходы «Brading» и «Southsea» (гости Морского штаба).

Парад транслировался по радио и телевидению на всю Англию с борта головного британского авианосца «Eagle». Экипажи всех кораблей в парадной форме были построены вдоль бортов своих кораблей. Помимо гюйса и кормового флага на рее фок-мачты крейсера «Свердлов», как и на других кораблях иностранных флотов, были подняты два военно-морских флага (на нашем — британский и советский).

Кортеж обошел голову строя и начал со скоростью 5 уз обход кораблей между колоннами «F» и «G». Командир крейсера О. И. Рудаков стоял на открытом верхнем мостике с белым шарфом в руке. Уже раздался гром салюта на флагманском линкоре «Vanguard», американском крейсере «Baltimore», авианосце «Eagle» и французском крейсере «Montcalm», но тут, по свидетельству ветерана судостроения и участника этого парада Б. Н. Зубова, случилось непредвиденное: когда лоцмейстерская яхта «Patricia» только подошла к носовой оконечности «Свердлова», совершенно неожиданно для всех раздался гром салюта с нашего корабля, а оркестр грянул английский, а затем гимн Советского Союза. Стоящие в парадном строю члены экипажа нашего

крейсера растеряно смотрели на проходящий лоцмейстер, потом — на верхний мостик, где невозмутимо стоял Рудаков с шарфом в руке. Когда королевская яхта «Surprise» приблизилась к траверзу крейсера, мы увидели взмах белого шарфа командира, снова загремели залпы салюта и оркестр повторил исполнение гимнов, а матросы по команде старпома Г. Ф. Степанова приветствовали королеву своим громким и протяжным «ура». Но офицерский состав был подавлен: какая непостижимая ошибка для советского крейсера, что теперь будет? Прохождение закончилось, и строй распустили. Однако, когда в 18 ч на корабль вернулись прикомандированные к крейсеру английские офицеры связи, они прямо у трапа стали поздравлять дежурного и других офицеров с замечательным успехом нашего корабля на закончившемся морском параде. «Только один ваш крейсер достойно приветствовал премьер-министра У. Черчилля, находившегося на лоцмейстерской яхте. Об этом уже напечатали все вечерние газеты», — заявили прибывшие офицеры. После этой информации настроение экипажа резко изменилось.

В 17 ч 30 мин королевский кортеж закончил обход кораблей. Яхта «Surprise» стала на якорь в голове колонны «E» крейсеров Флота метрополии. Спустя полчаса состоялся воздушный парад Королевской морской авиации. Над рейдом строем прошли тремя группами около трехсот самолетов и вертолетов. Вслед за этим королева устроила предвечерний торжественный прием на своей яхте, а потом дала праздничный обед на линкоре «Vanguard». На при-

еме состоялось награждение командиров кораблей иностранных флотов памятными медалями в честь коронации. Первому эту медаль королева вручила с поздравлением Олимпию Ивановичу Рудакову, видимо, этим отметив инициативу, проявленную им на параде.

В 22 ч 30 мин Спитхэдский рейд озарился десятками тысяч огней — на кораблях включили праздничную иллюминацию. «Свердлов» выделялся среди них большой красной звездой с серпом и молотом, привлекавшей всеобщее внимание, а по его борту ярко вспыхивало крупными буквами на английском языке его наименование — SVERDLOV. В 22 ч 40 мин все корабли выключили иллюминацию, с английских стали взлетать вверх ракеты фейерверка, а с полетных палуб авианосцев — бить разноцветные огненные фонтаны, затем вновь засверкали огни иллюминации. В полночь праздничная иллюминация закончилась, над рейдом опустилась тишина. Так завершился незабываемый день грандиозного по своим масштабам (более 265 кораблей и судов) и событиям парада.

Утром следующего дня, 16 июня, все корабли на рейде вновь подняли флаги расцвечивания. Через полчаса после подъема флагов яхта «Surprise» снялась с якоря и в сопровождении почетного эскорта (яхт «Patricia» и «Redpole») вернулась с рейда к парадному пирсу базы Портсмут. Вновь прозвучал салют кораблей флота.

После отъезда королевы на кораблях спустили флаги расцвечивания и стали готовиться к возвращению в свои базы. После полудня снялся с якоря «Свердлов». Многочисленные катера и яхты сопровождали крейсер до самого выхода с рейда. К ис-

ходу дня он на 24-узловом ходу вышел в Северное море.

Путь домой в навигационном отношении был значительно легче, так как корабль шел из районов со сложными условиями плавания в районы с более простыми и уже знакомыми и привычными условиями. Погода в основном благоприятствовала переходу. Лишь в проливе Большой Бельт 18 июня пошел дождь, и видимость порой падала до 15 кб, а в Гданьском заливе утром 19 июня был густой туман. В тот же день «Свердлов» ошвартовался в Балтийске. Встречали крейсер радостно. Командующий флотом А. Г. Головки тепло поздравил экипаж с успешным завершением похода.

После этого Главкомом ВМС был учрежден специальный памятный нагрудный знак «За поход в Англию» с силуэтом крейсера, который вручили всем участникам похода. В дальнейшем, когда дальние походы стали в нашем океанском флоте повседневным явлением, он послужил основой для памятного знака ВМФ «За дальний поход». По представлению Министерства Обороны, Указом Президиума Верховного Совета СССР от 21 июня 1953 г. группа моряков крейсера «Свердлов» за образцовое выполнение правительственного задания была удостоена государственных наград, О. И. Рудакова наградили орденом Красного Знамени, ряд офицеров, в том числе всех штурманов, — орденом Красной Звезды.

