

СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

**№ 6
2003**

**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 ЦНИИСТ

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 «Альтаир»
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. Стругов — 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. Юхнин — 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 ЦНИИСТ

© Журнал «Судостроение», 2003

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Сутырин В. И. Возможности повышения эффективности метода конечных элементов при проектировании корпусных конструкций

9

Старцев С. Б. Новый метод расчета спектральных пульсационных нагрузок на крыльевых конструкциях корабля

13

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Ильин Н. А., Жмуриной Д. В. Состояние и перспективы развития спасательных судов подводных лодок

17

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Кузнецов В. А. Атомные энергетические установки ледоколов XXI века
Болгаров С. П., Воронцов А. В., Седаков Л. П. Особенности АЭУ для перспективных ледоколов

23

27

Щеголев Л. И. Аккумуляторы тепла в составе энергетических установок перспективных атомных ледоколов

31

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Кузьмин Ю. Л., Трощенко В. Н., Медяник Т. Е., Тарандо Г. В., Ротц Л. Д., Купцова Н. Н. Новая система электрохимической катодной защиты судов от коррозии

35

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Лямов Г. В., Нидзиев И. И. Анализ современного состояния проблемы оценки качества программного обеспечения корабельных АСУ

38

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

Азаров Б. В. «Стелсовские» аспекты в проблеме электромагнитной совместимости корабельных технических средств

40

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Шуныгин В. Ю. Ротационно-локальная гибка листов диффузоров нагнетателей

45

Соколов О. Г. Новые технологии и оборудование для освоения ресурсов морского шельфа

48

РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ

Ханданян Э. С. Система подготовки и оперативного управления производством «Антон» для судоремонтного предприятия

51

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Чиков В. М. Премьера МВМС состоялась (56). «Севморнефтегаз» осваивает арктический шельф (59). **Шлычков С. А.** Большой судомодельный сезон в Санкт-Петербурге (62). **Горбач В. Д., Головченко В. С.** Николаю Павловичу Лукьянову — 85 лет (64). Зарубежная информация (65). Поздравляем! (5). Российскому морскому регистру судоходства — 90 лет (16). Новая книга о «Курске» (34). Блиц-новости (39, 55). **Елгина Н. Н.** Новая научно-техническая секция Регистра (44).

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Андрюченко В. Г. Ревельские ледоколы «Торос» и «Войма»

68

Кузнецов Л. А. Крейсер «Алмаз»

72

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING**6•2003**

(751) November—December

CONTENTS

Published since September 1898

AT THE SHIPYARDS	
SHIP DESIGN	
Sutyryn V. I. Possibilities of increase of finite-elements method efficiency during design of hull structures	3
Startsev S. B. New method of spectral pulse loads upon ship foil structures	9
NAVAL SHIPBUILDING	
Ilyin N. A., Zhmurin D. V. State and prospects of development of submarine rescue ships	13
SHIPBOARD POWER PLANTS	
Kuznetsov V. A. Nuclear power plants of XXI century icebreakers	17
Bolgarov S. P., Vorontsov A. V., Sedakov L. P. Particulars of NPP for prospective icebreakers	23
Schyogolev L. I. Heat accumulators as part of power plants of prospective nuclear icebreakers	27
HULL GEAR AND ARRANGEMENTS	
Kuzmin Yu. L., Troschenko V. N., Medyanik T. E., Tarando G. V., Rots L. D., Kuptsova N. N. New system of electrochemical cathode anticorrosion protection of ships	31
MARINE CONTROL SYSTEMS	
Lyamov G. V., Nidziev I. I. Analysis of modern state of problem of shipboard automated control systems software quality evaluation	35
MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	
Azarov B. V. «Stealth» aspects within the problem of electromagnetic compatibility of shipboard technical facilities	38
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES	
Shungin V. Yu. Rotary-local bending of blower diffuser sheets	40
Sokolov O. G. New technologies and facilities for developing of offshore resources	45
REPAIR AND MODERNIZATION OF SHIPS	
Handanyan E. S. System «ANTON» for preproduction and on-line production control at shiprepair yard	48
INFORMATION SECTION	
Chickov V. M. Premiere of MF has taken place (56). «Sevmorneftegas» develops arctic offshore (59). Schlychkov S. A. Great ship models season in Saint-Petersburg (62). Gorbach V. D., Golovchenko V. S. 85 years of Nikolay Pavlovitch Lukyanov (64). Foreign information (65). We congratulate! (5). 90 years of Russian Maritime Register of Shipping (16). New book about «Kursk» (34). Blitz-news (39, 55). Elgina N. N. New science-technical section of Maritime Register (44).	51
HISTORY OF SHIPBUILDING	
Andrienko V. G. Revel icebreakers «Toros» and «Voyma»	63
Kuznetsov L. A. Cruiser «Almaz»	72

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 — экспортный фрегат пр. 11356 (ФГУП «Северное ПКБ») у причала ОАО «Балтийский завод» (фото А. Н. Хаустова); на 4-й стр. — атомный лихтеровоз «Севморпуть» — 15 лет эксплуатации в Арктике (снимок предоставлен КБ «Балтсудопроект»)

Журнал выпущен при поддержке
ФГУП «Северное ПКБ»,
ФГУП ЦНИИ СЭТ,
ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»,
ФГУП ЦНИИ «Электроприбор»,
ФГУП МП «Звездочка»,
ФГУП «Мортеплотехника»,
ФГУП СПМБМ «Малахит»,
ФГУП ЦНИИ «Гидроприбор»,
ФГУП «Адмиралтейские верфи»,
ОАО «Амурский судостроительный завод»

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. Силякова,
Е. П. Смирнова,
Н. Э. Смирнова (ведущий номера)

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 2.12.2003 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

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ФГУП ЦМКБ «АЛМАЗ»

4 ноября 2003 г. в состав морских сил Северо-Западного регионального пограничного управления ФСБ РФ принят новый скоростной патрульный катер (ПСКР) «Мираж» пр. 14310. Это первый катер этого проекта на Балтике. Головной «Мираж» принят в состав морских частей пограничной службы в 2000 г. и охраняет морские границы России на Каспии.

Проект «Мираж» является одной из важных составляющих долгосрочной программы развития морской пограничной службы России, разработанной с участием Санкт-Петербургского ЦМКБ «Алмаз» — ведущей в России проектной организации по большинству классов надводных кораблей. Сегодня у морских пограничников России, СНГ и ряда государств мира основные патрульные и дозорные операции выполняют катера ЦМКБ «Алмаз» проектов «Гриф», «Светляк» и др. Проект «Мираж» заполняет образовавшуюся в ходе смены поколений кораблей и катеров нишу скоростных морских перехватчиков в территориальных водах и экономической зоне страны.

Достичь таких уникальных параметров для катеров водоизмещением 120 т, как скорость свыше 50 уз (головной катер установил мировой рекорд класса — 51,2 уз), уменьшение в 1,5—2,5 раза качки, улучшить обитаемость экипажа позволило использование в проекте интеллектуальной собственности ЦМКБ — комплекса автоматически управляемых днищевых интерцепторов. Созданная в сотрудничестве с ведущими научными центрами России, эта разработка удостоена Государственной премии РФ в области науки и техники в 1999 г.

В настоящее время серия катеров «Мираж» продолжает строиться рыбинскими корабельями ОАСО «Вымпел». Пограничники России хотят использовать их во всех морских пограничных округах, в первую очередь на Дальнем Востоке, для пресечения незаконного использования морских биологических ресурсов России.

В результате эксплуатации головного катера в новом «Мираже» был модернизирован ряд систем управления, оптимизирован состав вооружения, улучшены условия службы для экипажа.

Основные характеристики пр. 14310 «Мираж»: длина 35,5 м, ширина 6,6 м, дальность плавания 1500 миль, автономность свыше 4 сут., экипаж 15 чел.

Главная энергетическая установка — два дизеля М520 суммарной мощностью 7350 кВт. Вооружение — автоматическая 30-мм пушка АК-306, тумбовый крупнокалиберный пулемет, радиоэлектронные и оптические поисковые системы, интегрированная навигационная система.

ФГУП ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР»

Институт получил право на проведение сертификационных испытаний изделий и оборудования для объектов, использующих ядерную энергию и радиационные источники. Решение об аккредитации принято Минатомом, Госстандартом и Госатомнадзором РФ. Испытательный центр института способен выполнять комплексные работы в данной области.

Техническая документация новых магнитных компасов «Азимут-75», «Азимут-90» и «Азимут-125», разработанная специалистами завода «Азимут-Электроприбор», одобрена Российским морским регистром судоходства. Ранее были получены необходимые лицензии из Россудоостроения.

С целью привлечения молодых перспективных специалистов в институте для студентов организуются группы целевой интенсивной подготовки по теме «Навигация и управление движением». Отбор в эти группы



Новый скоростной патрульный катер «Мираж» пр. 14310 (ФГУП ЦМКБ «Алмаз») принят в состав морских сил Северо-Западного регионального пограничного управления ФСБ РФ

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, а также материалы газеты «Электроприбор», выставок «Нева-2003», МВМС-2003 и Интернета.



Быстроходный патрульный катер типа «Меркурий» построен ОАО «Ярославский судостроительный завод» по заказу Государственного таможенного комитета РФ

осуществляется путем собеседований и тестирования. Для тех, кто уже стал работать в ЦНИИ «Электроприбор», проводится послеузовская подготовка (около 3 мес.), помогающая новичкам адаптироваться в коллективе, знакомящая с направлениями деятельности института, структурой и составом подразделений, порядком их взаимодействия.

ООО «ОМЗ-МНП»

Компания «ОМЗ-Морские и нефтегазовые проекты» входит в промышленную корпорацию «Объединенные машиностроительные заводы» (ОМЗ) и обеспечивает формирование стратегии управления проектами и продвижение продукции судостроения и оборудования для нефтегазового комплекса, включая средства

освоения морского шельфа. ОМЗ-МНП контролирует акционерные общества: СФ «Алмаз», «Красное Сормово», «Нижегородский теплоход», Волгоградский судостроительный завод, Судостроительно-судоремонтный завод им. III Интернационала, «Проектверфь», Friede&Goldman (Хьюстон, США), ЦКБ «Коралл» (Севастополь, Украина).

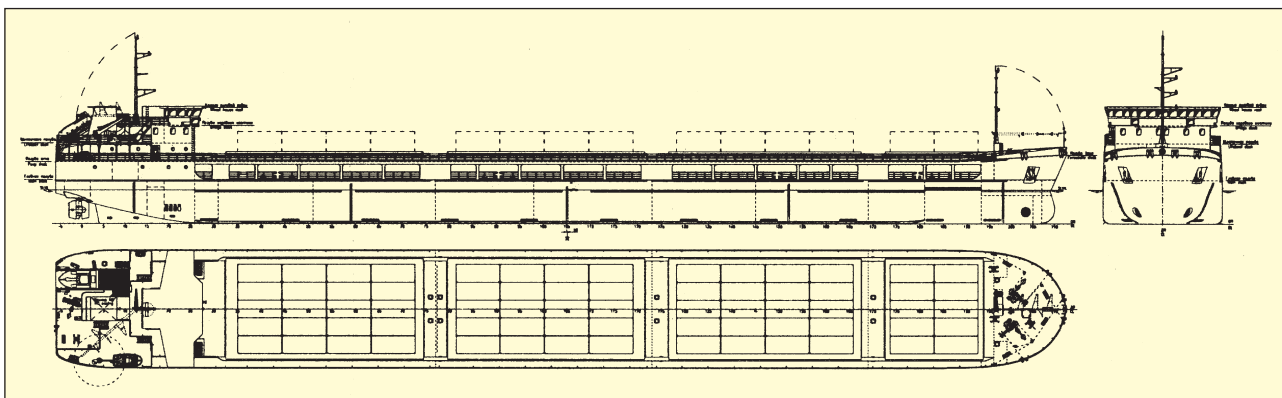
Объем продаж компании в 2001 г. составил 18,6 млн дол., в 2002 г. — 46,6 млн дол. На 1 июля 2003 г. портфель судостроительных заказов оценивался в 486,9 млн дол. Крупнейшие заказчики: Волжское пароходство — 10 сухогрузов на сумму 71,5 млн дол., Каспийское морское пароходство (Азербайджан) — 6 танкеров на сумму 71,5 млн дол., ВМС Греции — КВП типа «Зубр» стоимостью 62,6 млн дол., ВМС Китая — одна дизель-электрическая подводная

лодка, а также ВМС Вьетнама, ФПС РФ, Martimex (Словакия), Wessels (ФРГ), Invest Holding (Бельгия), KCS Shipping (Мальта).

ОАО «ВОЛГОГРАДСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

На заводе продолжается строительство для компании Palmali Shipping серии из шести сухогрузов типа «Palmali Trader» (пр. 006RSD05, «Морское инженерное бюро», Одесса). Назначение судов — смешанная (река—море) и морская перевозка генеральных, навалочных, лесных и крупногабаритных грузов, контейнеров международного стандарта высотой 8,5 и 9 футов и опасных грузов. Постройку головного сухогруза планируется завершить к апрелю 2004 г.

Основные проектные элементы и характеристики: длина судна 134 м (наибольшая — 139,63 м), ширина 16,5 м (габаритная — 16,7 м), высота борта 6 м, осадка 3,6/4,6 м (в реке/море), грузоподъемность 4376/6638 т, дедейт 4580/6970 т, автономность 10/15 сут., дальность плавания 3600 миль, высота от ватерлинии (при осадке 3,2 м) до верхней части надстройки 13,2 м, осадка в балласте 3,4 м, объем четырех грузовых трюмов 11 408 м³, объем балластных танков 3572 м², контейнеровместимость (трюм/палуба) 204/70 TEU, мощность главных двигателей 2x1120 кВт, две винторулевые колонки SRP-1010FP Shottel, носовое подруливающее устройство STT17LK Shottel мощностью 230 кВт, скорость 10,5±0,5 уз, дизель-генераторы 2x215 кВт и аварийный (стояночный) 145 кВт, котлы 1x1 т/ч и 2x0,5 т/ч утилизационные, экипаж



Общее расположение сухогрузного судна типа «Palmali Trader», серия которых строится в ОАО «Волгоградский судостроительный завод»



Спуск буксира-кантовщика «Тольятти» со стапеля ООО «Нордстрой»

12 чел., число мест 14, класс Российского морского регистра судостроения КМ★ЛУ1 ППА1.

* * *

Новая продукция завода — наливные несамоходные баржи типа «Пал-1» (пр. 004R0B05, «Морское инженерное бюро», Одесса), предназначенные для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов без ограничения по температуре вспышки. Первые два судна построены для компании Palmali Shipping в 2003 г.; еще три планируется сдать в эксплуатацию к началу летней навигации 2004 г.

Основные проектные элементы и характеристики: длина 92,58 м (наибольшая — 93 м), ширина 16,5 м (габаритная — 16,7 м), высота борта 5 м, осадка по КВЛ 3,4 м, (в балласте — 1,54 м), грузоподъемность 4324 т, объем грузовых (12 шт.) и отстойных (2 шт.) танков 4620 м³, объем балластных танков 1009 м³, подача грузовых насосов 2х300 м³/ч. Класс Российского речного регистра М-ПР2,5 несамоходное наливное судно.

ОАО «ЯРОСЛАВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Морской быстроходный патрульный катер ТС-101 типа «Меркурий» (зав. № 802, пр. 14232, ОАО «ЦКБ по СПК им. Р. Е. Алексеева») после успешно проведенных испытаний и демонстрации на первом Международном военно-морском салоне в Санкт-Петербурге 25—29 июня 2003 г. передан заказчику — Государственному таможенному комитету РФ; приемный акт был подписан 20 августа.

Катера этого типа предназначены для охраны границы, борьбы с контрабандистами, несения патрульной службы, экологического контроля. Его полное водоизмещение 99 т, стандартное — 86 т, габаритная длина 35,4 м, габаритная ширина 8,3 м, осадка наибольшая при полном водоизмещении 2 м, автономность 5 сут., экипаж 16 чел. Два быстроходных реверсивных с наддувом дизеля марки М533 мощностью 2х3670 кВт управляются дистанционно с помощью автоматизированной системы «Ар-

гус-Д». Максимальная скорость хода (2000 об/мин) достигает 50 уз, а экономическая (1100—1200 об/мин) составляет 26—28 уз; во втором случае дальность плавания на тихой воде 600 миль. Особая конструкция подводной части корпуса обеспечивает во время движения образование воздушной каверны, уменьшающей сопротивление воды на 30%.

Мореходные качества катера обеспечивают использование оружия (установка башенного типа с двумя пулеметами 14,5 мм и 7,62 мм либо по заказу) на волнении до 4 баллов, безопасное пребывание в море — до 5 баллов, непотопляемость — при затоплении любого отсека. Штурманское оборудование: навигационный комплекс «Меркурий-НК», две радиолокационные станции «Лиман-Т». Материал корпуса — стойкий к коррозии алюминий-магний-магний сплав со специальным покрытием и электрохимической защитой.

Другое патрульное судно ПС-818, созданное на заводе на базе пр. 503 (зав. № 706), успешно прибыло в пункт назначения

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Журнал «Судостроение» сердечно поздравляет работников судостроительной отрасли — лауреатов премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2002 г.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 153-14 от 14.03.2003 за разработку и создание новой техники премию получили: Барабанщиков Александр Федорович, Вишневский Александр Михайлович, Григорьев Борис Павлович, Гудков Алим Васильевич, Жбанов Олег Семенович, Забурко Алексей Васильевич, Копченков Владимир Павлович, Кочанов Эдуард Степанович, Логунов Юрий Михайлович, Назаров Юрий Иванович, Поспелов Владимир Яковлевич, Свядоц Евгений Александрович, Сибель Николай Александрович, Соколов Владимир Сергеевич, Струнский Михаил Григорьевич.

Петропавловск-Камчатский и передано 20 сентября пограничникам.
www.shipyard.yaroslavl.ru

ФГУП ЦНИИ СЭТ

Разработки ЦНИИ судовой электротехники и технологии в области преобразовательной техники нашли применение и на сцене Государственного академического Мариинского театра в Санкт-Петербурге.

На базе собственных разработок специалистами ЦНИИ СЭТ изготовлена современная система управления движением сценического оборудования (декораций и занавеса) театра. Отныне техническая оснащенность театральных подмостков не ограничивает творческие замыслы режиссера. Найденные в процессе реализации проекта оригинальные схмотехнические решения и применение новейшего микропроцессорного оборудования выводят систему управления сценическим оборудованием «Мариинки» на уровень ведущих театров Европы.

Принципиально новая для Мариинского театра система управления оборудованием сцены позволяет программировать время и место смены декораций, движение занавеса и предоставляет другие, ранее не доступные возможности. В частности, за счет малых габаритов блоков системы управления (при грузоподъемности 750 кг) увеличивается количество декораций, что, в свою очередь, существенно расширяет возможности художественного оформления спектаклей. Вся система управления состоит из 24 преобразователей, скомпонованных в восемь распределительных щитов (заменявших собою «стену» длиной 40—45 м), и компьютерной техники.



Морской промысловый бот пр. 13312 построен ЗАО «Азовская судостроительная верфь»

Научно-технические разработки, полученные ЦНИИ СЭТ в ходе выполнения заказа Мариинского театра, имеют широкий спектр применения и могут использоваться в судостроении, металлургии, топливно-энергетическом комплексе и других отраслях.

ООО «НОРДСТРОЙ»

Опытный судостроительный завод ООО «Нордстрой» (Шлиссельбург) 10 октября 2003 г. спустил на воду буксир-кантовщик «Тольятти» (пр. 04963), заказанный ОАО «Тольяттиазот», которое в настоящее время строит морской терминал по перевалке жидкого аммиака на Черном море. Буксир — однопалубный, с двумя ВРШ в поворотных отдельно управляемых насадках и двухъярусной рубкой, предназначен для буксировочных и кантовочных операций при швартовке, ввода и вывода транспортных судов из порта, участия в тушении пожаров на судах и портовых сооружениях. Класс судна — КМ★ЛУ4IIIА2 (буксир).

Основные проектные элементы и характеристики: длина наибольшая 29,3 м, по КВЛ — 28,2 м, между перпендикулярами — 27 м; ширина по ВП 8,3 м, по КВЛ — 8,2 м; высота борта 4,3 м, высота габаритная

от киля до крыши рубки 10 м; осадка порожнем/полная 3,05/3,39 м; водоизмещение соответственно 302/360 т. Главная энергетическая установка состоит из двух дизель-редукторных агрегатов мощностью по 590 кВт, скорость свободного хода 11 уз, тяга на гаке 200 кН.

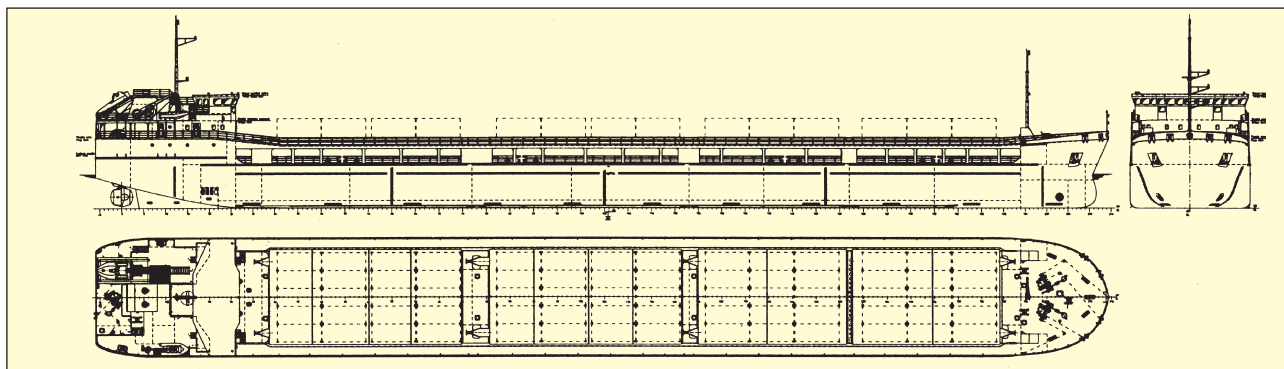
На буксире предусмотрены следующие статьи дедейти: экипаж с багажом 0,3 т, пресная вода 3,6 т, расходные материалы 0,1 т, пенообразователь 1,2 т, топливо 49 т, масло для дизелей 0,9 т, масло для ВРШ 0,29 т, котельная вода 2,2 т.

Второй аналогичный буксир для того же заказчика планируется построить весной 2004 г.

ЗАО «АЗОВСКАЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ВЕРФЬ»

«Азовская судостроительная верфь» освоила постройку малых рыболовных ботов. Недавно здесь построен морской промысловый бот пр. 13312 (КБ «Шхуна»), предназначенный для лова рыбы и морепродуктов в прибрежной зоне с помощью сетей, лодушек или донных ярусов с хранением улова в неохлажденном трюме (лед — с берега), а также буксировки лодок.

Основные элементы и характеристики: длина наибольшая 12,7 м, между перпендикулярами — 11,6 м, ширина 3,7 м, высота борта 1,7 м, осадка по грузовую марку 1,3 м, наибольшее водоизмещение около 40 т, автономность на промысле 5 сут., главный двигатель — дизель ЯАЗ-204А мощностью 74 кВт при 1900 об/мин (возможна установка и более мощного дизеля), скорость хода около 8 уз, объем грузового трюма 20 м³, вместимость четырех цистерн для дизельного топлива 5,2 м³.



Общее расположение сухогрузного судна дедейтиом 7094 т типа «Надежда», строящегося в ОАО «Окская судостроительная верфь»

Габариты судна позволяют транспортировать его по железной дороге.

В производственную программу судовой верфи входят также средний черноморский сейнер пр. 13301, морской буксир пр. 14970 и земснаряд.

ОАО «ОКСКАЯ СУДОВЕРФЬ»

На этой расположенной в Навашино верфи ведется постройка универсального сухогрузного судна типа «Надежда» (пр. 006RSD02) для судоходной компании «Надежда». Судно спроектировано «Морским инженерным бюро» (Одесса), разработку рабочей конструкторской документации и техническое сопровождение постройки осуществляет ОАО КБ «Вымпел». Сухогруз смешанного (река—море) плавания предназначен для перевозки генеральных и навалочных грузов, включая зерно, уголь, лес, опасные грузы и 20/40-футовые контейнеры. Класс Российского морского регистра судоходства КМ★ЛУ2□□ИСПА1.

Основные проектные элементы и характеристики: длина 133,84 м (наибольшая — 139,63 м), ширина 16,5 м (габаритная — 16,7 м), высота борта 6 м, высота судна от ватерлинии при осадке 3,2 м до верхней части надстройки 13,2 м, осадка в реке/море 3,6/4,6 м, соответствующий дедвейт 4696/7094 т, грузоемкость четырех трюмов 4488/6638 т, автономность 10/15 сут., осадка в балласте 3,4 м, дальность плавания 4000 миль, объем балла-

стных танков 3923 м³, контейнероёмкость 280TEU (в том числе на палубе 70TEU).

Два двигателя типа 6L20 Wartsila мощностью 2х1150 кВт работают на два ВПК типа US155FP Aquamaster, обеспечивая скорость 10,5±0,3 уз. Носовое подруливающее устройство типа 087/160 «Лайнегас» имеет мощность 160 кВт. Дизель-генераторы: 3х160 кВт и 1х100 кВт (аварийный). Производительность котлов 1х1 т/ч и 2х0,5 т/ч (утилизационные). Экипаж 12 чел., число мест — 14.

ООО «ОНЕЖСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

На этом заводе осуществляется строительство для ОАО «Беломорско-Онежское пароходство» (БОП) головного сухогруза типа «Карелия» (пр. 005RSD03, «Морское инженерное бюро», Одесса), заложенного 15 мая 2003 г. Судно смешанного (река—море) плавания предназначено для перевозки генеральных, навалочных, зерновых, лесных и крупногабаритных грузов, контейнеров, угля и опасных грузов. Класс: КМ★ЛУ2□□ИСПАЗ. Предполагается серийная постройка судов данного типа.

Основные проектные элементы и характеристики: длина 102,2 м (наибольшая — 108,33 м), ширина 16,5 м (габаритная — 16,7 м), высота борта 5,5 м, высота от ватерлинии при осадке 3,2 м до верхней части надстройки 13,2 м, осадка в реке/море 3,6/4,79 м, соответствующий

дедвейт 3308/5467 т, автономность 15/20 сут., дальность плавания 4000 миль, объем трех грузовых трюмов 7833 м³, контейнероёмкость 225 TEU, в том числе на палубе — 60TEU.

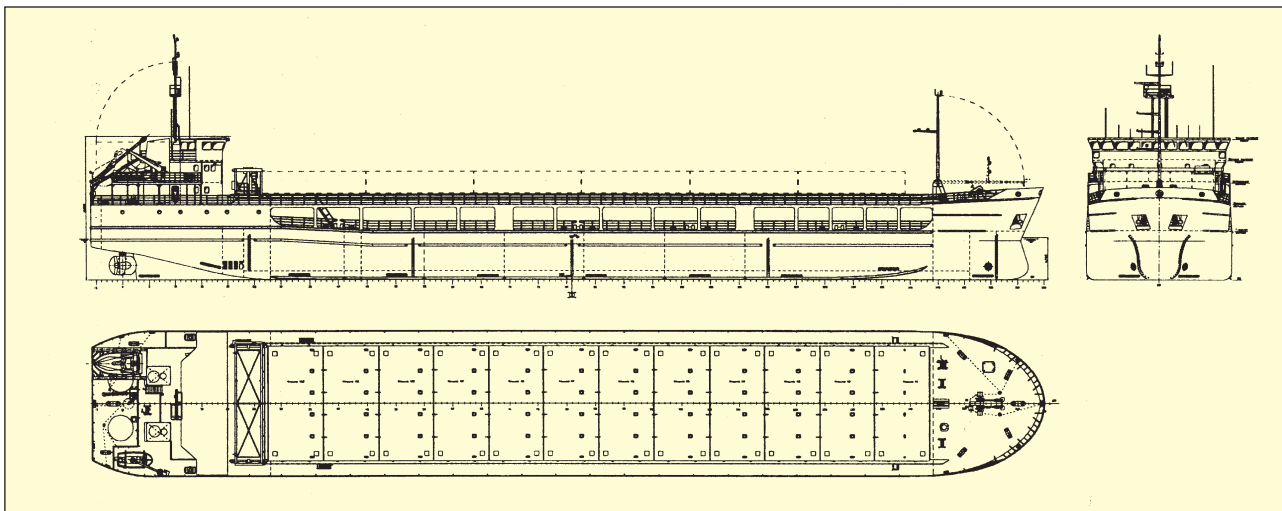
Два главных двигателя марки 6M20 («МаК»), имеющих мощность по 1020 кВт, работают на две винторулевые колонки типа Aquamaster US155FP. Скорость судна 10,5±0,3 уз. Носовое подруливающее устройство марки HRT 1000TT имеет мощность 100 кВт. Дизель-генераторы: 2х160 кВт и аварийно-стояночный 85 кВт. Экипаж 9 чел.

Главное судно названо «Россиянин», а второе, заложенное 18 ноября 2003 г., — «Украинец».

ОАО ЛСЗ «ПЕЛЛА»

С 2001 г. ОАО «Ленинградский судостроительный завод «Пелла»» серийно производит азимутальные буксиры пр. 2509 в сотрудничестве с голландской фирмой Damen. 17 сентября состоялся спуск на воду очередного буксира «Леонид Бочков» (пр. 2509Л), заказанного ЗАО «Портовый флот» (дочернее предприятие ОАО «Морской порт Санкт-Петербург»). Это уже третий буксир, построенный «Пеллой» для «Портофлота».

«Леонид Бочков» — буксир усиленного ледового класса водоизмещением около 400 т, предназначенный для выполнения швартовки, кантовки и буксировки судов на рейде, портовых и причальных операций. Класс Lloyd's Register of Shipping: +100 A 1



Общее расположение сухогрузного судна дедвейтом 5467 типа «Карелия», строящегося в ООО «Онежский судостроительный завод»



Буксир «Леонид Бочков» у причала ОАО ЛСЗ «Пелла»



Буксир «Флагман» перед спуском со стапеля ОАО ЛСЗ «Пелла»

Tug, Special Coastal or Route Service, ICE1A, LMC, Hull Strengthened for ICE 1 AS. Размерения буксира 25,9x8,9x4,3 м, осадка 3,75—4,1 м. Два главных двигателя фирмы Caterpillar суммарной мощностью 2610 кВт работают на две винторулевые колонки Aquamaster, обеспечивая скорость до 12 уз и тяговые усилия вперед от 220 до 390 кН, назад — от 210 до 360 кН. Мощность двух дизель-генераторов фирмы Caterpillar составляет 169 кВт. Палубное оборудование: швартовно-буксирная лебедка тягой 100 кН, буксирный гак — 450 кН. Экипаж 8 чел.

24 сентября был спущен на воду буксир «Флагман» пр. 90600, построенный по голландской технологии для ОАО «Финансовая лизинговая компания» (Москва). Судно будет работать в Махачкалинском морском торговом порту на лизинговой основе, обеспечивая буксировочные и кантовочные операции в порту, на рейде и в прибрежных районах. Класс Российского морского регистра судоходства: КМ★IIIЛУ2А3 буксир.

Наибольшие длина и ширина буксира 25 и 9 м, высота борта 4,66, осадка 3,5 м, водоизмещение около 290 т. Два главных двигателя фирмы Volvo-Penta имеют суммарную мощность 940 кВт и обеспечивают с помощью двух винторулевых колонок Steerprop Azimuth Propulsor скорость хода до 12 уз и тяговое усилие (вперед—назад) 100 кН. Два дизель-генератора фирмы Volvo-Penta имеют мощность 155 кВт. Буксир оснащен швартовно-буксирной лебедкой (100 кН), буксирным гаком (250 кН), системой пожаротушения, краноманипулятором. Экипаж — 6 чел.

ФГУП ЦНИИТС

23—24 октября 2003 г. в Санкт-Петербурге, в ФГУП ЦНИИТС состоялась первая всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках» — ИММОД 2003. Конференция была организована ЦНИИТС при содействии СПбГМТУ, СПбГЭТУ (ЛЭТИ) и ООО «Элина-Компьютер» (Казань).

Финансовый спонсор конференции — компания «Би Питрон» (Санкт-Петербург). Информационную поддержку оказывали журнал «RM Magazine» (издатель — «СП-Балтика»), журнал «Судостроение» и газета «Компьютер Информ».

Вплоть до середины 80-х годов минувшего столетия имитационное моделирование (ИМ) развивалось в нашей стране весьма интенсивно. Ведь ИМ ставит своей целью создание компьютерной модели реально существующей или разрабатываемой системы (физической, технологической, финансовой и т. п.) с последующим проведением экспериментов над построенной моделью с целью описания наблюдаемых результатов и/или предсказания будущих результатов. Очевидно, замена реального эксперимента на ИМ позволяет сократить затраты, необходимые для исследования. В некоторых ситуациях реальные эксперименты могут быть невозможны или очень опасны.

В последующие годы по известным причинам ИМ в нашей стра-

не практически не развивалось. И только в конце 90-х годов появились предпосылки и стало заметно возрождение интереса к использованию ИМ. Для популяризации идей и методов ИМ, например, ООО «Элина-Компьютер» создан и поддерживается интернет-портал www.gpss.ru. Больше стало статей и книг на эту тему. Поэтому не случаен интерес, проявленный специалистами к данной конференции. В ней участвовали представители 77 предприятий и организаций различных отраслей промышленности, в том числе судостроения, из Санкт-Петербурга, Казани, Москвы, Сочи, Саранска, Владимира, Кемерово, Иваново, Сургута, Твери, Новгорода, Уфы, Ростова-на-Дону, Екатеринбурга, Орла, Новосибирска, Перми, Ижевска, Липецка, Томска, Красноярска, Калининграда и других городов России, а также Риги (Латвия), Магдебурга (ФРГ), Киева (Украина). На конференции работало две секции — теория и практика ИМ. Всего было представлено свыше 100 пленарных, секционных, стендовых докладов и демонстраций.