Впоследствии крейсер «Свердлов» совершил еще 10 дальних походов: в 1955 г. — в Портсмут, в 1956 г. — в Роттердам, в 1958 г. и в 1959 г. — в Северную Атлантику и Норвежское море, в 1973 г. — в Гдыню, в 1974 г. — в Алжир и Шербур, в 1975 г. — в Гдыню, в 1976 г. — в

Шербур, в 1978 г. — в Росток и Варнемюнде.

Всего за годы службы за его кормой остались 206 570 тыс. миль, пройденных за 13 тыс. ходовых часов.

В 1966–1968 гг. корабль находился в Кронштадте на консервации, в феврале 1987 г. был поставлен на ремонт, а после этого вновь законсервирован на долговременное хранение в Лиепае, а в мае 1989 г. исключен из состава ВМФ. 14 октября 1989 г. ветераны крейсера «Свердлов» присутствовали на торжественной и грустной церемонии спуска на нем Военно-морского флага СССР, потом его корпус некоторое время стоял в Кронштадте. 31 октября того же года (после 37 лет эксплуатации) корабль был расформирован. В 1990 г. его корпус продали индийской фирме для разделки на металл.

Крейсер «Свердлов» — гордость нашего флота, его дальние походы были важным фактором утверждения страны как великой морской державы.

Литература

Бережной С. С. Крейсера и миноносцы.

Справочник. М., 2002.

Заколядажный В. П. Поход крейсера «Свердлов» // Морской сборник. 2000. № 10.

Зубов Б. Н. Записки корабельного инженера. Развитие надводного кораблестроения в Советском Союзе. М., 1998.

История отечественного судостроения / Под ред. акад. И. Д. Спасского. Т. V. СПб., 1996.

Морин А. Б. Легкие крейсера типа «Чапаев» и типа «Свердлов». СПб., 1997.

Подколызин А. Я. Университет корабельной службы. СПб., 1998.

ЦВМА, ф. 13, 14, 86, 149, 4172.

Coronation review of the fleet by Her Majesty the Queen at Spithead on Monday 15th June 1953. Official souvenir programme. Published under the Authority of the Commander-in-Chief Portsmouth. 1953.

Mc Keown J. With the Russians in their show ship // Illustrated. 1953. 20.6.

БАЗИРОВАНИЕ И РЕМОНТ РОССИЙСКИХ КОРАБЛЕЙ ВО ВРЕМЯ РУССКО-ЯПОНСКОЙ ВОЙНЫ

А. В. Скворцов (ФГУП ЦНИИТС)

Начавшаяся в январе 1904 г. боевыми действиями близ Порт-Артура и Чемульпо русско-японская война полностью охватила акватории Японского и Желтого морей, частично — Восточно-Китайское море и северо-западную часть Тихого океана. Япония, сосредоточив к началу

войны в этом важном стратегическом районе более мощный, чем у России, флот и используя хорошо укрепленные и оборудованные военные и коммерческие порты, обладала благодаря этому огромным преимуществом перед Россией в обеспечении базирования своих военно-мор-

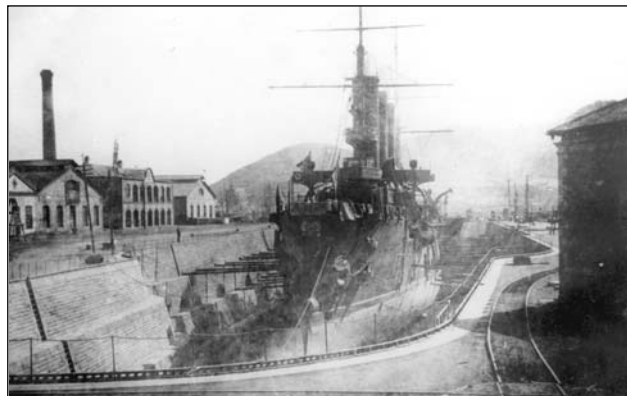
ских сил. Наличие главной, нескольких операционных и тыловых, а в ходе войны и передовых военно-морских баз (ВМБ) придало системе базирования японских сил достаточно сбалансированный и, вне зависимости от перипетий хода военных действий, устойчивый характер.

В отличие от Японии, базирование кораблей отечественного флота осуществлялось в двух ВМБ — в Японском и Желтом морях.

Здесь необходимо напомнить об общей удаленности дальневосточного региона от средоточия социаль-



Крейсер «Богатырь» во владивостокском доке



Крейсер «Паллада» в порт-артурском доке

но-политической, экономической и, наконец, промышленной жизни страны — от европейской части России — и об отсутствии здесь у России недоступной для противника промышленно оснащенной тыловой ВМБ. Последнее вынуждало проводить текущий и аварийный ремонт кораблей в находящихся в зоне боевых действий Владивостоке и Порт-Артуре — в базах с очень скудным производственным и людским потенциалом.