Главные темы конференции: методология ИМ, моделирование производственных и технологических процессов, ИМ в сфере транспорта, связи и телекоммуникаций, моделирование в системах административного управления, имитационное моделирование в САПР, ИМ и анализ бизнес-процессов, языки и программные системы ИМ.

Большинство докладов вошло в специальный сборник, изданный ЦНИИТС к началу конференции. □

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (В порядке обсуждения)

В. И. Сутырин, канд. техн. наук (Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота)

УДК 629.5.023.4.001.24

Экстремальность ситуаций в отечественной экономике выдвигает на первый план необходимость снижения трудоемкости и сроков проектирования сложных конструкций. Традиционным становится моделирование проектируемых объектов численными методами. При создании новых объектов нередко рассматривается ряд альтернативных вариантов, принимаются нетрадиционные конструктивные решения, предусматривающие оптимизацию подбора и распределения материала. Особые ограничения на расчеты могут накладываться необычными условиями монтажа и эксплуатации объектов, определяемыми, например, повышенными требованиями экологической безопасности и др. Принимаемые конструктивные решения нередко ограничивают возможности ввода многих традиционных упрощающих гипотез и тем самым перепределяют использование усложненных пространственных расчетных моделей.

Все сказанное можно в полной мере отнести к практике проектирования корпусных конструкций. В идеальном случае математическая модель и специализированные программные средства для ее анализа должны использоваться на этапах проектирования и эксплуатации судна. Спектр решаемых при этом задач оказывается достаточно широким и может, в частности, включать: обоснование и выбор размеров конструктивных элементов, отработку конструктивного исполнения узлов с целью снижения уровней концентраций напряжений, оценку остаточного напряженно-деформированного состояния конструкций после выполнения технологических операций, обоснование конструктивных решений при модернизации и ремонте, а также прогнозирование опасных сочетаний внешних нагрузок и экспертизу аварийных состояний (столкновений) и др.

Вместе с тем моделирование и расчеты судовых корпусов имеют ряд специфических особенностей. Так, современные расчетные модели корпусов достаточно сложны. Порядок систем разрешающих уравнений для эталонных (имеющих по шесть узловых перемещений) пространственных моделей нередко достигает сотен тысяч. Алгоритмы решения подобных систем требуют совершенствования.

При решении задач, связанных с проектированием корпусов судов, используются вероятностные подходы. Учет случайного характера параметров расчетной модели многократно усложняет задачу ее анализа и требует разработки новых расчетных приемов и методов, ориентированных на применение высокопроизводительных вычислительных средств.

Для инженерного анализа корпусных конструкций крайне необходим комплексный подход, объединяющий оценки статической прочности, устойчивости и надежности. Комплексные исследования требуют объединения ряда расчетных методов, которое возможно на основе обобщающего метода, допускающего применение аналитических и численных процедур и ориентированного на использование современной вычислительной техники. Таким методом в настоящее время является метод конечных элементов (МКЭ) [1, 2]. Для успешного преодоления трудностей, возникающих при расчетах корпусных конструкций, разрабатываются альтернативные подходы к алгоритмизации метода. В качестве примеров повышения эффективности традиционного МКЭ можно привести методы конечных полос [3], суперэлементов [4], модуль элементов [5], редуцированных элементов [6]. Исследования последних лет показывают, что разработка надежного и эффективного инструментария для расчетов сложных конструкций возможна на основе оптимизации расчетных схем и интеграции МКЭ с другими численными и аналитическими методами.

В статье рассматривается один из вариантов решения перечисленных выше проблем, заключающийся в систематическом понижении размерности решаемой задачи путем приведения матриц жесткости, массы и внешней нагрузки к отдельным узлам расчетной модели корпуса. Глобальная система МКЭ при этом не формируется, что позволяет эффективно использовать основную память компьютера и применить многопроцессорную обработку.

Понижение размерности задачи. Конечно-элементная система строится и редуцируется фрагментарно, по частям. В рамках фрагмента всегда выделяются сохраняемые

{q_s} и исключаемые {q_n} перемещения. Если матрицу жесткости и вектор узловых перемещений фрагмента системы обозначить соответственно как |R| и {q} и представить их в блочном виде, то можно записать

$$|R| \{q\} = \begin{bmatrix} R_{ss} & R_{sn} \\ R_{ns} & R_{nn} \end{bmatrix} \{q_s \ q_n\}^T, \quad (1)$$

где T — обозначение операции транспонирования.

При ненагруженных исключаемых перемещениях получаем

$$\begin{aligned} |R_{ns}| \{q_s\} + |R_{nn}| \{q_n\} &= 0; \\ \{q_n\} &= - |R_{nn}|^{-1} |R_{ns}| \{q_s\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Обозначим |L| = - |R_{nn} |⁻¹ |R_{ns} |, тогда

$$\{q\} = |E L^T|^T \{q_s\}, \quad (3)$$

где E — единичная матрица порядка s.

Поскольку до и после преобразований соответствующие компоненты сил {F} и {F_s} должны совершать одинаковую работу, можно записать равенство

$$\{F_s\}^T \{q_s\} = \{F\}^T \{q\}. \quad (4)$$

Преобразуя (4), получим

$$\begin{aligned} \{F_s\}^T &= \{F\}^T |E L^T|^T \text{ или} \\ \{F_s\} &= |E L^T|^T \{F\}. \end{aligned} \quad (5)$$

При свободных колебаниях силы имеют упругие и инерционные компоненты, следовательно

$$\{F\} = |R| \{q\} + |M| d^2 \{q\} / dt^2. \quad (6)$$

Подставив (6) в (5), получим известное выражение [1]

$$\{F_s\} = |R_{np}| \{q_s\} + |M_{np}| d^2 \{q_s\} / dt^2,$$

где |R_{np}| = |A| |R| |A|^T; (7)

$$|M_{np}| = |A| |M| |A|^T; |A| = |E L^T|^T; (8)$$

|R_{np} |, |M_{np} | — матрицы жесткости и массы, приведенные к сохраняемому узлам.

Представим матрицы фрагмента |R| и |M| в четырехблочном виде подобно тому, как это было сделано в (2). Тогда, перемножая блоки, согласно (7) и (8), с учетом того, что

|M_{nn}| = |M_{nn}|^{1/2} |M_{nn}|^{1/2}, и опуская промежуточные преобразования, получим [7, 8]

$$|R_{np}| = |R_{ss}| + |R_{sn}| |L|; \quad (9)$$

$$|M_{np}| = |M_{ss}| + |Q| + |Q|^T + |G| |G|^T, \quad (10)$$

где |Q| = |L|^T |M_{ns}|; |G| = |L|^T |M_{nn}|^{1/2}.

При наличии статических нагрузок на исключаемые узлы равенство (9) необходимо дополнить равенством следующего вида:

$$\{P_{np}\} = |L|^T \{P_n\}, \quad (11)$$

где {P_{np}} — вектор внешних нагрузок, приведенный к сохраняемым узлам.

Таким образом, коэффициенты жесткости, нагрузки и массы можно исключать по единственному модифицированному алгоритму Гаусса. Причем инерционные коэффициенты приводятся к сохраняемым узлам так же, как и нагрузки. Наибольшая эффективность вычислений достигается при построчном исключении коэффициентов [7]. В этом случае отпадает необходимость в обращении промежуточных блок-матриц, а также в возведении их в дробную степень.

Вихревые расчетные схемы. Важная роль в расчете корпуса отводится рекуррентной схеме редуцирования фрагментов системы. Если выбрать некоторый узел расчетной модели, то, используя традиционную для МКЭ матрицу связи узлов (в которой все конечные элементы представлены построчно номерами своих узлов в общей нумерации узлов расчетной модели), нетрудно найти в ней все конечные элементы, стыкуемые в этом узле, и построить первый фрагмент расчетной модели. Затем можно исключить указанный узел и привести жесткости, массы, нагрузки к окаймляющим его узлам. Тогда последние образуют упругое дискретное основание (фронт) по границам исключенной области. Перебирая узлы фронта, например, по часовой стрелке, и выполняя вновь все перечисленные операции, получаем фронтальную схему исключения степеней свободы, которая «раскручивается» подобно вихрю (вихревая схема). Отметим ряд ее существенных свойств:

1. Рекуррентные вычисления по вихревой схеме выполняются в огра-

ниченном объеме основной памяти компьютера, что полностью исключает продолжительные буферные обмены с внешней памятью. В памяти удерживаются лишь те коэффициенты жесткости и массы, на которые непосредственно распространяются выполняемые корректировки;

2. В процессе расчетов отдельные узлы модели могут сохраняться и использоваться на заключительных этапах расчета [7, 8]. Формируется шлейф узлов конденсации различного назначения. Традиционная расчетная схема МКЭ при этом преобразуется [9].

Преобразованные расчетные схемы. Некоторые из применяемых преобразованных расчетных схем судового корпуса иллюстрируются рис. 1.

На рис. 1, а показано окаймление с помощью указанных узлов бортового (аналогично — днищевое либо палубного) перекрытия с целью конструирования, анализа последствий повреждений, подбора подкрепляющих элементов, контроля устойчивости и т. п. [10]. Получаемые в ходе расчета обобщенные коэффициенты контурных узлов (КУ), объединенные в матрицы жесткости и нагрузки, характеризующие граничные условия перекрытия, сохраняются неизменными при его пересчете. Многократный пересчет корпуса при этом не производится.

Рис. 1, б иллюстрирует расчетную схему судового корпуса, в которой расчетные узлы (РУ) назначены в местах опирания протяженного судового валопровода [11]. Система РУ имеет в подобных расчетах небольшой порядок, характеризует упругое дискретное основание валопровода и поэтому позволяет эффективно определять расчетные реакции, частоты и формы его колебаний, контролировать напряженно-деформированное состояние, вводить в расчет изменяющиеся внешние нагрузки, не подвергая пересчету весь судовой корпус.

На рис. 1, в показан выбор РУ в местах пересечений крупных балок набора корпуса, т. е. в местах наибольшей концентрации масс, с таким расчетом, чтобы формы его колебаний по возможности точно совпадали с формами колебаний системы РУ [8, 9]. Дополнительный ввод в расчет КУ, охватывающих области контроля напряженно-деформиро-

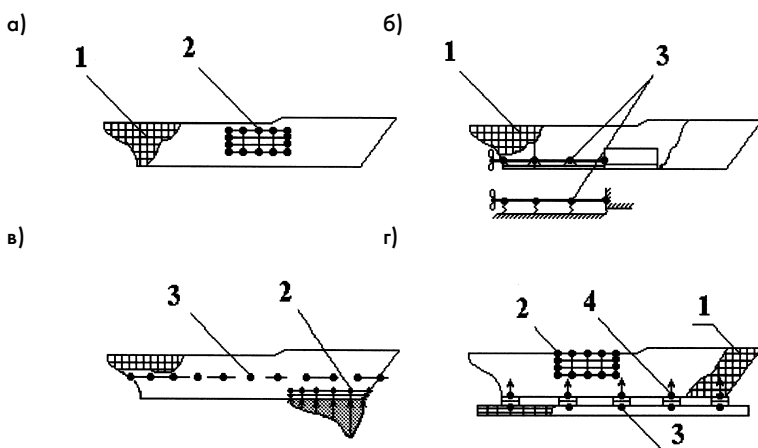


Рис. 1. Преобразованные расчетные схемы судового корпуса:

1 — узлы исходной сетки КЭ; 2, 3 — контурные и расчетные узлы; 4 — расчетные перемещения

ванного состояния с густой сеткой конечных элементов, позволяет с наибольшей эффективностью контролировать местную и общую вибрацию конструкции.

Рис. 1, г иллюстрирует назначение РУ в местах опирания судна на кильблоки при постановке его в док [12]. Одновременно интересующие расчетчика конструктивные узлы (обычно перекрытия корпуса) охватываются КУ. Причем последние взаимодействуют с РУ, имея в обобщенной матрице коэффициентов блоки взаимного влияния. В этой ситуации несложно, например, проанализировать влияние изменения жесткости и мест постановки кильблоков на напряженное состояние перекрытий, проконтролировать устойчивость перекрытий [10] и т. п. Подобная схема может обеспечить также построение передаточной функции между гидростатическими и гидродинамическими нагрузками, действующими на корпус, и напряжениями в «горячих точках» (местах наибольших концентраций напряжений конструктивных узлов), что необходимо при оценке усталостной долговечности корпусных конструкций.

Многопроцессорные вычисления. Вихревая схема реализует инвариантную вычислительную процедуру и, вследствие этого, позволяет эффективно использовать параллельную многопроцессорную обработку данных и существенно сократить общую продолжительность решения задачи.

Особенность расчета состоит в инициации и контроле взаимодействия сразу нескольких вихревых фронтов исключения узловых пере-

мещений, поддерживаемых собственными процессорами. Контроль сводится к фиксации попыток исключения из них любых узлов расчетной модели, входящих в любые другие смежные фронты. Указанные узлы в совокупности образуют в итоге сетку суперэлементов 2-го иерархического уровня, на которой при необходимости назначаются новые центры исключения узлов и т. д. Таким образом, вычислительная процедура распространяется на ряд уровней и обеспечивает требуемое сокращение порядка глобальной системы уравнений. Дополнительным преимуществом процедуры является возможность локализации вычислений путем перехода к многофункциональной подсистеме узлов конденсации. Реализованную схему вычислений можно назвать схемой многофронтальной конденсации.

В разработанной программе исключение узлов сопровождается заполнением векторов соответствия, в которые записываются исходные порядковые номера узлов расчетной модели, образующих фронты, т. е. номера узлов приведения. Все узлы подразделяются на 4 категории: 1 — узлы фронтов, к которым приводятся коэффициенты матриц жесткости, поэтапно вводимых в расчет и исключаемых фрагментов системы; 2 — узлы конденсации, которые не исключаются процессорами, а накапливаются в составе фронтов для последующего расчетного анализа (их порядковые номера изначально содержатся в специальном векторе номеров сохраняемых узлов и по ходу расчета заносятся процессорами в векторы соответствия); 3 — стыковочные узлы

следующего по счету иерархического уровня, фиксируемые при появлении их номеров сразу в двух (и более) векторах соответствия; 4 — узлы, для которых применяется вычислительная процедура исключения. В процессе последовательного перебора узлов любого фронта предварительно определяется их категория, после чего в узлах стыкуются новые конечные элементы модели, а если это узлы 4-й категории, то они исключаются. Образующиеся при этом резервные строки коэффициентов не вычеркиваются из рабочих массивов, а по возможности заполняются строками вновь вводимых фрагментов системы.

Существенное преимущество подобного расчета связано с тем, что окончательные границы соприкосновения фронтов в нем формируются автоматически и не требуют специального описания в исходных данных (как известно, подобное описание представляет одну из сложнейших проблем метода суперэлементов). Весь расчет выполняется по единой матрице индексов, характерной для традиционного МКЭ. Вместе с тем, в отличие от последнего, в основной памяти компьютера формируются и обрабатываются лишь сравнительно небольшие по величине рабочие массивы коэффициентов, что значительно улучшает традиционную схему. В случае, когда многопроцессорная обработка продолжается на окончательных границах фронтов как на сетке многоузловых суперэлементов следующего иерархического уровня, сформированные векторы соответствия номеров граничных узлов автоматически становятся строками матрицы связи узлов для новой подструктуры. Таким образом, фронтальная схема генерирует сотни и тысячи мгновенных суперэлементов. Причем подобная генерация осуществляется при минимуме общей вычислительной работы, поскольку в памяти компьютера всегда удерживаются и корректируются лишь те коэффициенты жесткости, на которые непосредственно распространяется влияние исключаемых коэффициентов системы. Расширяясь, каждый расчетный фронт отслеживает форму конструкции, накапливая в своем составе узлы конденсации, предварительно назначенные при помощи манипулятора. Расчет узловых пе-

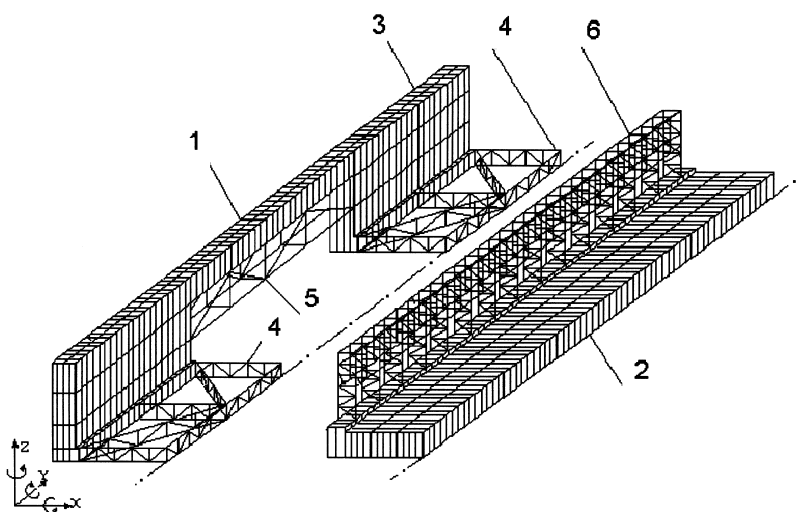


Рис. 2. Составная расчетная модель дока:
 1 — док-матка; 2 — док-понтон; 3 — башни и док-матки; 4 и 5 — соединительные фермы док-матки; 6 — ферма док-понтонна

ремещений контурных и расчетных узлов дополняется оценками напряженно-деформированного состояния, устойчивости или колебаний, согласно преобразованным расчетным схемам.