Основанный в 1860 г., т. е. менее чем за полвека до начала войны с Японией, Владивосток (в 1904 г. — 21 тыс. жителей) вместе с портом расположен на берегу бухты Золотой Рог. В порту имелся принимавший броненосцы сухой док размерами 167,6 x 27,4 x 9,1 м и два плавучих дока грузоподъемностью по 1500 т. Близ сухого дока располагалась оснащенная оборудованием лишь на половину от необходимого портовая судоремонтная мастерская. Размеры доков вполне обеспечивали возможность ремонта подводной части базирующихся на Владивосток крейсеров «Рюрик», «Россия», «Громобой», «Богатырь», а также миноносцев и вооруженного транспорта «Лена». Но нехватка кораблестроительных материалов, слабость станочного парка портовых мастерских, малочисленность рабочих (1080 чел. в августе 1903 г.), их низкие квалификация и дисциплина привели к крайне медленному во время войны выполнению судоремонтных работ. Не смогли кардинально изменить ситуацию полторы сотни мастеровых, нанятых на судостроительных предприятиях европейской части страны и некоторое усиление производственных мощностей Владивостокского порта за счет пересылки сюда грузов, пред-

назначенных для блокированного, а затем и захваченного японцами Порт-Артюра.

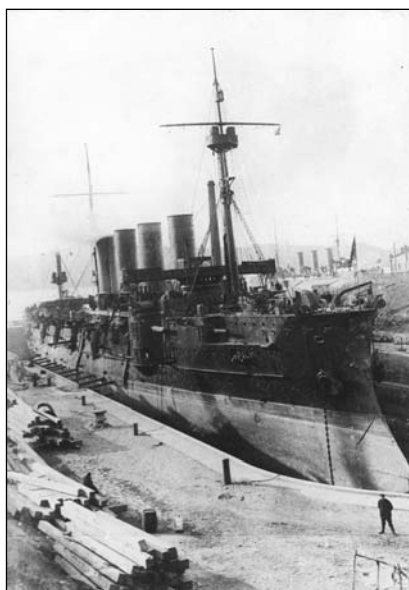
Самым крупным и продолжительным ремонтом, который пришлось выполнять Владивостокскому порту, стал ремонт крейсера «Богатырь». 2 мая 1904 г., двигаясь в тумане со скоростью 10 уз, крейсер выскочил на скалы. В результате этого и разыгравшегося вскоре шторма у корабля переломило форштевень; таран свернуло на левый борт, открыв огромную пробоину в таранном отделении; наружную обшивку и набор днищевого перекрытия на протяжении от форштевня и вплоть до первой башни деформировало во многих местах либо вообще разорвало; сам крейсер крепко удерживался на месте вошедшими внутрь корпуса выступами скал. «Стаскивание» корабля на глубокую воду продолжалось месяц. Пришлось демонтировать всю 152-мм артиллерию, выгрузить боезапас, деманти-

ровать носовую башню и боевую рубку. 1 июня «Богатырь» сняли с камней и перевели во Владивосток, где и поставили в док.

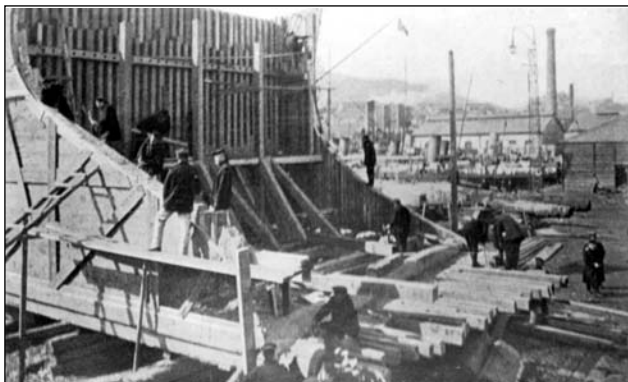
Весь ремонт корабля продолжался почти 16 мес, в том числе по причине того, что «Богатырю» пришлось освобождать док из-за необходимости срочного исправления повреждений «Громобоя». О слабых возможностях судоремонтных мастерских Владивостока говорит тот факт, что в ходе ремонта «Богатыря» из-за отсутствия листовой стали необходимой толщины пробоины и бухтины наружной обшивки крейсера заполнили деревом, причем очень неквалифицированно, а поверх зашили тонким, практически кровельным, железом. В результате при наполнении в октябре дока водой корпус корабля потек, и ремонт продолжили уже в конце февраля следующего года — после вывода из дока «Громобоя». На ходовые испытания «Богатырь» вышел лишь в середине сентября 1905 г., т. е. уже после прекращения боевых действий между Россией и Японией, причем стоимость только корпусных работ превысила треть от постройной стоимости всего корабля.

1 августа 1904 г. в Корейском проливе произошел 5-часовой жестокий артиллерийский бой кораблей Владивостокского отдельного отряда крейсеров с японской эскадрой. В неравном сражении погиб «Рюрик», а получившие серьезные повреждения, но сумевшие сохранить ход «Громобой» и «Россия» вернулись во Владивосток.

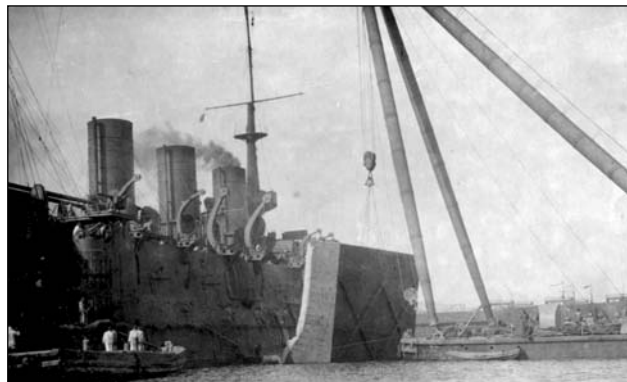
В общей сложности в «Россию», как и в «Громобой», попало от 30 до 35 203-мм и 152-мм разрывных фугасных снарядов, нанеших обширные и многочисленные разру-



Ремонт крейсера «Громобой»



Постройка кессона для ремонта броненосца «Цесаревич»



Кессон у борта броненосца «Победа»

шения обоим крейсерам. Кроме 193 чел., погибших на «Рюрике», бой унес жизни 139 моряков «России» и «Громобоя».

Исправление большого числа поврежденных из-за слабых ремонтных средств порта на «Громобое» продолжалось два месяца, на «России» — более трех. У всех 203-мм и 152-мм орудий пришлось изготавливать новые подъемные механизмы, причем в мастерских не было парового молота необходимой мощности, а возможности литейного участка не позволяли отливать требуемых размеров отливки. Из-за отсутствия запасных стволов одно из 203-мм орудий «России» удалось исправить значительно позднее — после присылке нового ствола из европейской части России.

13 октября 1904 г. только что закончивший ремонт «Громобой», следуя в заливе Посыет 15-узловым ходом, «прочертил» левым бортом по камням «борозду» в деревянно-медной обшивке корпуса. Повреждение при наибольшей длине корабля 140,6 м протянулось более, чем на 50 м; местами обнаружилась течь, но корабль дошел до Владивостока самостоятельно. «Богатырь» вывели из дока на понтонах и оставили так на всю зиму, а его место в доке до конца февраля занял «Громобой».

11 мая 1905 г., за несколько дней до ожидавшегося подхода к Владивостоку кораблей 2-й Тихоокеанской эскадры, а фактически за несколько дней до Цусимского сражения, «Громобой» в 60 милях от Владивостока подорвался на японской mine. Взрыв произошел с левого борта в районе первой кочегарки, но крейсер опять самостоятельно дошел до Владивостока. В этот раз «Громобой» уже «дождался» окончания докового ремонта «Бо-

гатыря». Войдя в док в первых числах июля 1905 г., он покинул его в середине сентября, уже по окончании боевых действий между Россией и Японией.

Кроме восстановительного ремонта кораблей силами Владивостокского порта в 1904—1905 гг. проводились мероприятия по повышению боеспособности кораблей: совершенствовались и усиливались их вооружение, внедрялась защита различных частей и механизмов. В частности, на «Россию» и «Громобой» дополнительно поставили по четыре 152-мм орудия, а некоторые из установленных ранее орудий этого калибра, в целях увеличения секторов ведения огня, несколько передвинули за счет снятия части малокалиберной артиллерии; изготовили и установили для защиты верхнепалубной артиллерии казематы, представлявшие собой короба с крышами и стенками из 12—18-мм листовой стали; усилили подъемные механизмы орудий; установили современные дальномеры и оптические прицелы; уменьшили визирные просветы боевых рубок. Но запись в историческом журнале крейсера «Россия» от 1 февраля 1905 г. откровенно гласит: «Работы, производящиеся портом, идут очень вяло, отчасти благодаря малому количеству рабочих, отчасти беспорядочному пьянству тех немногих, которые имеются, отчасти благодаря слабому оборудованию Владивостокского порта».

И вполне можно говорить о том, что не только пассивность высшего командования, не только потеря крейсера «Рюрик» в бою 1 августа 1904 г., но и невозможность Владивостокского порта срочно и полноценно выполнять необходимый ремонт базирующихся на него кораблей фактически с августа 1904 г.

свели на нет активную до тех пор боевую деятельность Владивостокского отряда крейсеров.

Другая ВМБ России — Порт-Артур — располагалась на самой южной оконечности Ляодунского полуострова и, собственно, как порт представляла собой небольшую, площадью примерно 5—6 кв. км, крайне мелководную, практически оголяющуюся в отлив, замкнутую со всех сторон высокими гористыми берегами бухты Ляюшуньюку. Бухта, или, как ее называли российские моряки, внутренний рейд, соединялась с морской акваторией длинным (400 м) и узким (150 м), а потому не удобным для маневрирования проходом. Наименьшие и наибольшие глубины его фарватера находились в пределах 5—6,9 м в отлив и 7—10 м в прилив, ограничивая период прохода крейсерами и броненосцами временем высокой воды.

В результате проводившихся китайцами, а затем и русскими дноуглубительных работ удалось создать в порт-артурской бухте два ковша (Западный и Восточный), обеспечивавших якорную стоянку 15—20 крейсеров и броненосцев, — стоянку крайней неудобную, требовавшую обязательной постановки каждого корабля одновременно на носовой и кормовой якоря.