Пример расчета. В качестве примера можно привести расчет дока, состоящего из двух взаимодействующих конструкций: док-матки 1 и док-понтонна 2 (рис. 2). Заказчик выдвинул условие, согласно которому конструкцию необходимо было рассчитать по фактическим толщинам обшивки корпуса (они были взяты из дефектовочных ведомостей) при большом числе вариантов нагружения, а также подобрать подкрепления поврежденных узлов. В подобной ситуации однопроцессорные вычисления занимают много времени из-за большого числа расчетных вариантов. Конструктивно док-матка выполнена в виде башен 3, соединенных ферменной конструкцией 4 снизу. В свою очередь, каждая башня состоит из двух отсеков, также соединенных при помощи ферм 5. Док-матка имеет длину 70 м, ширину 26 м и высоту 15,3 м. Док-понтон имеет в плане прямоугольную форму 60x18,4 м, а поскольку остойчивость дока в процессе погружения и всплытия с докуемым судном обеспечивается в основном док-маткой, он не имеет водоизмещающих башен, они заменены фермами 6. Масса понтона достигает 860 т, он свободно опирается на уступы башен док-матки. Реакции взаимодействия, таким образом, догружают обе части дока.

Протяженность опирания понтона составляет 15,9 м при общей длине уступа 20,9 м. Линия приложения реакций отстоит от линии приложения равнодействующей сил поддержания на 1,7 м, что приводит к поперечному изгибу док-матки.

Расчетная модель дока имела 55 956 степеней свободы (18 228 для док-матки) и состояла из 18 744 КЭ. Наибольшее число узлов в сечениях не превышало 120.

Для корпусных конструкций, за исключением соединительных ферм, было применено автоматическое формирование матриц индексов. Внешние нагрузки были рассчитаны из условия постановки в док судна длиной 81 м и водоизмещением 1010 т и имели узловой вид. Для автоматической удифферентовки конструкции в расчет вводилась система упругих опор, моделирующая выталкивающее действие жидкости. Коэффициент жесткости на сжатие каждой опоры выбирался равным приросту выталкивающей силы жид-

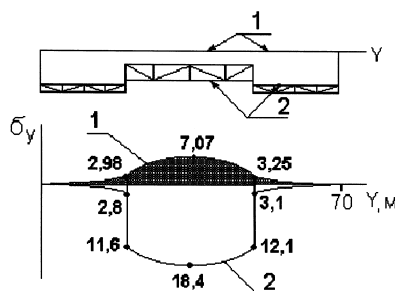


Рис. 3. Наибольшие нормальные напряжения в палубах док-матки σ_y (обозначены характерными ординатами в МПа) по линиям 1 и 2 корпусов при продольном изгибе

кости на площади, приходящейся на погружающийся на единицу узел расчетной модели.

При решении задачи вихревая фронтальная процедура исключения степеней свободы КЭ модели конструкции, осуществляемая на основе модифицированного блочного алгоритма Гаусса, была применена в качестве средства организации двухпроцессорных вычислений (использован двухпроцессорный SMP PC Server 325 фирмы IBM на базе процессора Pentium II с тактовой частотой 266 МГц) и построения многофункциональной подсистемы узлов конденсации. Векторы соответствия номеров узлов для фронтов исключения формировались специальной «программой-менеджером», которая параллельно выполняла также и синхронную фронтальную прорисовку расчетной модели конструкции, что облегчало поиск и устранение ошибок в исходных данных задачи.

Исключение узлов (редуцирование) расчетных моделей док-матки и док-понтонна выполнялось двумя процессорами во встречном направлении, начиная от торцевых переборок. Взаимодействие фронтов исключения осуществлялось через РУ, назначенные по линиям контакта док-матки и док-понтонна. В РУ сохранялись только вертикальные перемещения. Построение дополнительных систем КУ и РУ позволяло выборочно анализировать напряженно-деформированное состояние фрагментов конструкции дока на всех этапах докования.

Общее время решения задачи зависит от расположения и числа назначаемых узлов конденсации. При их полном отсутствии (такая схема наиболее близка по объему вычислений прямому ходу традиционной схемы МКЭ и поэтому пригодна для сравнения) исключение коэффициентов жесткости (массы) моделей организуется в симметричной матрице порядка 800 в расчете на один процессор. При сохранении в преобразованной схеме N расчетных узлов порядок (соответственно и ширина ленты матрицы) возрастает на величину 6N. Однако значительного увеличения расчетного времени не происходит, поскольку увеличение ширины ленты распространяется, как правило, лишь на часть вычислительной процедуры. Так, сохранение в однопроцес-

сорном расчете 120 расчетных перемещений в районе миделевого сечения конструкции док-матки приводило к увеличению расчетного времени приблизительно на 15%. Такое увеличение было компенсировано включением процедуры построчного редуцирования с обходом нулевых коэффициентов, изложенной в работе [7]. При значительном увеличении числа РУ дополнительные временные потери оказываются неизбежными. Однако чувствительность используемого алгоритма к ширине ленты многократно компенсируется на практике использованием преобразованных расчетных схем, а также применением мультипроцессорной вычислительной техники, эффективность которой с каждым годом возрастает.

Эпюры нормальных напряжений при продольном изгибе док-матки приведены на рис. 3. Наибольшие напряжения от изгиба отмечены в миделевом сечении гибкой вставки корпуса. Эпюры аналогичных напряжений при продольном изгибе расчетной модели понтона, а также его эквивалентного бруса приведены на рис. 4. Расчетом было показано, что постановка в док судов указанных размеров не приводит при нынешнем состоянии конструкции к опасным напряжениям. При подъеме судна возникает перегиб понтона, в то время как корпус док-матки испытывает прогиб. Специальным итерационным расчетом было установлено, что равнодействующая реакций контактного взаимодействия понтона и док-матки смещается при этом к торцевым переборкам. Одновременно уменьшается площадь

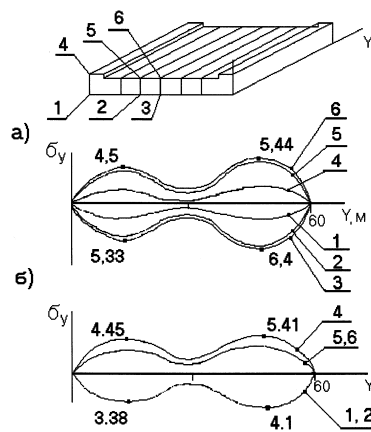


Рис. 4. Нормальные напряжения при продольном изгибе σ_y (МПа) док-понтона как пространственной расчетной модели (а) и эквивалентного бруса (б) по линиям бортов и продольных переборок, обозначенным цифрами

контакта и возрастает интенсивность распределенной нагрузки, что может устраняться рациональной балластировкой конструкции.

Выводы. Предложенный аппарат численного анализа обеспечивает многовариантное исследование поведения сложных конструкций. Комбинированными расчетными приемами обеспечивается получение достаточно точной информации о граничных условиях для конструктивных элементов и узлов произвольного расположения, что создает основу для их вариантного конструирования, назначения технологических параметров при их изготовлении и монтаже. Расчетные приемы могут включаться в состав подсистемы инженерного анализа САПР корпуса судна и использоваться с целью кон-

кретизации геометрии конструктивных элементов и узлов и проведения проверочных расчетов. Разработанные алгоритмы и реализующее их программное обеспечение могут применяться также и при решении специфических задач эксплуатации судовых конструкций.

Литература

1. Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975.
2. Постнов В. А., Хархурим И. Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. Л.: Судостроение, 1974.
3. Cheng Y. K. Finite Strip method in structural Analysis. Oxford: Pergamon Press, 1976.
4. Метод суперэлементов в расчетах инженерных сооружений // В. А. Постнов, С. А. Дмитриев, Б. К. Елтышев, Л. А. Родионов. Л.: Судостроение, 1979.
5. Метод модуль-элементов в расчетах судовых конструкций // В. А. Постнов, Н. А. Тарануха. Л.: Судостроение, 1990.
6. Метод редуцированных элементов для расчета конструкций // Е. Я. Вороненко, О. М. Палий, С. В. Сочинский. Л.: Судостроение, 1990.
7. Сутырин В. И. Применение способа фронтальной конденсации в расчетах динамики судовых корпусных конструкций // Судостроение. 1996. № 7.
8. Сутырин В. И. Варианты конденсации в практике расчетов динамики конструкций методом конечных элементов // Изв. вузов. Машиностроение. 1990. № 8.
9. Сапожников А. И. Метод контурных и расчетных точек при расчетах соединений // Строительная механика и расчет сооружений. 1980. № 5.
10. Сутырин В. И. Экономичные методы решения конечно-элементных систем, моделирующих сложные конструкции // Изв. вузов. Машиностроение. 2000. № 5—6.
11. Сутырин В. И. Исследование напряженно-деформированного состояния протяженного валопровода с деформируемым основанием // Изв. вузов. Машиностроение. 1988. № 11.
12. Сутырин В. И. Проектирование доковых опорных устройств с применением методов конденсации // Судостроение. 1989. № 10.

НОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СПЕКТРАЛЬНЫХ ПУЛЬСАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА КРЫЛЬЕВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ КОРАБЛЯ

С. Б. Старцев, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 629.5.025.1.001.24

При проектировании крыльевых конструкций корабля определение диапазона возможных позиционных и изгибающих усилий является одним из основных факторов их надежной эксплуатации: спектры моментно-силовых нагрузок на крыльях необходимы для обеспечения характеристик прочности и расчета

уровня излучения аэро- или гидродинамического шума при взаимодействии с набегающим потоком.

При всем разнообразии методов определения нестационарных аэрогидродинамических характеристик (АГДХ) крыла для практического применения предпочтение отдается вихревой теории, основанной

на условной замене несущей поверхности конструкции системой вихревых жгутов с определенной интенсивностью циркуляции скорости Γ_i . При нестационарном режиме обтекания крыла, обусловленном пульсациями скорости потока или вибрацией несущей поверхности, значения Γ_i являются переменными во времени и зависят от совокупности факторов взаимодействия крыла с потоком и демпфирующих свойств его конструкции.

Определение фазовых временных сдвигов между турбулентными возмущениями и значений Γ_i в каждый момент времени возможно на основе имеющихся соотношений масштабов турбулентности набега-

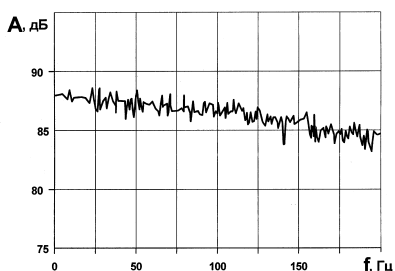


Рис. 1. Спектр пульсаций продольной скорости потока в рабочей части канала аэродинамической трубы

ющего потока по осям координат и геометрических параметров крыла по значению вертикальной составляющей скорости потока, что позволяет произвести расчет нестационарных АГДХ крыльевого элемента практически при любых видах пульсирующего потока.

Определяющими относительными параметрами турбулентного потока являются число Струхала Sh , степени турбулентности потока по осям u_x, u_y, u_z и параметр y/δ , характеризующий влияние толщины δ и формы профиля пограничного слоя корпуса корабля, в который погружен крыльевой элемент.

Схему «модели турбулентности» потока целесообразно представлять в форме пульсаций скорости потока по всем трем осям Ox, Oy, Oz , удовлетворяющей условию неразрывности потока и возможности задания характеристик турбулентности, измеряемых в процессе эксперимента за счет выбора свободных параметров.

Основными параметрами, определяющими состояние потока, являются средние квадратичные значения пульсаций скоростей по всем трем осям $\bar{u}_x^2, \bar{u}_y^2, \bar{u}_z^2$, которые позволяют рассчитать значения пуль-

саций подъемной силы и моментов на крыле в заданном диапазоне частот решением системы уравнений относительно величин циркуляций скорости $\Gamma_i(t)$.

В линейной постановке задачи поле турбулентности представляется в виде суперпозиции отдельных гармоник с различными временными частотами. Для заданной угловой частоты $\omega = 2\pi f$ поле пульсационных скоростей потока определяется в виде совокупности синусоидальных гармоник. Средние квадратичные значения составляющих скоростей по осям во времени выражаются в разработанной модели следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \bar{u}_x^2 &= 0,5A^2 \exp 2 \left[k_1 x + k_2 y + \frac{(k_1 + Bk_2)\gamma}{\alpha + \beta B} z \right], \\ \bar{u}_y^2 &= 0,5A^2 B^2 \exp 2 \left[k_1 x + k_2 y + \frac{(k_1 + Bk_2)\gamma}{\alpha + \beta B} z \right], \\ \bar{u}_z^2 &= 0,5A^2 \left(\frac{\alpha + \beta B}{\gamma} \right)^2 \exp 2 \left[k_1 x + k_2 y + \frac{(k_1 + Bk_2)\gamma}{\alpha + \beta B} z \right], \end{aligned} \quad (1)$$

где α, β, γ — волновые числа по осям Ox, Oy и Oz ; A, B, k_1, k_2 — свободные параметры.

Экспериментальное определение характеристик потока проводится измерением всех значений $\bar{u}_x^2, \bar{u}_y^2, \bar{u}_z^2$, однако одновременное измерение пульсаций скорости по всем осям является довольно сложным и трудоемким процессом.

Расчетная методика определения нестационарных характеристик крыла конечного размаха основана на использовании эмпирических данных по пульсациям скоростей набегающего потока, измеряемых в непосредственной близости от поверхности крыла. Основные данные для этого могут быть взяты из экспериментов, проведенных в большой аэродинамической трубе ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова при обтекании модели крыла турбулентным потоком [1, 2].

Последовательность проведения эксперимента и использование его результатов для расчета нестационарных АГДХ модели приведена ниже.

В произвольной точке M пограничного слоя модели корабля с координатами x_M, y_M, z_M при помощи

термоанемометрической аппаратуры измеряется средняя скорость U_M и спектр пульсаций продольной скорости, т. е. определяется функция $E = E(f)$:

$$\int_0^\infty E(f) df = \bar{u}_x^2, \quad (2)$$

где f — частота пульсаций скорости потока, Гц.

$E(f)df$ — это среднее квадратичное значение продольной пульсации скорости в диапазоне частот $f \pm (f+df)$. Если $df = 1$ Гц, то среднее квадратичное значение продольных пульсаций скорости на частоте f будет равно $E(f) = 1$ Гц. Таким образом, для каждой частоты f_i известно значение $\bar{u}_{xi}^2 = E(f_i)$.

Одномерный спектр пульсаций продольной скорости потока представляется графической зависимостью, где ось абсцисс соответствует частоте пульсаций f , ось ординат — интенсивности пульсаций A (дБ), определяемой по зависимости

$$A = 10 \lg \frac{\tilde{E}(f) \Delta f}{10^{-12}}. \quad (3)$$

Функция $\tilde{E}(f)$ связана со спектральной плотностью $\tilde{E}(f)$ соотношением

$$E(f) = a^2 \tilde{E}(f), \quad (4)$$

где a — тарировочный коэффициент, определяющий связь напряжения на вольтметре термоанемометра и скорости потока, $m/(c \cdot B)$; ($U[m/c] = aV[B]$).

При испытаниях в аэродинамической трубе для удобства обработки данных коэффициент усиления a подбирается таким образом, чтобы при любой скорости внешнего потока $V = 10$ В.

Ширина полосы Δf в выражении (3) определяется соотношением $\Delta f = D/400$, где D — диапазон частот, в котором производится запись спектра.

Значения функции $E(f)$ определяются с использованием зависимостей (3) и (4)

$$E(f) = a^2 \frac{1}{\Delta f} 10^{(A/10 - 12)}. \quad (5)$$

На основании формулы (5) для каждой конкретной частоты f_i расчи-

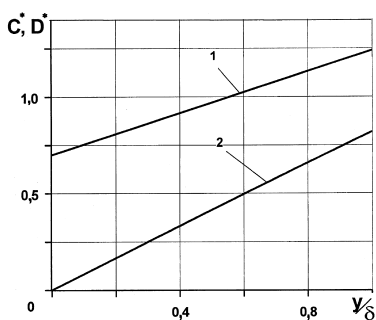


Рис. 2. Зависимости коэффициентов взаимовлияния пульсаций составляющих скоростей потока от толщины турбулентного пограничного слоя: 1 — $C^*(y/\delta)$; 2 — $D^*(y/\delta)$

тываются средние квадратичные пульсации продольной скорости

$$\bar{u}_{xi}^2 = E(f_i)\Delta f = \alpha^2 \cdot 10^{(A/10 - 12)} \quad (6)$$

После определения, согласно (6), значения \bar{u}_{xi}^2 по приближенной расчетной методике для данной точки в пограничном слое вычисляются средние квадратичные пульсации скоростей по вертикальной OY и боковой OZ осям:

$$\bar{u}_{yi}^2 = k_{12} \bar{u}_{xi}^2; \quad \bar{u}_{zi}^2 = k_{13} \bar{u}_{xi}^2 \quad (7)$$

Для тел вращения используют приближенные эмпирические зависимости, определяющие коэффициенты k_{12} и k_{13} :

$$k_{12} = \left(\frac{1 + 0,3y/\delta}{2 - 0,55y/\delta} \right)^2;$$

$$k_{13} = \frac{2}{(2 - 0,55y/\delta)^2}.$$

На каждой частоте f_i по зависимостям (6) и (7) определяются значения средних квадратичных пульсаций скоростей по осям $\bar{u}_x^2, \bar{u}_y^2, \bar{u}_z^2$. Используя гипотезу Тейлора о «замороженной» турбулентности [1] для данной частоты, получаем соотношение

$$U = \lambda_i f_i, \quad (8)$$

где λ_i — длина волны возмущения в данной точке вдоль оси OX, вдоль которой направлена средняя скорость потока в пограничном слое U, м.