К началу войны на берегу внутреннего рейда находились: адмиралтейство с маломощными мастерскими; различные складские здания; деревянный мол — причал для миноносцев; котельная мастерская; элинг для сборки миноносцев водоизмещением 240 т из привезенных из Петербурга секций; два дока — один для миноносцев, другой больших размеров (176 x 23,5 x 10,6 м), но с настолько узким входом, что не давал возможности ремонтировать

Характерные повреждения кораблей 1-й Тихоокеанской эскадры

Наименование корабля	Дата и оружие, нанесшее повреждение	Район повреждения	Глубина центра взрыва от ватерлинии, м	Размеры повреждения			Размеры попоубоины			Отношение площади повреждения к площади поубоины	Габаритные размеры кессонов, м			Продолжительность ремонта
				наибольшие		площадь, м ²	наибольшие		площадь, м ²		дли-на	вы-сота	ши-рина дни-ща	
				дли-на, м	ши-рина, м		дли-на, м	ши-рина, м						
«Цесаре-вич»	26.01.04, торпеда	Левый борт. Помещение кормового арсенала	2,7	11,0	7,3	46,5	6,1	5,2	18,6	2,5	11,0	10,7	9,2	2 мес
«Ретвизан»	26.01.04, торпеда	Левый борт. Помещение торпедных аппаратов	2,4	10,7	5,5	37,2	6,1	3,7	14,9	2,5	12,7	9,8	3,7	2 мес 5 дней
«Паллада»	26.01.04, торпеда	Левый борт. Угольная яма	1,5	7,3	4,9	35,4	6,4	3,4	13,0	2,7	Ремонт проводился в доке			1 мес 22 дня
«Победа»	31.03.04, мина	Правый борт при миделе. Угольная яма	3,4	9,5	4,9	40,7	5,5	3,7	11,4	3,6	13,2	9,2	1,8	1 мес 4 дня
«Сева-стополь»	10.06.04, мина	Левый борт в носу. Патронный погреб	3,7	9,2	5,2	44,7	4,0	3,4	10,6	4,2	Использован кессон броненосца «Ретвизан»			1 мес
«Баян»	14.07.04, мина	Правый борт в носу. Угольная яма	3,1	7,9	4,1	27,4	2,3	2,7	4,3	6,3	Ремонт проводился в доке			1 мес 23 дня
«Сева-стополь»	10.08.04, мина	Правый борт в носу. Наполненная угольная яма	4,9	10,1	7,2	58,3	2,9	3,8	8,9	6,6	Использован кессон броненосца «Ретвизан»			1 мес 25 дней

дислоцировавшиеся в Порт-Артуре броненосцы. Кроме берегового крана в порту имелись два плавучих грузоподъемностью 60 и 100 т.

Порт-Артуру — по сути, вынесенной к основному району боевых действий передовой базе — постепенно к началу войны придали статус главной ВМБ, чему он явно не соответствовал. Ограниченные глубины и размеры внутреннего рейда и выходного фарватера, отсутствие молов и защитных бонгов на внешнем морском рейде, малая вместимость доков, недостаточная оснащенность портовых мастерских, отсутствие должных запасов на складах и в арсеналах, легко осуществимое противником блокирование порта, недостаточная защищенность его в случае установления такой блокады не давали возможности обеспечить полноценное базирование, в том числе и ремонт, а также оперативное использование главных сил флота и, тем более, того корабельного состава, который планировалось сосредоточить здесь к 1905 г. по окончании реализации судостроительных программ 1895 и 1898 гг.

Значительным событием в истории русско-японской войны стала многомесячная героическая эпопея обороны Порт-Артура, а одним

из ярчайших ее эпизодов — работа в осажденном Порт-Артуре судоремонтного отряда Балтийского судостроительного завода. Инициатива создания этого отряда и организация его приезда в Порт-Артур всецело принадлежали выдающемуся адмиралу, командующему флотом Тихого океана С. О. Макарову.

Дело в том, что к началу 1904 г. в городе проживало 52 тыс. жителей, из них 35 тыс. — китайцы. Численность работавших в порту мастеровых достигала полутора тысяч человек, значительную часть из которых составляли китайские разнорабочие. Но с началом боевых действий начался массовый выезд из города мирного населения, и к октябрю 1904 г. его численность, а соответственно и численность рабочих порта, сократилась в десять раз.

Отряд Балтийского завода в составе двух техников, двух конторщиков и 189 рабочих прибыл в Порт-Артур 16 марта 1904 г. и оставался там до капитуляции крепости в конце декабря того же года. Возглавлял отряд руководивший до того достройкой броненосных кораблей на Балтийском заводе корабельный инженер Н. Н. Кутейников. Именно благодаря высоким организаторским способностям и профессиона-

лизму Н. Н. Кутейникова, квалификации и самоотдаче работавших порой круглосуточно и под обстрелом осадной артиллерии рабочих, восстановление кораблей в заблокированном Порт-Артуре проводилось в значительно большем объеме и в гораздо меньшие сроки, чем это делалось в относительно безопасном Владивостоке.

Самыми сложными повреждениями, которые пришлось исправлять на порт-артурских кораблях, являлись повреждения броненосцев и крейсеров от минных и торпедных взрывов. Поздним вечером 26 января в атакованные японскими миноносцами на внешнем рейде броненосцы «Ретвизан» и «Цесаревич», крейсер «Паллада» попало по торпедке. В последующем за период относительно активных действий порт-артурской эскадры (до конца июля 1904 г.) из крупных кораблей еще четыре подорвались на минах заграждения. Это стремительно затонувший после взрыва 31 марта флагманский броненосец вице-адмирала С.О. Макарова «Петропавловск», а также оставшиеся на плаву броненосцы «Победа» и «Севастополь» (подорвался дважды) и крейсер «Баян».

Поскольку док для броненосцев в Порт-Артуре отсутствовал, а

частичное докование кораблей было неосуществимо из-за большой разницы уровней воды при приливах и отливах (до 4,5 м), Н. Н. Кутейников использовал опыт известного кораблестроителя-практика П. А. Титова, применявшего деревянные кессоны для бездокового исправления поврежденных строившихся в Петербурге кораблей. При подрыве на mine очередного порт-артурского броненосца или крейсера Н. Н. Кутейников совместно с флагманским корабельным инженером Тихоокеанской эскадры П. Ф. Вешкурцовым в считанные дни разрабатывал проект нового (либо переделки уже существующего) простейшего кессона. Затем необходимые работы по переделке либо изготовлению кессона выполнялись мастерскими отряда за одну — три недели.

Кессоны изготавливали из сосновых брусьев, скрепленных между собой болтами, затем днище и стенки обшивали толстыми сосновыми досками и поверх — промасленной парусиной. Общую жесткость конструкции придавали сосновые брусья, уложенные поперек основного набора, а также раскосы стальных тяг и тех же деревянных брусьев. Для прижатия кессона к корпусу броненосца тросами с наружной стороны обшивки кессона устанавливали рымы.

Нагруженный балластом кессон притапливался плавучим краном около броненосца, затем тросами (в том числе пропущенными под килем корабля) плотно притягивался к его борту, водолазы забивали зазоры между корпусом корабля и кессоном набитыми паклей рулонами и подушками из парусины, затем из кессона изымался балласт и откачивалась вода.

Разборка поврежденных конструкций проводилась главным образом ручной вырубкой заклепок, чем расширялись швы листов. Для ускорения работ по инициативе Н. Н. Кутейникова стали применять, причем впервые в практике мирового судостроения, резку корпусных конструкций электрической дугой, в том числе и выжигание электрической дугой заклепок, для чего использовали электроды от судовых прожекторов. Дальнейшее изготовление новых частей корпусных конструкций и их монтаж рабочие отряда вели привычными для них судостроительными приемами.

И все же ограниченные производственные возможности порта, необходимость быстрого возвращения корабля в строй вынуждали чаще всего придавать исправлениям временный характер. На броненосце «Севастополь» при первом ремонте укоротили на 12 м поврежденный скуловой киль, при втором — один из новых листов наружной обшивки из-за неисправимой деформации 3-го стрингера установили с заметным на стрингере «переломом» обвода; на крейсере «Паллада» разрушенное при взрыве оборудование погреба 75-мм патронов восстанавливать не стали, а сам погреб объединили с также пострадавшей при взрыве угольной ямой; на «Победе» пробоину закрыли с наружной стороны обшивки прямоугольной заделкой из 30-мм просмоленных сосновых досок, обжав по периметру приклепанным к ней Z-образным профилем и закрыв поверх просмоленной парусиной. «Работу эту [по установке деревянной заделки] начали 16 мая и закончили 3 июня, 7 июня отняли кессон, а 10 броненосец [«Победа»] ушел в море».

Менее сложными, но большими по количеству были работы по заделке подводных пробоин от попадания снарядов. Такие разрушения характеризовались малыми площадью и глубиной повреждений. Несомненно, что для их исправления активно использовались доки. На броненосцах в таких случаях также применялись кессоны, но меньших размеров. Так, для исправления трех подводных пробоин броненосца «Пересвет» в течение трех дней был построен кессон габаритами 3,4 x 1,2 x 6,1 м. С помощью другого кессона (2,4 x 0,9 x 2,1 м) заделали подводную пробоину от 280-мм снаряда на крейсере «Баян». Практиковалась заделка пробоин изнутри корпуса корабля после ее герметизации снаружи пластырем, а также кренование кораблей для «открытия» подводных повреждений и даже, в случае с миноносцем «Сторожевой», выбрасывание корабля своим ходом на отмель.

Что же касается пробоин от попадания снарядов и их осколков в надводных частях кораблей, то Н. Н. Кутейников впоследствии писал: «Заделки пробоин в надводных бортах кораблей, в палубных настилах, переборках и проч. исполнены в Артуре сотнями, но так как они имели ха-

рактер заплат, то технического интереса представляют мало, хотя труда и времени на них пошло много».

В отличие от Владивостока, в Порт-Артуре мероприятия по модернизации кораблей с целью повышения их боеспособности как боевых единиц флота фактически не проводились: новые орудия на корабли не ставились, а наоборот, снимались для сухопутной обороны. С лета же 1904 г. приоритетным стал вопрос о защите кораблей от воздействия навесного огня 280-мм осадной артиллерии. На броненосцах и крейсерах верхние палубы и надпалубные конструкции стали прикрывать стальными листами, балками, рельсами, мешками с углем или песком, якорными цепями, колосниковыми решетками; ватерлинию кораблей защищали плавающими вокруг бревнами.