Величины U и f_i в соответствии с вышеизложенной методикой являются известными, поэтому значения λ_i определяются с помощью зависимости

$$\lambda_i = U/f_i = 2\pi/\alpha_i. \quad (9)$$

По формуле (9) рассчитывается значение волнового числа α_i для заданной частоты ω . Располагая значением \bar{u}_{xi}^2 из (6) в конкретной точке с учетом равенств (7), определяются неизвестные параметры A, B и γ в выражениях (1).

Таким образом получены все исходные значения, описывающие состояние набегающего турбулентного потока, и искомые средние квадратичные АГДХ крыла определяются решением системы уравнений (1).

На основании приведенной последовательности этапов алгоритма вычислений создана компьютерная

программа «Расчет спектра пульсационных аэрогидродинамических нагрузок на крыле в нестационарном потоке» [3]. С использованием этой программы приводится расчет пульсационных АГДХ крыла конечного размаха по заданному спектру пульсаций продольной скорости потока в месте его расположения.

Характеристики потока взяты из результатов эксперимента, проведенного в аэротрубе. Исходный спектр пульсаций скорости потока измерен в диапазоне частот 0÷200 Гц (рис. 1).

По значению средней скорости обтекания крыла U в месте его расположения для каждой частоты f_i вычисляется значение $\sqrt{\bar{u}_x^2}/U$, а затем определяется отношение

$$\frac{u_y}{U} = \sqrt{2}k_{12} \frac{\sqrt{\bar{u}_x^2}}{U} \sin \left(\text{Sh} \frac{x}{b_{кр}} + \text{Sh} \lambda_{кр} \sqrt{\frac{(1 - 2\sqrt{k_{12}})^2 z}{k_{13}} \frac{z}{b_{кр}} + \omega t} \right), \quad (10)$$

где $\lambda_{кр}$ — удлинение крыла; $b_{кр}$ — средняя хорда крыла, м; $\text{Sh} = 2\pi f_i b_{кр}/U$; $\omega = 2\pi f_i$, рад/с.

Параметры $C^* = \sqrt{2}k_{12}$ и $D^* = \sqrt{(1 - 2\sqrt{k_{12}})^2/k_{13}}$ определены по графическим функциям в зависимости от значения y/δ (рис. 2). В рассматриваемом случае $y/\delta = 0,55$, отсюда $C^* = 0,98$; $D^* = 0,44$.

В условиях модельного аэродинамического эксперимента, соответствующего спектру A(f), представленному на рис. 1, исходными величинами, характеризующими поток, являются: средняя скорость потока $U_0 = 40$ м/с; относительная средняя скорость потока в месте установки датчика термоанемометра при толщине пограничного слоя

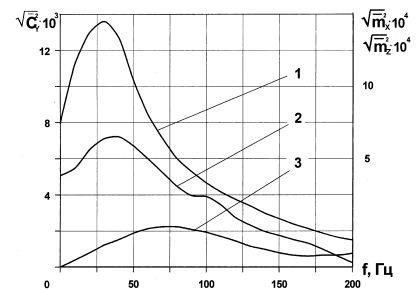


Рис. 3. Распределение средневластных величин пульсаций подъемной силы и моментов крыла по частотам: 1 — $\sqrt{C_y^2}$; 2 — $\sqrt{m_z^2}$; 3 — $\sqrt{m_x^2}$

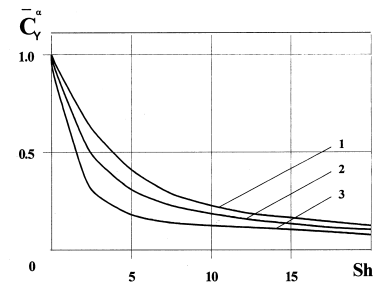


Рис. 4. Зависимость производной коэффициента подъемной силы крыла по углу атаки от числа Струаля: 1 — $\lambda = 4,0$; 2 — $\lambda = 10,0$; 3 — $\lambda = \infty$

$y/\delta = 0,55 - U/U_0 = 0,69$; среднее квадратичное значение продольных пульсаций скорости потока $\sqrt{\bar{u}_x^2}/U_0 = 0,054$; $\Delta f = 0,5$ Гц; $\alpha = 4,0$.

Для эксперимента было выбрано крыло прямоугольной формы в плане с геометрическими размерами, соответствующими модели лопасти гребного винта: $L_{кр}$ (размах) = 0,16 м; $b_{кр} = 0,04$ м; $\lambda_{кр} = 4,0$.

По приведенной методике рассчитывались ее основные АГДХ — пульсации коэффициентов подъемной силы $\sqrt{C_y^2}$, моментов крена $\sqrt{m_x^2}$ и тангажа $\sqrt{m_z^2}$.

Результаты расчетов, представленные в таблице и на рис. 3, показы-

Зависимость средних квадратичных моментно-силовых нагрузок крыла от характеристик набегающего потока							
Характеристика набегающего потока					Ср. кв. АГДХ крыла		
f, Гц	Sh	A, дБ	E, кВ(м/с)/Гц	$(\sqrt{\bar{u}^2})_0/U$	$\sqrt{C_y^2}$	$\sqrt{m_x^2} \cdot 10^2$	$\sqrt{m_z^2} \cdot 10^2$
0	0,00	88,0	0,0202	0,00251	0,00788	0,0085	0,0512
20	0,126	87,5	0,0180	0,00237	0,0129	0,0158	0,0652
40	0,251	87,0	0,0160	0,00224	0,0129	0,0213	0,0727
60	0,377	86,5	0,0143	0,00211	0,00853	0,0232	0,0611
80	0,502	86,0	0,0127	0,00200	0,00618	0,0206	0,0455
100	0,628	86,0	0,0127	0,00200	0,00471	0,0143	0,0394
120	0,754	85,5	0,0114	0,00188	0,00382	0,0093	0,0286
140	0,879	85,0	0,0101	0,00178	0,00318	0,0068	0,0208
160	1,003	85,0	0,0101	0,00178	0,00254	0,0078	0,0155
180	1,131	84,5	0,0090	0,00168	0,00192	0,0088	0,0109
200	1,256	84,0	0,008	0,00159	0,00153	0,0098	0,0044

вают распределение средних квадратичных значений $\sqrt{C_Y^2}$, $\sqrt{m_x^2}$, $\sqrt{m_z^2}$ по частоте f в диапазоне $0 \div 200$ Гц. Выявлено интенсивное падение значений коэффициентов $\sqrt{C_Y^2}$ и $\sqrt{m_z^2}$ с увеличением частоты по сравнению с относительно слабым падением величины $\sqrt{U^2}/U$ в указанном диапазоне изменения частоты f , что объясняется, главным образом, влиянием числа Струхала на величину обобщенной функции Сирса для крыльев конечного размаха [4].

Графические зависимости производной коэффициента подъемной силы C_Y^α от числа Струхала построены для крыльев различных удлинений в широком диапазоне значе-

ний $\lambda_{кр}$. Результаты исследований выявили существенное влияние удлинения крыла на его АГДХ: в частности, для рассмотренного варианта расхождение величин $C_Y^\alpha(\lambda_{кр} = \infty)$ и $C_Y^\alpha(\lambda_{кр} = 4,0)$ в диапазоне чисел Струхала $Sh = 0 \div 20$ достигает 35% (рис. 4).

На основании разработанной полуэмпирической методики определения пульсационных аэрогидродинамических характеристик крыльев созданы новый эффективный метод и компьютерная программа расчета спектров нестационарных моментно-силовых нагрузок на крыльевых элементах корабля, позволяющие проинвестировать достоверный их прогноз при

вибрации, колебаниях и взаимодействии крыла с турбулентным потоком.

Литература

1. Старцев С. Б., Семионичева Е. Я. Влияние неоднородности и нестационарности набегающего потока на аэрогидродинамические характеристики крыла // 2-я междунар. конф. по судостроению ISC'98. СПб., 1998.
2. Старцев С. Б. Гидроаэродинамические характеристики судовых крыльевых конструкций при нестационарном взаимодействии с потоком // Сб. трудов ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. 2000. Вып. 10(294).
3. Старцев С. Б. Создание компьютерной технологии расчета аэродинамики судовых крыльевых конструкций // Судостроение. 2001. № 4.
4. Старцев С. Б., Старцев Б. А. Решение проблемы расчета широкополосного гидродинамического шума от вибрации крыльевых конструкций корабля // Материалы научно-техн. конф. ВМА им. Н. Г. Кузнецова. СПб., 2001.



РОССИЙСКОМУ МОРСКОМУ РЕГИСТРУ СУДОХОДСТВА — 90 ЛЕТ

Российский морской регистр судоходства (РС) — международное классификационное общество, основанное в 1913 г.

В классе РС состоят 7545 судов, зарегистрированных под флагами более 40 государств. В структуру РС входят: Главное управление, расположенное в Санкт-Петербурге, 108 представительств и участков в России и за рубежом. Более 1500 высококвалифицированных специалистов обеспечивают выполнение всего спектра работ и услуг, находящихся в компетенции РС, и комплекса задач по обеспечению безопасности мореплавания, охраны человеческой жизни на море и предотвращения загрязнения окружающей среды.

РС является членом Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО), объединяющей 10 крупнейших классификационных обществ мира, в классе которых состоит более 90% мирового торгового флота. Признан ЕС. РС принимает активное участие в деятельности 24 рабочих групп ассоциации. Специалисты РС возглавляют три рабочие группы МАКО: по электрическому оборудованию, по остойчивости, делению на отсеки и грузовой марке, по контейнерам.

В период с мая 2001 г. по июль 2002 г. РС в третий раз возглавлял Совет МАКО.

В составе делегации Российской Федерации специалисты РС также участвуют в работе различных комитетов и подкомитетов Международной морской организации (ИМО) и Международной организации по стандартизации (ISO).

РС является ассоциированным членом Международной ассоциации независимых владельцев танкеров INTERTANKO, Международной ассоциации владельцев сухогрузных судов (INTERCARGO), Балтийского и Международного морского совета (BIMCO).

РС осуществляет классификацию морских судов и плавучих сооружений, а также техническое наблюдение по поручениям морских администраций различных стран за выполнением требований международных конвенций и выдачу соответствующих документов от имени администрации.

По поручению Морской администрации России и морских администраций 32 стран РС выполняет работы по сертификации систем управления безопасностью судоходных компаний и судов на соответствие требованиям Международного кодекса по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (МКУБ). Этот стандарт безопасности предполагает создание системы управления безопасностью для судоходных

компаний и предусматривает устранение влияния человеческого фактора на безопасную эксплуатацию судов. В разветвленной сети подразделений РС работают 238 экспертов по МКУБ, что позволяет оперативно выполнять сертификацию практически в любом порту мира.

В 2002 г. РС разработал для проектных организаций, верфей и судовладельцев новый программный комплекс ANCHORED STRUCTURES, предназначенный для выполнения расчетов статики и динамики плавучих заякоренных сооружений (плавучих буровых установок, стационарных платформ, буровых судов, плавучих кранов, плавучих доков, трубоукладчиков, барж и т. п.). Программный комплекс использует современные методики расчета нагрузок от ветра, течения, волнения и льда на корпус морского сооружения; методики нелинейного анализа статики и динамики плавучих сооружений, методики спектрального и вероятностного расчета движения сооружений с учетом шести степеней свободы.

РС уполномочен Правительством Российской Федерации осуществлять техническое наблюдение за проектированием, изготовлением и эксплуатацией большегрузных контейнеров в соответствии с международными нормами. С учетом этих требований в РС разработаны Правила по контейнерам. Выдаваемые РС сертификаты обеспечивают безопасное использование контейнеров и перевозку их морским, железнодорожным и автомобильным транспортом. РС выдает допущения на различные типы контейнеров (универсальные, изотермические контейнеры, контейнеры для сыпучих грузов, контейнеры-цистерны и т. д.). РС осуществляет техническое наблюдение за большегрузными контейнерами, контейнерами малой грузоподъемности и упаковками в соответствии с положениями Международного кодекса морской перевозки опасных грузов.

РС проводит сертификацию систем менеджмента качества, экологии и безопасности. РС аккредитован в системах ГОСТ Р, «Военный Регистр» и «Оборонсертифика» как орган по сертификации систем менеджмента.

РС проводит сертификацию промышленной продукции и производств. По заявке заказчика работы по сертификации продукции, производств и услуг выполняются одновременно в системах РС, ГОСТ Р, Госгортехнадзора и Госстроя России.

РС обладает уникальным опытом обеспечения высоких стандартов безопасности на промышленных предприятиях и на транспорте, сохранности материальных ценностей и защиты окружающей среды. □

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ СУДОВ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

Н. А. Ильин (ФГУП ЦМКБ «Алмаз»), Д. В. Жмурин
(ФГУП 1 ЦНИИ МО РФ)

УДК 629.566:623.827

За столетие зарегистрировано 170 аварий подводных лодок (ПЛ) в мирное время. По данным мировой статистики число аварий, повлекших за собой затопление ПЛ (укладку на грунт), составляет 2—3 в десять лет. Поэтому суда поисково-спасательного обеспечения флота должны быть в готовности к проведению операций по спасению экипажа затонувшей ПЛ.

Спасательные суда ВМФ России — судно-носитель спасательных глубоководных аппаратов «Рудницкий» (пр. 536) и спасательный буксир «Алтай» (пр. 1452) — оказались не готовы к аварийно-спасательным работам на атомной ПЛ «Курск», затонувшей 12 августа 2000 г. на глубине 108 м, когда погибли 118 человек.

Первое из них обеспечивает вывод подводников только из отсеков ПЛ с нормальным атмосферным давлением, так как на судне не предусмотрены барокамеры для декомпрессии и лечебной рекомпрессии спасенных подводников из отсеков с повышенным давлением, а подъем спасательного глубоководного аппарата (СГА) с поверхности воды на борт судна возможен только без людей внутри СГА. Судно не оборудовано средствами для выполнения водолазных глубоководных работ.

Спасательный буксир «Алтай» оснащен водолазным комплексом для работы на глубинах до 60 м, комплектом средств поддержания жизнедеятельности экипажа ПЛ, лежащей на грунте, а также средствами для оказания помощи аварийной ПЛ в надводном положении. Участие его в спасении экипажа «Курска» было минимальным, работы по обследованию состояния ПЛ проводились с помощью малогабаритного телеуправляемого подводного аппарата «Рапан».

Трагедия «Курска» всколыхнула весь мир. Страны НАТО стали уделять больше внимания проблеме спасения экипажей аварийных ПЛ.

С 21 по 30 мая 2002 г. страны НАТО провели совместное учение «Sorbet Royal-2002» по спасению экипажей аварийных ПЛ с участием наблюдателей от стран-партнеров, в том числе России. На учении в качестве «аварийных ПЛ» были подводные лодки (водоизмещением до 1100 т) Швеции, Дании, Норвегии и спасательные суда Франции, США, Великобритании, Дании, Норвегии, Швеции, Польши. Выполнение работ по оказанию помощи экипажу «аварийной ПЛ» осуществлялось в основном с помощью мобильных контейнеризованных технических средств: спасательных подводных аппаратов LR-5 (Великобритания), URF (Швеция), спасательного колокола SRC (США); контейнеров для передачи на ПЛ средств

жизнеобеспечения подводников; контейнеров с устройствами подачи сжатого воздуха в систему ВВД ПЛ и вентиляции ее отсеков; контейнеров с декомпрессионными барокамерами для спасенных подводников; контейнеров с жесткими нормобарическими скафандрами.

Целью учений стала проверка готовности спасательных сил НАТО к оказанию помощи аварийной ПЛ, лежащей на грунте, ознакомление с техническими средствами спасательных судов и выработка предложений по совершенствованию и унификации спасательных средств стран НАТО и их партнеров.

Основные тактико-технические характеристики наиболее эффективных спасательных судов подводных лодок (СС ПЛ) стран мира приведены в табл. 1.

В настоящее время в составе ВМС США находятся два СС ПЛ катамаранного типа — «Pigeon» (ASR-21) и «Ortolan» (ASR-22). На каждом из них размещены два СГА (DSRV — Deep Submergence Rescue Vehicle) и два глубоководных водолазных комплекса (ГВК) типа DDS МК-П, а также их спускоподъемные устройства (СПУ). Катамаранная (рис. 1) форма корпуса позволила обеспечить достаточную остойчивость, выделить свободную площадь палубы для проведения спасательных работ и разместить взлетно-посадочную площадку (ВПП) для вертолета. Для снижения волнового сопротивления корпусам судна придана асимметричная форма с меньшей кривизной внутренних обводов.

СГА размещаются на площадке между корпусами. Их спуск и подъем осуществляются через центральную шахту на специальной платформе при волнении моря до трех баллов. Все грузовые операции выполняются мостовым краном грузоподъемностью 75 т, который передвигается поперек судна, а выдвигаемые консоли обеспечивают вылет 5 м на любой борт, что позволяет принимать СГА на судно с причала. Шахта имеет сдвижное люковое закрытие.

Каждый ГВК состоит из двух декомпрессионных барокамер (ДК), приемно-выходного отсека (ПВО) и водолазного колокола (ВК). Два ГВК обеспечивают работу 12 водолазов методом насыщенных погружений на глубины до 300 м, а ПВО — стыковку с СГА

Таблица 1

Основные характеристики наиболее эффективных спасательных судов подводных лодок

Показатели	Наименование спасательного судна ПЛ, страна, год постройки (модернизации)						
	«Ortolan», США, 1972	«Anteo», Италия, 1980	«Challenger», Великобритания, 1979 (1984)	«Belos III», Швеция, 1980 (1992)	«Chihaya», Япония, 2000	«Chung Hal Jin», Южная Корея, 1995	«Эльбрус» пр. 537, Россия, 1980
Водоизмещение полное, т	4950	3200	7185	6150	6250	4370	13 360
Главные размерения, м:							
длина	76,5	98,4	134,1	104,9	128,0	102,8	175,0
ширина	26,2	15,8	18,0	18,0	20,0	16,4	25,1
осадка	6,5	5,1	5,5	5,1	5,1	4,6	6,7
Скорость хода, уз	15	20	15	14	21	18	20
Дальность плавания, миль (при скорости, уз)	8500 (13)	4000 (14)	8500 (10)	8000 (12)	8000 (•)	9500 (13)	15 000 (10)
Экипаж, чел.	195	121	186	60	125	130	312
Тип энергетической установки (ЭУ)	ДУ	ДЭУ	ДЭУ	ДЭ	ДУ	ДУ	ДЭУ
Мощность ЭУ, л. с.	6000	8100	6000	8000	19 500	11 800	18 600
Количество валов, шт.	2	2	2	2	2	2	2
Тип двигателя	ВРШ	ВФШ	ВРШ	ВРШ	ВФШ	ВРШ	ВРШ
Система удержания над местом работ	ГЯУ	ГЯУ	СДП	СДП	СДП	СДП и ГЯУ	СДП и ГЯУ
Спасательные средства:							
СГА(РПА)	2DSRV	1SRV-300	1LR-5	1URF	1DSRV	1DSRV	2СГА (РПА-500)
СК	1 на 260 м	1 на 250 м	—	—	—	—	—
ГВК	ГВК-300	ГВК-250	ГВК-300	ВДК-60	ГВК-300	ГВК-300	ГВК-200
ВК	2	1	1	—	1	1	1
ДК(ПВО)	4(3)	2(2)	2(2)	3(1)	3(2)	3(2)	3(2)
ОПА	•	•	Tums-6000 м	Mantis-760 м	•	•	ОПА-2000 м
Тип СПУ	Мостовой кран	Кормовое А-образное	Кормовое А-образное	Кормовое А-образное	Мостовой кран	Кормовое А-образное	Мостовой кран
Грузоподъемность СПУ, т	50	30	30	50	50	30	100

Примечание. ГЯУ — глубоководное якорное устройство, СДП — система динамического позиционирования, СК — спасательный колокол, ОПА — обитаемый подводный аппарат.

и с ВК для перехода в ДК спасенных подводников и водолазов.

Спасательное судно «Anteo» ВМС Италии является многоцелевым. На нем установлен СГА SRV-300, спуск и подъем которого осуществляется кормовым А-образным СПУ грузоподъемностью 30 т. Судно оборудовано ГВК для насыщенных погружений девяти водолазов на глубины до 250 м. Кроме этого, на судне размещены спасательный колокол и жесткий нормобарический скафандр, спуск и подъем которых обеспечивается судовым краном грузоподъемностью 15 т, буксирное устройство, средство подачи сжатого воздуха на аварийную ПЛ, противопожарная система и средства водоотлива. В кормовой части надстройки расположен ангар и ВПП для вертолета типа АВ-212 «Sikorsky».

Судно «Challenger» ВМС Великобритании предназначено для по-

иска и обследования объектов на глубинах до 6000 м, выполнения водолазных работ на глубинах до 300 м, спуска и подъема объектов при выполнении подводных работ.

Выполнение поисково-обследовательских операций на глубинах до 6000 м осуществляется необитаемым буксируемым подводным аппаратом (ПА) «Tums», который состоит из двух модулей: промежуточной платформы (заглубителя), соединенной с судном посредством трос-кабеля длиной около 11 000 м и самоходного аппарата с нейтральной плавучестью, соединенного с платформой трос-кабелем длиной 30 м. При спуске аппарат находится на платформе, а при подходе к месту работы выводится из заглубителя. Поиск подводных объектов ведется при буксировке «Tums» в режиме «висения» аппарата. Подводные работы выполняются с помощью манипуляторов. «Tums»

снабжен гидролокаторами бокового обзора, фотокамерами, средствами управления перемещением по горизонтали и вертикали. С его помощью можно опознавать, классифицировать и поднимать объекты с грунта. СПУ — А-образная кран-балка, установленная в корме судна.

Для выполнения водолазных работ на глубинах до 300 м в средней части судна установлен ГВК в составе двух жилых барокамер, каждая на четырех человек, ПВО и ВК на трех водолазов.

При необходимости, на судно вместо «Tums» может устанавливаться СГА типа LR-5.

Для подъема объектов с грунта предусмотрен электрический кран грузоподъемностью 25 т. На кормовой надстройке расположена ВПП для вертолета типа «Sea King».

Спасательное судно «Belos-III» (прежнее название «Energy Supported»)

построено в 1980 г. как судно обеспечения подводно-технических работ на шельфе. В 1988 г. оно было приобретено ВМС Швеции, а в 1992 г. модернизировано (рис. 2). На судно установили СГА «Urf» с кормовым А-образным СПУ грузоподъемностью 50 т и ПВО для стыковки с ДК для размещения спасаемых подводников и проведения их декомпрессии после пребывания в отсеках ПЛ с повышенным давлением. Спуск и подъем СГА осуществляется при волнении моря до трех баллов.

СС ПЛ «Belos-III» может на период спасательных работ принимать на борт СГА LR-5 или спасательный колокол SRC в мобильном варианте. Для их стыковки с ПВО предусмотрено переходное устройство.

Для проведения обследовательских и подводно-технических работ на судне предусмотрены: обитаемый ПА «Mantis» с глубиной погружения 760 м и необитаемый телевизионный ПА «Sea Owl» с глубиной работ до 250 м, спуск и подъем которых осуществляется соответственно бортовым СПУ и грузовым краном.

В ВМС Японии решение задачи спасения экипажей аварийных ПЛ возложено на оперативные соединения ПЛ, в которые входят и спасательные суда «Chihaya» (рис. 3) и «Chioda».

Они построены как многоцелевые спасательные суда, оснащенные не только средствами для оказания помощи аварийной ПЛ, лежащей на грунте, но и противопожарными и водоотливными системами. В развитой надстройке на первом ярусе располагается эллинг для СГА, в средней части — СПУ мостового типа, в корме — ВПП для вертолета типа МН-53. Спуск и подъем СГА осуществляется на плат-



Рис. 1. Спасательное судно ПЛ «Ortolan» ВМС США



Рис. 2. Спасательное судно ПЛ «Belos-III» ВМС Швеции

форме через шахту в корпусе судна при волнении моря до четырех баллов.

Оба судна оснащены ГVK для выполнения насыщенных погружений водолазов на глубины до 300 м. Каждый ГVK состоит из трех барокамер, двух ПВО для посадки СГА и ВК на трех водолазов.

Многоцелевое спасательное судно «Chung Hal Jin» (рис. 4) вступило в состав ВМС Южной Кореи в 1996 г. Оно предназначено для спасения экипажей аварийных ПЛ, проведения подводных работ, использования в качестве госпитального судна и транспорта для передачи топлива в море.

На судне установлен один СГА типа LR-5. Его спуск и подъем осуществляется кормовым А-образным СПУ при волнении моря до трех баллов. Буксирная лебедка установлена в кормовой надстройке, на крыше которой размещается ВПП для вертолета. В кормовой части у каж-

дого борта расположен электрогидравлический грузовой кран.

Судно оснащено ГVK в составе 3 ДК, 2 ПВО и 1 ВК с СПУ шахтного типа. ГVK обеспечивает работу девяти водолазов на глубинах до 300 м методом насыщенных погружений.

Многоцелевое СС «Эльбрус» пр. 537 (рис. 5) предназначено для поиска аварийных ПЛ, лежащих на грунте, и вывода из них экипажа, оказания помощи аварийным надводным кораблям и ПЛ в надводном положении, тушения пожаров, поддержания их на плаву и буксировки, обследования подводных объектов на глубинах до 2000 м. На судне предусмотрены ВПП для вертолета и ангар.

Для вывода подводников и проведения работ на глубинах до 500 м предусмотрены два спасательных аппарата и рабочий ПА, а также глубоководный ПА с глубиной погружения до 2000 м. Для декомпрессии спасенных подводников предусмотрен комплекс ДК, рассчитанный на 80 чел. Спуск ПА на воду и подъем обеспечивается при волнении моря до пяти баллов посредством выдвигного мостового крана грузоподъемностью 100 т. На судне установлен ГVK для работы водолазов на глубинах до 200 м методом кратковременных погружений (возможна модернизация его для насыщенных погружений на глубины до 250 м).

Другие государства, ВМС которых имеют в своем составе подводные лодки, также имеют СС ПЛ: Индия — СС ПЛ «Nireekshak», Китай — три СС ПЛ типа «Daiang» и т. д.

Типовая спасательная операция для ПЛ, лежащей на грунте, предполагает:



Рис. 3. Спасательное судно ПЛ «Chihaya» ВМС Японии



Рис. 4. Многоцелевое спасательное судно ПЛ «Chung Hal Jin» ВМС Южной Кореи

Таблица 2

Основные характеристики спасательных глубоководных аппаратов

Показатели	Тип или название СГА, страна, год постройки						
	DSRV, США, 1972	URF, Швеция, 1979	LR-5, Великобри- тания, 1978	DSRV, Япония, 1985	SRV-300, Италия, 1999	DSRV, Китай, 1986	«Ремога»*, Австралия, 1995
Глубина погружения, м	500	460	420	600	600	600	610
Водоизмещение, т	37,8	52,0	21,5	40,0	27,5	36,0	20,6
Основные размерения, м:							
длина	15,2	13,5	10,0	12,4	8,5	15,0	6,1
ширина	2,4	4,1	2,8	3,2	•	•	2,4
высота	3,6	4,3	2,8	4,3	•	•	3,9
Количество отсеков	3	4	2	3	2	3	1
Скорость подводного хода, уз	4,0	3,0	5,0	4,0	•	4,0	4,0
Автономность, ч:							
по запасам электроэнергии	12	10	14	•	•	•	—
по запасам жизнеобеспечения	40	40	140	30	•	•	—
Численность экипажа, чел.	3	5	2	2	2	4	2
Численность спасенных подводников за один рейс, чел.	24	25	16	12	12	22	12–16
Дальность плавания, миль	36	20	13	12	12	10	На длину кабель-троса

* СГА «Ремога» — привязной спасательный аппарат, управляемый по кабелю с судна.

- поиск, обнаружение и обозначение ПЛ;
- установление связи СС ПЛ с экипажем ПЛ;
- обследование положения аварийной ПЛ на грунте, очистку от посторонних предметов и ремонт спасательных устройств ПЛ (комингс-площадок, спасательных люков, торпедных аппаратов, «эпроновских» выгородок);
- вывод подводников из ПЛ с помощью СГА при давлении в отсеках 0,1–0,6 МПа и транспортировку их в декомпрессионные барокамеры СС ПЛ;
- проведение декомпрессии и лечебной рекомпрессии спасенных подводников;

- поддержание жизнедеятельности подводников в отсеках ПЛ (передачу контейнеров с пищей, медикаментами, спасательным снаряжением);
 - подачу сжатого воздуха в систему ВВД ПЛ, продувку цистерн главного балласта, вентиляцию отсеков, а также передачу на ПЛ электроэнергии.
- Из этого перечня типовых работ очевидно, что главным средством спасения экипажа ПЛ является СГА. Основные характеристики современных СГА приведены в табл. 2.
- С целью сокращения расходов на содержание значительного количества СС ПЛ в странах НАТО признано целесообразным использовать мобильные спасательные сред-

ства, позволяющие обеспечить быструю доставку их к месту аварии ПЛ в любую точку Мирового океана в ограниченное время. Наиболее совершенной подобной системой обладают ВМС США. Эта система соответствует глобальной стратегии действий ПЛ ВМС США. Ключевым ее звеном является DSRV и спасательный колокол SRC.

Система состоит из трех основных элементов: находящегося в Сан-Диего (шт. Калифорния) мобильного подразделения глубоководных спасательных средств; средств их транспортировки в ближайший к месту аварии порт или базу; судов-носителей, которые обеспечивают доставку спасательных средств к месту про-



Рис. 5. Многоцелевое спасательное судно ПЛ «Эльбрус» пр. 537 ВМФ России



Рис. 6. Установка DSRV «Mystic» на ПЛ типа «Los-Angeles»



Рис. 7. Спасательный буксир «Safequard» ВМС США



Рис. 8. СГА LR-5 ВМС Великобритании

ведения спасательной операции и их использование.

Указанное подразделение располагает: двумя DSRV «Mystic» и «Avalon» (проходит модернизацию), обеспечивающими вывод подводников из аварийной ПЛ, лежащей на грунте на глубинах до 600 м, тремя автономными обследовательскими ПА DSV «Alvin», «Turtle» и «Sea Cliff» для проведения работ на глубинах до 6000 м, двумя спасательными колоколами для спасательных работ на глубинах до 260 м, а также необитаемыми телеуправляемыми подводными аппаратами типа «Scorpio-45».

Концепция проведения спасательных работ предполагает, что один DSRV и один SRC постоянно находятся в 24-часовой готовности к погрузке в самолет ВВС США типа С-5 и С-141 на авиабазе Норт-Айленд (Сан-Диего). Предполагается, что они могут быть доставлены в район аварии ПЛ в течение 36—48 ч с момента получения первого сообщения об аварии ПЛ.

В качестве судов-носителей используются дооборудованные ПЛ — MOSUB (Mother Submarine), два СС ПЛ типа «Ortolan», а также арендуемые суда гражданских ведомств — MOSHIP (Mother Ship), приспособленные к размещению мобильных спасательных средств.

В качестве MOSUB — носителей DSRV оборудованы восемь ПЛ типа «Los-Angeles» и «Sturgeon» (рис. 6). Районы их базирования и уровень готовности определяются командующими соединениями ПЛ. Кроме того, могут быть задействованы четыре ПЛ ВМС Великобритании типа «Vanguard» и одна—две ПЛ Франции типа «L'Inflexible».

Доставка SRC может обеспечиваться спасательными буксирами типа «Safequard» (рис. 7) и коммерческими судами, сертифицированными для этой цели — VOO (Vessel of Opportunity). Соглашение на сертификацию обычно ограничивает рай-

он базирования судна, в пределах которого оно может использоваться по своему функциональному назначению, и определяет условия его привлечения к спасательным операциям, проводимым ВМС.

Система спасения экипажей аварийных ПЛ ВМС Великобритании использует американский DSRV с MOSUB, а также коммерческий аппарат LR-5 (рис. 8), построенный фирмой Slingsby Ltd и эксплуатируемый фирмой Rumic Ltd в основном в невоенных целях. Условия участия фирмы Rumic Ltd в спасении экипажей ПЛ и учениях определяются контрактом с ВМС Великобритании. СГА LR-5 базируется в г.Ренфрю на западном побережье Шотландии, находится в 12-часовой готовности и может транспортироваться в район погрузки на MOSHIP на трейлере или транспортных самолетах С-5, С-130, С-141 и Ан-124.

ВМС Великобритании реализуют ту же спасательную концепцию, что и ВМС США. Для доставки спасательных средств к месту аварии ПЛ используются вспомогательные суда ВМС Великобритании и союзных стран, а также коммерческие суда VOO. Для работы с СГА LR-5 дооборудованы киллекторные суда типа «Salmoog». СГА размещается в носовой части судна и спускается краном грузоподъемностью 25 т. Судно снабжено краном подъемным устройством для подъема на поверхность затонувших объектов массой до 200 т.

В качестве MOSHIP используются суда обеспечения подводно-технических работ. Так, например, в августе 2000 г. в Баренцевом море при проведении спасательной операции на ПЛ «Курск» СГА LR-5 использовался с норвежского судна «Normand Pioneer» (рис. 9). LR-5 самолетом Ан-124 был доставлен в норвежский порт Киркенес, куда было отозвано это судно, находившееся около нефтегазодобывающей платформы в Северном море. Доставка LR-5 к месту

катастрофы в общей сложности потребовала около 48 ч.

Спасение экипажей аварийных французских ПЛ предусмотрено с помощью MOSUB ВМС США, а также с привлечением спасательных сил НАТО. Кроме того, ВМС Франции располагает мобильным водолазным подразделением CISMER, базирующемся в Тулоне. В его состав до середины 90-х годов входило спасательное судно «Triton».