О высокой эффективности деятельности судоремонтного отряда Балтийского завода говорят, например, и такие факты: активная охрана внешнего рейда продолжалась в Порт-Артуре практически до самого конца обороны крепости, а обе так и не реализованные попытки прорыва кораблей во Владивосток (10 июня и 28 июля 1904 г.) осуществлялись с полным составом броненосцев и крейсеров порт-артурской эскадры. Исключение во второй раз составил крейсер «Баян», который, подорвавшись 14 июля на mine, уже не смог принять участие в сражении в Желтом море.

В заключение необходимо отметить, что в целом недостатки базирования во время русско-японской войны российской военно-морской тихоокеанской группировки и, в частности, недостатки организации такой важнейшей составляющей базирования, как судоремонт, в значительной степени предопределили пассивный и оборонительный характер ведения нашим флотом боевых действий, что, в конечном итоге, привело к катастрофическому поражению в той далекой, но до сих пор памятной нашему народу войне.

ЛИТЕРАТУРА

- Егорьев В. Е. Операции владивостокских крейсеров в русско-японскую войну 1904—1905 гг. М.—Л.: Военно-морское издательство, 1939.
Кутейников Н. Н. Из боевого опыта корабельного инженера под Порт-Артуром. СПб., 1905.
Мельников Б. М. Крейсер «Богатырь». СПб.: Гангут, 1995.
Русско-японская война 1904—1905 гг. Книга первая. (Работа исторической комиссии по описанию действий флота в войну 1904—1905 гг. при МГШ). СПб., 1912.

РЕФЕРАТЫ

УДК 623.124.6-827

Ключевые слова: атомное ледокольно-транспортное судно, лихтер, эксплуатация.

Дубовец А. Б., Каипов Р. А., Щеголев Л. И. Атомному лихтеровозу «Севморпуть» — 15 лет// Судостроение. 2004. № 1. С. 9—10.

В связи с 15-летием эксплуатации первого в мире атомного ледокольно-транспортного лихтеровоза-контейнеровоза «Севморпуть» отмечены достоинства судна и выявившиеся недостатки проекта. Сформулированы предложения по устранению последних. Ил. 1 Библиогр.: 7 назв.

УДК 629.5.022.3.001

Ключевые слова: гидродинамическое поле, методика расчета.

Кобылинский А. В., Салажов В. И. Гидродинамическое поле корабля. Теория и практические вопросы// Судостроение. 2004. № 1. С. 11—12.

Рассматриваются вопросы, связанные с исследованиями гидродинамического поля корабля, реакция на которое используется во взрывателях современного минного оружия. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.025.1.001.24

Ключевые слова: крыло подводное, методы вихревых частиц и конечных элементов.

Животовский Г. А., Родионов А. А. Комплексный расчет прочности крыльевых устройств судов на подводных крыльях// Судостроение. 2004. № 1. С. 12—16.

Рассказывается о разработанных на основе методов вихревых частиц и конечных элементов алгоритмах расчета прочности, устойчивости и колебаний подводных крыльев с произвольной геометрией. Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 7 назв.

УДК 629.5.03

Ключевые слова: прочный корпус, шпангоут, критическое давление, устойчивость.

Шитов А. И. Уточненные расчеты устойчивости цилиндрических корпусов подводных технических средств// Судостроение. 2004. № 1. С. 17—18.

Предлагаются упрощенные формулы для расчетов местной устойчивости обшивки корпуса между шпангоутами подводных технических средств и общей устойчивости отсека, уточняется докритическое напряженное состояние обшивки в расчете местной устойчивости и учитываются дискретность и эксцентриситет наружных шпангоутов в расчетах общей устойчивости. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 629.5.015.2:629

Ключевые слова: танкер, цилиндрическая вставка, ледовое сопротивление, управляемость.

Сазонов К. Е. Влияние цилиндрической вставки на ледовую ходкость и управляемость крупнотоннажных судов// Судостроение. 2004. № 1. С. 18—21.

Анализируется влияние цилиндрической вставки на ходкость и управляемость крупнотоннажного танкера во льдах, включая вопросы расчета ледового сопротивления. Приводятся результаты расчетов ледового сопротивления цилиндрической вставки при варьировании значений эмпирического коэффициента. Ил. 4. Библиогр.: 8 назв.

УДК 623.829.2

Ключевые слова: подводная лодка, история, ЦКБ «Лазурит»

Постнов А. А. Подводные лодки на Волге// Судостроение. 2004. № 1. С. 22—26.

Рассматриваются этапы развития ЦКБ «Лазурит» и основные проекты подводных лодок, спроектированных этим КБ за 50 лет. Ил. 8.

УДК 629.566:623.827

Ключевые слова: подводная лодка, спасательная камера, буй, взрывостойкость.

Абрамов Ю. В., Половинкин В. Н. Новая взрывостойкая система коллективного спасения экипажа подводной лодки// Судостроение. 2004. № 1. С. 26—28.

Анализируются конструкции существующих средств спасения с аварийной подводной лодки (всплывающая спасательная камера, аварийно-спасательный люк, всплывающий буй) и дается краткое описание разработанной и запатентованной взрывобезопасной системы коллективного спасения экипажа. Ил. 3. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.31:623.82

Ключевые слова: плавучая ветроэлектрическая установка; морская ветроэнергетика.

Радченко П. М. Плавучая мобильная полупогружная ветроустановка// Судостроение. 2004. № 1. С. 29—32.