В 1995 г. в ВМС Австралии была принята глубоководная система «Remoga» для спасения экипажей ПЛ. В состав ее входят: привязной СГА, две ДК на 31 чел. каждая и А-образное СПУ с грузовыми лебедками. Все оборудование хранится в центре базирования ПЛ (г. Стирлинг). Оно размещено в стандартных морских контейнерах и находится в 12-часовой готовности к погрузке и транспортировке автомобильным, железнодорожным и авиационным транспортом к месту базирования судна-носителя.

В качестве штатных судов-носителей используются два спасательных судна «Seahorse Standart» (рис. 10) и «Seahorse Spirit», базирующиеся на южном и западном побережье Австралии. Эти суда были построены в 1980 г. в Канаде как судна-снабженцы морских буровых платформ, а в 1998 г. дооборудованы для приема системы «Remoga» — в кормовой части палубы установлены фундаменты и устройства для крепления ее составных частей.

ВМС государств, не имеющие спасательных средств, как правило, ориентируются на поддержку ВМС союзных государств или помощь в соответствии с двусторонними и многосторонними соглашениями, заключаемыми на государственном уровне. Например, в настоящее время ВМС США имеют 18 соглашений с членами НАТО и целым рядом государств Среднего и Дальнего Востока о взаимодействии при проведении спасательных операций.

Необходимо отметить, что практически все СГА стран НАТО эксплуатируются более 20 лет, в ближайшее время планируется их вывод из состава ВМС. По мнению зарубежных специалистов основой новой системы должны стать мобильные контейнерные спасательные средства, которые могут быть экстренно доставлены в район аварии ПЛ.

ВМС США предполагают внедрить в 2005 г. новый спасательный комплекс SRDRS (Submarine Rescue Diving and Recompression System), состоящий из четырех контейнерных модулей, в которых находятся:

- жесткий нормобарический скафандр типа «New Suit» для выполнения работ на глубинах до 610 м;

- две транспортируемые барокамеры SDS (Submarine Decompression System) для размещения 62 спасаемых подводников при давлениях до 1 МПа;

- самоходный спасательный колокол или привязной спасательный аппарат на 16 спасаемых подводников с глубиной погружения до 700 м, который может герметично присоединяться к декомпрессионным барокамерам — PRMS (Pressurized Rescue Module System);

- грузовая лебедка LARS (Launch and Recovery System) для спуска и подъема колокола или спасательного аппарата.

Система SRDRS будет предположительно иметь суммарную массу около 175 т. Требуемая площадь открытой палубы для ее развертывания должна составлять не менее 250 м². В качестве временных носителей планируется использовать военные океанские буксиры типа «Powhatan».

Перспективная система спасения экипажей аварийных ПЛ европейских стран НАТО NSRS предусматривает использование на начальном этапе СГА LR-5 или SRV-300 с последующей заменой новым СГА и системой, подобной SRDRS. Она должна вступить в действие после 2005 г. и сопрягаться со спасательным комплексом SRDRS.

Мобильные системы SRDRS и NSRS будут использоваться как с СС ПЛ, спасательных буксиров типа «Powhatan», так и с коммерческих



Рис. 9. Судно обеспечения подводно-технических работ «Normand Pioneer» Норвегии



Рис. 10. Спасательное судно «Seahorse» ВМС Австралии

судов ВОО, оказавшихся в районе аварии ПЛ. Основные требования к судам ВОО: наличие системы динамического позиционирования; возможность приема на палубу груза не менее 200 т; площадь открытой кормовой палубы около 300 м².

Анализ операции на атомной ПЛ «Курск» и результатов учений стран НАТО, а также возможностей спасательных судов ПЛ и спасательных средств позволяет оценить состояние и перспективы развития поисково-спасательного обеспечения (ПСО) подводного флота:

1. Уровень развития СС ПЛ и спасательных средств, размещаемых на них, значительно отстает от требований ПСО подводного флота. Появление атомных ПЛ с увеличенной глубиной погружения до 600 м и более, рост их водоизмещения, плавание их во всех районах Мирового океана во всепогодных условиях значительно усложнили задачу спасения экипажа аварийной ПЛ, лежащей на грунте.

2. При зональной организации ПСО подводного флота, особенно там, где слабо развито судоходство (моря Северного Ледовитого океана), безопасность плавания ПЛ должна обеспечиваться спасательными судами ПЛ. При глобальной организации ПСО ПЛ необходимо создание мобильных спасательных средств в контейнерном исполнении и средств экстренной доставки их в район аварии ПЛ.

3. Учитывая вероятность аварий ПЛ (2—3 случая в 10 лет), возникает проблема загрузки СС ПЛ, т. е. эти суда должны иметь двойное назначение: СС ПЛ и буксирное, противопожарное судно; СС ПЛ и судно для выполнения подводно-технических работ на морских буровых платформах, СС ПЛ и гидрографическое, научно-исследовательское судно.

4. Основными средствами спасения экипажа аварийной ПЛ, лежащей на грунте, на СС ПЛ являются спасательный глубоководный аппарат и глубоководный водолазный комплекс для насыщенных погружений водолазов или рабочий подводный аппарат с манипуляторами. При этом наблюдается тенденция внедрения жестких нормобарических скафандров.

5. Совершенствование СС ПЛ должно быть направлено на внедрение конструктивных решений, накопленных при строительстве и эксплуатации судов подводно-технических работ, используемых на морских нефтегазовых промыслах, повышение эффективности системы динамического позиционирования, увеличение глубины спасательных работ.

6. Поисково-спасательное обеспечение ВМС США и стран НАТО строится на принципе глобального использования спасательных сил — создания мобильных спасательных средств, позволяющих обеспечить быструю доставку их в любой район Мирового океана в ограниченное время.

7. Важным элементом решения сложной задачи спасения экипажа аварийной ПЛ, лежащей на грунте, является сотрудничество государств, обладающих спасательными средствами: создание договорной базы об оказании помощи аварийным ПЛ; унификация присоединительных размеров спасательных устройств ПЛ, спасательных глубоководных аппаратов, приемно-выходных отсеков барокамер, средств подачи в аварийную ПЛ сжатого воздуха, электроэнергии и контейнеров с пищей, медикаментами и дыхательными аппаратами; организация совместных учений спасательных сил по оказанию помощи аварийной ПЛ, лежащей на грунте, и обмен опытом.

АТОМНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЛЕДОКОЛОВ XXI ВЕКА

В. А. Кузнецов, канд. техн. наук (ГМА им. адмирала
С. О. Макарова)

УДК 629.561.5:621.039

Ряд предложений автора данной статьи, связанных с созданием атомных ледоколов нового поколения, имеют дискуссионный характер, поэтому редакция приглашает специалистов принять участие в их обсуждении на страницах журнала.

За 40 лет эксплуатации атомные ледоколы (АЛ) продемонстрировали достаточно высокую надежность, радиационную и экологическую безопасность и доказали, что эффективное использование Северного морского пути без них невозможно.

На большинстве АЛ выработан или близок к этому проектный ресурс основного оборудования (100 000 ч). Проводятся работы по продлению ресурса до 150—175 тыс. ч, но даже в этом случае после 2015 г. в работе останется два—три ледокола, включая строящийся АЛ «50 лет Победы». В настоящее время обсуждаются проработки ледоколов нового поколения: ледокола-лидера мощностью на гребных валах 110 МВт и универсального двухосадочного ледокола мощностью 60 МВт. Целесообразность создания двухосадочного ледокола, по мнению автора, весьма дискуссионна, поэтому вопрос о выборе типа ледоколов нового поколения в статье не рассматривается.

На АЛ типа «Арктика» — «Россия» используются двухреакторные атомные паропроизводящие установки (АППУ), а на АЛ типа «Таймыр» и лихтеровозе «Севморпуть» — однореакторные. На всех ледоколах АППУ блочные, которые практически одинаковы и созданы на базе водо-водяных реакторов, разработанных для подводных лодок. При проектировании атомных энергетических установок (АЭУ) для подводных лодок, в силу специфики размещения, главными требованиями являются создание АППУ с минимально возможными массогабаритными показателями и использование простейших паротурбинных установок (ПТУ). Это неизбежно ведет к высокой энергонапряженности оборудования и низкому КПД. Даже частичное использование такого подхода к проектированию АЭУ привело к чрезвычайно низкому КПД АЭУ — 18% на АЛ типа «Арктика». Напряженность активных зон (АЗ) при номинальной мощности 171 МВт и объеме АЗ 0,735 м³ достигает 230 МВт/м³ по сравнению со 110 МВт/м³ в стационарном реакторе ВВЭР-1000 и 40—50 МВт/м³ в проектах зарубежных судовых реакторов.

Низкий КПД АЭУ и высокая энергонапряженность АППУ являются основными,

принципиальными недостатками построенных ледокольных АППУ, которые должны быть устранены в установках ледоколов нового поколения. Для этого требуется пересмотр приоритетов при проектировании АЭУ.

Главными требованиями должны стать: достижение как можно более высокого КПД АЭУ при сохранении и даже повышении надежности, ресурса, радиационной и экологической безопасности;

максимально возможное снижение строительно-монтажной стоимости АЛ и эксплуатационных расходов;

снижение энергонапряженности АЗ и повышение за счет этого энергозапаса АЗ до значений, обеспечивающих перегрузку топлива один—два раза за весь срок службы ледокола;

уменьшение массы и габаритов оборудования АЭУ, но в пределах, не наносящих заметного ущерба трем первым требованиям.

Требования противоречивы, и оптимальное решение может быть найдено только при комплексном подходе к проектированию основных составляющих АЭУ: АППУ, ПТУ, электроэнергетической установки (ЭЭУ) и гребной электрической установки (ГЭУ).

Под КПД АЭУ понимается отношение мощности на гребных валах N_v к суммарной тепловой мощности реакторов Q_p :

$$\eta_{\text{АЭУ}} = \frac{N_v}{Q_p} = \eta_{\text{АППУ}} \eta_{\text{ПТУ}} \eta_{\text{ГЭУ}}, \quad (1)$$

где $\eta_{\text{АППУ}} = Q_{\text{пр}}/Q_p$ — КПД АППУ; $\eta_{\text{ПТУ}} = N_{\text{фт}}/Q_{\text{пр}}$ — КПД ПТУ+ЭЭУ; $\eta_{\text{ГЭУ}} = N_v/N_{\text{фт}}$ — КПД ГЭУ; $Q_{\text{пр}}$ — тепло, переданное рабочему телу II контура в парогенераторах (ПГ); $N_{\text{фт}}$ — суммарная мощность на фланцах главных турбин.

Основным показателем теплотехнической экономичности АЭУ является стоимость единицы работы на валах (руб./ (МВт·сут)) за календарный срок службы АЗ в сутках $T_k = \sum t_i$

$$C = \frac{S_o - S_{\text{om}}}{\sum_i Q_p^i \eta_{\text{АЭУ}}^i t_i}, \quad (2)$$

где S_o — стоимость новой АЗ, руб.; S_{om} — стоимость отработанной АЗ за вычетом расходов на перезарядку реактора, хранение, транспортировку, переработку отработанного топлива, захоронение отходов, руб.; t_i — продолжительность работы на мощности Q_p^i при соответствующем КПД $\eta_{АЭУ}^i$, сут.

За время T_k энерговыработка в реакторах будет равна $\sum Q_p^i t_i = \sum (N_b^i / \eta_{АЭУ}^i) t_i$, МВт-сут. При этом масса (в кг) накопленных в АЗ осколков деления составит

$$G_{од} = 1,045 \cdot 10^{-3} \sum \frac{N_b^i}{\eta_{АЭУ}^i} t_i, \quad (3)$$

а расход урана-235 (без учета образования и деления плутония-239) будет равен (кг)

$$\Delta G_5 = (1,2 \dots 1,25) G_{од}. \quad (4)$$

Среднее удельное накопление осколков деления в топливной матрице составит (г/см³)

$$\bar{g}_{од} = \frac{10^3 G_{од}}{V_{tm}}, \quad (5)$$

где V_{tm} — суммарный объем топливной матрицы в АЗ, см³.

Удельное накопление осколков, точнее его максимальное значение $g_{од}^{max}$, — основной фактор, определяющий продолжительность работы АЗ до начала разгерметизации оболочек тепловодящих элементов (ТВЭЛ). Следовательно, энерговыработка $\sum Q_p^i t_i$, при которой достигается $g_{од}^{max}$, при некотором объеме $V_{tm} \sim V_{АЗ}$, определяет энергозапас АЗ $W = Q_p^{ном} T_{эф}$, продолжительность кампании в эффективных сутках $T_{эф}$ и периодичность перегрузок реакторов.

Как видно из формул (1)–(5), стоимость единицы работы на гребных винтах, а значит топливная составляющая в эксплуатационных расходах, расход урана, количество образованных осколков деления и даже энергозапас АЗ при их заданном объеме, обратно пропорциональны КПД АЭУ.

Уменьшение расхода урана ведет к пропорциональному уменьшению радиоактивных отходов на всех этапах топливного цикла — от добычи урана до захоронения отходов, т. е. оказывает непосредственное влияние на радиационную и эко-

логическую безопасность атомной энергетики.

Автором были выполнены исследования и расчеты для судовой АЭУ мощностью 90 МВт на гребных винтах (что дает возможность достаточно хорошо экстраполировать результаты на мощности 60–110 МВт), которые позволяют вынести на обсуждение предложения по оборудованию, тепловым схемам и параметрам АЭУ нового поколения с учетом опыта действующих АЭУ.

Результаты расчетов сравниваются с соответствующими показателями АЭУ мощностью 90 МВт, имеющей параметры и схемы, принятые на АЛ «Арктика», КПД которой равен 18,1%.

Гребная электрическая установка. Рекомендуется ГЭУ (рис. 1) на переменном-переменном токе (6,3 кВ, 50 Гц), которая более 12 лет работает на АЛ типа «Таймыр», имеет высокий КПД ($\eta_{ГЭУ} = 0,95$), доказала высокую надежность и простоту техобслуживания по сравнению с ГЭУ на переменном-постоянном токе АЛ «Арктика» ($\eta_{ГЭУ} = 0,89$). Достоинства ГЭУ на переменном-переменном токе состоят не только в повышении КПД АЭУ на 6%, но и открывают возможности создания единой ЭЭУ, исключения из состава АЭУ вспо-

могательных турбогенераторов (ВТГ), перевода всех турбоприводных механизмов на электропривод, питаемый от наиболее экономичных главных турбогенераторов (ГТГ).

Использование электропривода приводит к дополнительному повышению КПД АЭУ, снижению стоимости строительно-монтажных работ, технического обслуживания и ремонта, упрощению систем управления.

Электроэнергетическая установка. Единая ЭЭУ атомного ледокола «Таймыр» обеспечивает питание от двух ГТГ через два главных распределительных щита (ГРЩ) (440 В, 50 Гц) всех потребителей судна, кроме потребителей АППУ, которые питаются от двух ВТГ и собственных щитов. Исключение ВТГ из состава АЭУ ведет к упрощению, снижению массы, габаритов, стоимости строительно-монтажных работ ЭЭУ, однако формально входит в противоречие с требованием Российского морского регистра судоходства о питании потребителей АППУ от двух независимых, электрически не связанных источников питания. Это требование важно в случае использования высоконапряженных АЗ и блочных АППУ, не обеспечивающих работу на мощности в режиме естественной циркуляции, т. е. не допускающих перерыва в принудительной циркуляции теплоносителя.

Для рекомендуемых к использованию в новых АЭУ моноблочных реакторов с низковольтными АЗ, способными работать в режиме естественной циркуляции до мощности 30–40% номинальной и более, требование о двух независимых источниках питания может быть, по мнению автора, снято. Однако схема должна обеспечивать бесперебойность электропитания в аварийных ситуациях всех потребителей. Это достигается использованием на щите ГЭУ быстродействующего автомата взрывного действия (как на АЛ «Таймыр»), резервных и аварийных дизель-генераторов (ДГ), обеспечивающих запуск и принятие нагрузки за 8–10 с, использованием двух двухкорпусных ГТГ, имеющих время парового выбега в несколько раз более длительное, чем у ВТГ.

Для питания систем управления и контроля требуется небольшая мощность, но высокое качество электроэнергии, которое может быть обеспечено электромашинными пре-

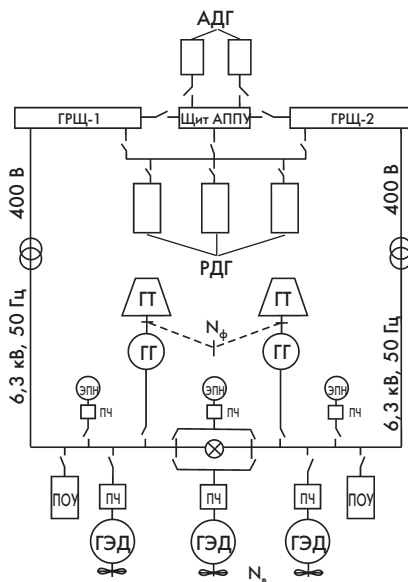


Рис. 1. Расчетная схема ГЭУ + ЭЭУ:
 АДГ, РДГ — аварийный и резервный дизель-генераторы; ГГ — главный генератор; ГРЩ — главный распределительный щит; ГТ — главная турбина; ГЭД — гребной электродвигатель; ПОУ — пневмоомывающее устройство; ПЧ — преобразователь частоты; ЭПН — электропитательный насос

образователями, питаемыми от ГРЩ АППУ; в аварийных режимах могут использоваться аккумуляторы или инерционные накопители энергии, навешенные на ПГГ.