Показываются преимущества размещения ветроэлектростанций в море и недостатки стационарных морских ветроустройств. Рассматриваются различные способы устранения качки, обеспечения ледостойкости и остойчивости плавучих ветроустановок. Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621.472 (043)

Ключевые слова: гелиоэнергетическая установка, водный транспорт.

Хотин С. Ю. Обоснование целесообразности применения гелиоэнергетических систем на водном транспорте// Судостроение. 2004. № 1. С. 32—35.

Перепечатка из журнала «Вісник Одеського національного морського університету» (2003, № 11). Ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.436.036-192:629.5

Ключевые слова: судовый циркуляционный насос, отказ, прогностическая модель.

Башуров Б. П., Середа М. П. Прогностические модели безотказной работы циркуляционных насосов теплоутилизационного контура судовых дизельных энергетических установок// Судостроение. 2004. № 1. С. 35—38.

Приводятся прогностические модели безотказной работы циркуляционных насосов теплоутилизационного контура судовых дизельных энергетических установок, основанные на результатах статистических исследований с использованием фактологической информации. Ил. 4. Табл. 3. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.039.58:629.5

Ключевые слова: судовые механизмы, амортизация, виброизоляция.

Минасян М. А. Амортизация судовых механизмов, приборов и аппаратуры тросовыми и комбинированными виброизоляторами// Судостроение. 2004. № 1. С. 39—43.

Рассматриваются свойства упругих элементов виброизоляторов. Обосновывается целесообразность внедрения канатных и комбинированных виброизоляторов. Представлены результаты экспериментальных исследований и опыт применения таких виброизоляторов. Ил. 9. Табл. 1. Библиогр.: 14 назв.

УДК 629.5.048.78.25

Ключевые слова: водолазное судно, система сжатого воздуха.

Ильин Н. А. Система сжатого воздуха для дыхания водолазов// Судостроение. 2004. № 1. С. 44—47.

Предлагается новая система, обеспечивающая поддержание чистоты сжатого воздуха, используемого для дыхания водолазов. Ил. 5. Табл. 3.

УДК 681.51.07:629.5.05

Ключевые слова: авторулевой, носовое подруливающее устройство, стабилизация курса.

Клячко Л. М., Острецов Г. Э. Способы автоматического управления судном при наличии приемника СНС и носового подруливающего устройства// Судостроение. 2004. № 1. С. 48—49.

Рассматриваются законы автоматического управления движением судна по заданному углу курса с фиксированным углом дрейфа (в том числе нулевым углом дрейфа, а также с заданной скоростью бокового движения судна при швартовке с одновременной стабилизацией заданного угла курса). Приводятся логические условия, использование которых позволяет повысить эффективность работы существующих авторулевых.

УДК 629.12.011:620.17

Ключевые слова: сварное соединение, ресурс, низкочастотная вибрационная обработка.

Зимницкий Ю. А., Хвалынский В. Н. Экспериментальная проверка влияния низкочастотной виброобработки на эксплуатационную надежность корпусных конструкций// Судостроение. 2004. № 1. С. 50—52.

Представлены результаты экспериментальных исследований эксплуатационной надежности корпусных конструкций, изготовленных по принятой в настоящее время технологии и подвергнутых низкочастотной виброобработке с целью снижения остаточных сварочных напряжений. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 11 назв.

УДК 629.12.037

Ключевые слова: гребной винт, цилиндрическая поковка, фрезерование, управляющая программа, технология.

Денисов В. А. Опыт фрезерования гребного винта малого диаметра из цилиндрической поковки// Судостроение. 2004. № 1. С. 53—54.

Описываются новые технологические разработки, направленные на оптимизацию механической обработки лопастей винтов с использованием управляющих программ в специализированном винтообрабатывающем производстве на ФГУП МП «Звездочка». Обработка поверхностей винтов выполняется с применением системы автоматизированного программирования. Для изготовления винтов малого диаметра используются поковки вместо отливок по существующей технологии. Ил. 9.

УДК 620.178.16:629.5.035-233.1

Ключевые слова: судно, вода, подшипник, износ.

Качиньски Р., Чулкин С. Г. Подшипники, смазываемые водой, для судового механического оборудования// Судостроение. 2004. № 1. С. 55—56.

Рассматриваются перспективные пары трения для судового оборудования. Приводятся результаты экспериментальных исследований пар трения, в которых реализована идея изнашивания бинарных поверхностей при смазке водой. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр.: 2 назв.

УДК 681.3.06.658.52.011.56:629.5

Ключевые слова: рынок, качество, стандарт, информационная поддержка, контроль.

Молчанов А. Ю., Антоненко И. Н. Система интегрированной логистической поддержки: программная реализация// Судостроение. 2004. № 1. С. 57—58.

Рассматривается программная система интегрированной логистической поддержки изделия, предназначенная для управления эксплуатацией основных производственных фондов предприятия, что дает возможность оптимизировать затраты на всем жизненном цикле технически сложного изделия.

УДК 658.012:629.5

Ключевые слова: танкер, двойные борты, двойное дно.

Еремеев В. И. Модернизация речных танкеров пр. 1754// Судостроение. 2004. № 1. С. 59—60.

Предлагаются изменения конструкции речных танкеров, предусматривающие создание двойных бортов и двойного дна путем врезки двух безбортовых полуцилиндров. Новая конструкция отличается меньшей металлоемкостью и лучшей технологичностью. Ил. 1.