Наиболее мощные вспомогательные потребители (2–3 МВт) питаются от сети напряжением 6,3 кВ. Резервные ДГ должны иметь суммарную мощность порядка 10–15% N_b для обеспечения аварийного хода ледокола и энергоснабжения всех потребителей судна.

При расчетах были приняты КПД гребных электродвигателей (ГЭД) $\eta_{гд} = 0,98$, преобразователей частоты $\eta_{пч} = 0,99$, ГГ $\eta_{гг} = 0,98$, трансформаторов $\eta_{тр} = 0,97$, оценены расходы энергии на АППУ, ПТУ, судовые потребители (около 9,5–10,5 МВт). Тогда для ледокола с $N_b = 90$ МВт требуется две главные турбины (ГТ) с мощностями на фланцах по 52–53 МВт.

Паротурбинная установка (рис. 2). КПД ПТУ оказывает решающее влияние на КПД АЭУ. В отличие от ПТУ ледокола «Арктика», в которой используются однокорпусные ГТ ($P_0 = 2,5$ МПа, $t_0 \approx 300$ °С, $P_x = 7$ кПа, $\eta_{oi} \approx 0,75$), в новых установках предлагается использовать двухкорпусные ГТ с промежуточной сепарацией пара между турбинами высокого и низкого давления (ТВД и ТНД), с двумя регенеративными отборами пара и со смешанным дроссельно-сопловым способом регулирования мощности ($\eta_{oi} = 0,8...0,81$). Такие ГТ используются на лихтеровозе «Севморпуть» ($P_0 = 3,3$ МПа, $t_0 = 285$ °С) и за 14 лет доказали свою надежность, включая маневровые режимы работы.

Все насосы должны иметь электропривод, а главные питательные насосы и циркуляционные насосы забортной воды главных конденсаторов — частотное регулирование оборотов. Тепловая схема проста и не требует особого описания. При мощностях выше 30–35% номинального режима на свежем паре работает только ГТ и пароструйные эжекторы. ПГ низкого давления (ПГНД) и испарительные установки (ИУ) питаются паром (соответственно из второго и первого отборов) и только на мощностях менее 30–35% переводятся на питание свежим паром. Установленный за вторым подогревателем питательной воды (ППВ-2) дополнительный подогреватель

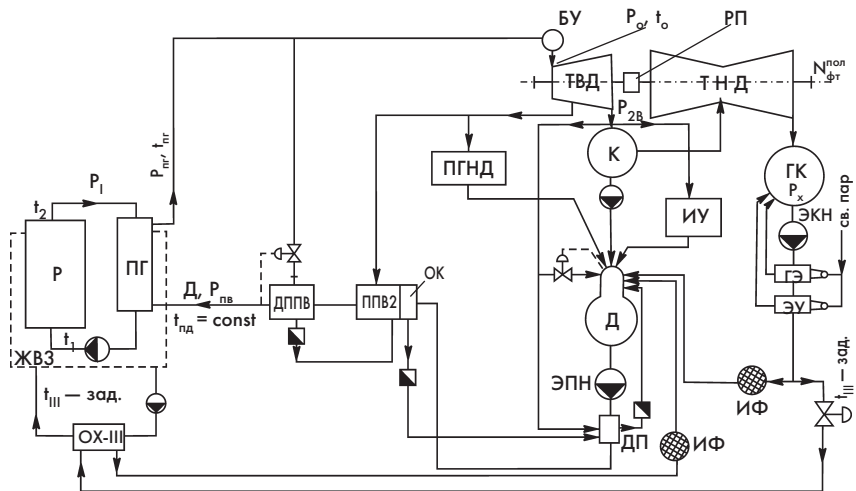


Рис. 2. Принципиальная тепловая схема АППУ + ПТУ:

БУ — блок управления; ГЭ и ЭЖ — главная и вспомогательная эжекторные установки; Д — деаэрация; ДП — дополнительный подогреватель 2-й степени; ЖВЗ — железоводная защита; ИУ — испарительная установка; ИФ — ионообменный фильтр; К — конденсатор; ОК — охладитель конденсата греющего пара; ОХ-III — охладитель воды III контура; ПГ — парогенератор; ПГНД — парогенератор низкого давления; ППВ и ДППВ — подогреватель и дополнительный подогреватель питательной воды; Р — реактор; РП — редукторная передача; ТНД и ТВД — турбины высокого и низкого давления; ЭЖН и ЭЖП — электроконденсатный и электропитательный насосы

(ДППВ) предназначен для поддержания постоянной температуры питательной воды перед ПГ при работе на любых мощностях и питается свежим паром через регулятор, обеспечивающий $t_{пв} = \text{const}$. Если требование $t_{пв} = \text{const}$ будет снято проектантами АППУ и системы управления, то ДППВ следует исключить, так как он не оказывает влияния на $\eta_{пту}$, но усложняет установку и повышает ее стоимость. Схема предусматривает возможность возврата в цикл тепла III контура АППУ, как это предлагается в проекте Э-49 НИКИЭТ, что приводит к повышению КПД АЭУ примерно на 1%.

Анализ характеристик низконапряженной АППУ показал, что при давлении в I контуре $P_1 = 16...18$ МПа возможно получение температуры пара за ПГ $t_{пг} = 320...330$ °С. Максимальное давление пара перед ТНД, ограничиваемое допустимой влажностью пара на последней степени ТНД ($y \approx 13...14\%$), при $P_x = 5$ кПа и степени сухости пара за сепаратором 0,995 при любых P_0 составит не более $P_{1н} = (0,29...0,3)$ МПа; максимальное давление перед соплами ТВД ограничивается влажностью пара на последней степени ТВД ($y \approx 13...14\%$) и составляет $P_0^{\text{max}} = 7$ МПа и, соответственно, за ПГ — $P_{пг} \approx 8$ МПа.

Для АЭУ с $N_b = 90$ МВт исследовалось влияние давления пара за ПГ на КПД установки. При этом бы-

ли приняты постоянными следующие параметры, рекомендуемые для новых ПТУ: давление в главных конденсаторах $P_x = 5$ кПа, в деаэраторе $P_d = 0,11$ МПа, давление за ТВД и перед соплами ТНД соответственно $P_{2в} = 0,3$ МПа и $P_{1н} = 0,29$ МПа при $t_{пг} = 320$ °С. Другие параметры и некоторые основные результаты расчетов приведены в табл. 1 и на рис. 3. Расчет проведен без учета возврата в цикл тепла III контура и при наличии редукторной передачи между ТВД и ТНД ($\eta_p = 0,99$). Исключение редуктора и использование тепла III контура приведет к росту КПД на 1,5–2%.

Оценки показывают, что для АЭУ $N_b = 90$ МВт, выполненной по схеме и при параметрах АЛ «Арктика» ($P_{пг} = 3,4$ МПа, $t_{пг} = 305$ °С, $t_{пв} = 104$ °С, $P_x = 7$ кПа, $\eta_{АЭУ} = 18,1\%$), требуется тепловая мощность реакторов $Q_p \approx 500$ МВт, паропроизводительность АППУ $D_{пг} \approx 685$ т/ч. Следовательно, предлагаемые решения позволяют повысить КПД АЭУ на 48–54%, т. е. в 1,5 раза, и снизить расход пара, т. е. паропроизводительность АППУ, в 1,2–1,3 раза.

Важно отметить, что наличие сепарации и отборов пара существенно уменьшает расход пара в конденсаторы, а значит их размеры и необходимый расход забортной воды.

Атомная паропроизводящая установка. Как указывалось выше, для АЛ нового поколения рекомендует-

Таблица 1

Основные параметры АЭУ мощностью 90 МВт на гребных винтах			
Параметр	Вариант		
Давление пара за ПГ $P_{\text{пр}}$, МПа	4	6	8
Давление перед ТВД P_0 , МПа	3,4	5,0	6,8
Температура пара перед ТВД t_0 , °С	313	309	305
Давление пара, МПа:			
в I отборе P_{01}	0,3	0,3	0,3
в II отборе P_{02}	10	13	18
Температура питательной воды $t_{\text{пв}}$, °С	175	185	200
Экономия от регенерации ε , %	6,92	7,74	8,55
Суммарная мощность ГТ $N_{\text{ГТ}}$, МВт	104,43	104,86	105,5
Суммарная мощность ЭПН $W_{\text{ЭПН}}$, МВт	2,178	2,59	3,22
Полный расход пара на установку $D_{\text{пр}}$, кг/ч	528742	538244	565280
Тепловая мощность реакторов $Q_{\text{р}}$, МВт	337	328,4	322,16
КПД АЭУ $\eta_{\text{АЭУ}}$, %	26,7	27,41	27,94
Относительное повышение КПД АЭУ по сравнению с КПД АЛ «Арктика» (18,1%) $\Delta\eta_{\text{АЭУ}}$, %	47,5	51,4	54,4

Таблица 2

Рекомендуемые основные параметры АППУ для ледоколов мощностью 60—110 МВт			
Параметр	Вариант		
Мощность на гребных винтах, МВт	60	90	110
Тепловая мощность реактора, МВт	215—225	320—340	400—415
Паропроизводительность АППУ, т/ч	350—375	528—565	650—695

Таблица 3

Основные параметры АППУ с РИТ мощностью 350 МВт								
Параметр	Канальная АЗ: цилиндрические ТВС, гнезд — 61, ТВЭЛ — 55 $d_1 = 7$ мм				Кассетная АЗ: шестиугольные ТВС, гнезд — 331, ТВЭЛ — 306 $d_1 = 9,1$ мм			
	16,0		18,0		16,0		18,0	
Давление в I контуре P_1 , МПа	16,0		18,0		16,0		18,0	
Температура в I контуре, °С:	330		340		330		340	
на выходе t_2	280		300		280		300	
на входе t_1	280		300		280		300	
Средняя скорость теплоносителя C , м/с	1	2	1	2	1	2	1	2
Эквивалентный диаметр АЗ D_0 , мм	2356	1821	2680	2044	2216	1648	2258	1712
Высота АЗ по топливу H_0 , мм	2177	1682	2475	1888	2041	1517	2085	1581
Число ТВС N , шт.	547	367	721	469	85	55	91	61
Средняя энергонапряженность q_v , МВт/м ³	37	80	25	48	42	123	42	96
Энергозапас зоны (при $\bar{g}_{\text{од}} = 0,45$ г/см ³) $W \cdot 10^6$, МВт/ч	20,4	10	30,7	15,0	28,2	13,6	30,9	15,8
Относительная поверхность ПГ при $t_{\text{пр}} = 320$ °С и давлениях $P_{\text{пр}}$, МПа:								
$\chi_4(P_{\text{пр}} = 4$ МПа)	0,946		0,694		0,946		0,694	
$\chi_6(P_{\text{пр}} = 6$ МПа)	1,906		1,008		1,906		1,008	
$\chi_8(P_{\text{пр}} = 8$ МПа)	—		2,123		—		2,123	

ся однореакторная установка с реактором интегрального типа (РИТ) и дизель-генераторной установкой, обеспечивающей аварийный ход судна. РИТ должен обеспечивать работу на естественной циркуляции до мощностей, больших 30—35%, что позволит реализовать идею единой ЭЭУ. Энергонапряженность АЗ должна составлять 30—40 МВт/м³, что позволит создать АЗ с энергозапасом (15...30) · 10⁶ МВт·ч и осуществлять перезарядку реактора один—два раза за срок службы ледокола.

Экстраполяция результатов расчетов установки $N = 90$ МВт позволяет оценить требуемые тепловые мощности (табл. 2) реактора и паропроизводительности АППУ при других мощностях.

Выполнялись также оценочные расчеты при принудительной циркуляции и компоновке АЗ двух типов: гетерогенной с цилиндрическими тепловыделяющими сборками (ТВС) и ТВЭЛ диаметром 7 мм (прототип ОК-900) и квазигомогенной с шестиугольными ТВС и ТВЭЛ — диаметром 9,1 мм (прототип ВВЭР-1000). Анализ результатов (табл. 3) позволяет рекомендовать к использованию и дальнейшей детальной проработке квазигомогенные кассетные зоны, что, кстати, уже делается ОКБМ и НИКИЭТ, поскольку они имеют меньшее гидравлическое сопротивление, что обеспечивает больший уровень мощности в режиме естественной циркуляции и лучший баланс нейтронов из-за относительно меньшего объема в зоне конструктивных материалов. Это особенно важно при использовании оболочек ТВЭЛ из сплавов, имеющего сечение поглощения тепловых нейтронов примерно в 40 раз больше, чем у циркониевых сплавов.

Важным достоинством кассетных зон является уменьшение числа ТВС примерно в 10 раз, что существенно упростит и сократит продолжительность перезарядки реактора.

Скорость теплоносителя целесообразно выбрать около 1 м/с. При этом описанный диаметр зоны составит 2600—2700 мм, а внутренний диаметр корпуса РИТ 3800—3900 мм (внутренний диаметр корпуса ВВЭР-1000 составляет 3910 мм), т. е. в пределах, освоенных промышленностью.

Средняя удельная энергонапряженность зон составляет около

35 МВт/м³, что существенно повышает надежность зон. По зависимостям (3), (4), (5) оценивался возможный энергозапас АЗ при среднем по зоне накоплении осколков деления в топливной матрице 0,45 г/см², что примерно на 30% меньше уже достигнутого при испытаниях перспективной АЗ с $W = 3 \cdot 10^6$ МВт·ч и оболочками из спецсплава. Как видно, получен энергозапас АЗ в $(15...30) \cdot 10^6$ МВт·ч. Средняя суммарная энерговыработка за год на двух реакторах АЛ типа «Арктика» составляет около $0,8 \cdot 10^6$ — $1,2 \cdot 10^6$ МВт·ч. Следовательно, возникает реальная возможность создания АЗ, обеспечивающих перезарядку реактора один—два раза за весь срок службы ледокола.

Существенным является вопрос о возможности генерации пара давлением 4—8 МПа при 320 °С и об изменении суммарной поверхности нагрева в ПГ. Повышение давления пара и температуры питательной воды приводит к уменьшению средних логарифмических температурных напоров и к росту поверхности нагрева; с ростом давления заметно уменьшается скрытая теплота парообразования и, как показано выше, на 20—30% уменьшается потребная паропроизводительность, что уменьшает поверхность нагрева.

Для АЭУ с $N_b = 90$ МВт, выполненной по схеме и при параметрах АЛ «Арктика», требуется паропроизводительность 685 т/ч. На основе проектных расчетов ПГ типа ОК-900

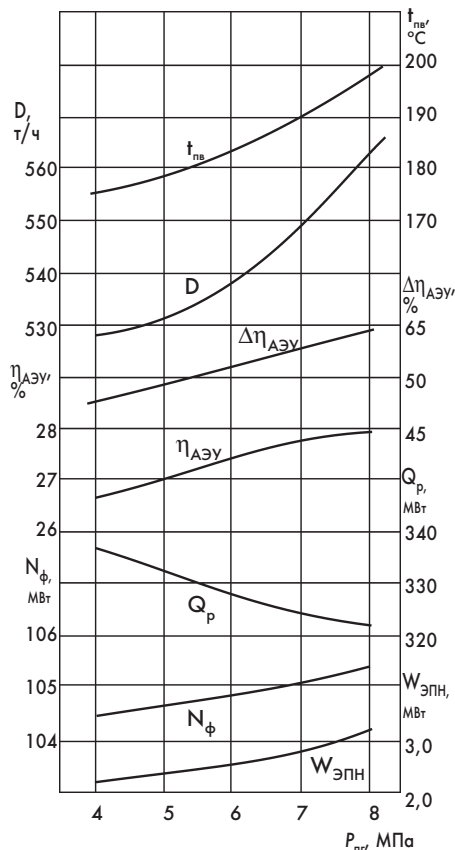


Рис. 3. Характеристики АЭУ мощностью 90 МВт на гребных винтах: $W_{ЭПН}$ — мощность ЭПН; $N_{ф}$ — мощность на фланцах ПГ; Q_p — тепловая мощность реактора; $\eta_{АЭУ}$ — КПД АЭУ; $\Delta\eta_{АЭУ}$ — повышение КПД АЭУ; D — расход пара на установку; $t_{пв}$ — температура питательной воды

(ПГ-28) потребная суммарная поверхность нагрева для этого случая составит примерно $F_0 = 2778$ м².

Кроме того, определялась суммарная поверхность ПГ для исследуемой АЭУ при рекомендуемых параметрах II контура (см. табл. 1) и I контура (см. табл. 3). В результате анализа всего представленного материала можно рекомендовать для дальнейших проработок, хотя бы на стадиях предэскизных проектов, следующие параметры:

в I контуре РИТ — $P_1 = 18$ МПа, $t_2 = 340$ °С, $t_1 = 300$ °С;

во II контуре — $P_{гр} = 6$ МПа, $t_{гр} = 320$ °С; $P_0 = 5$ МПа, $t_0 = 310$ °С, $P_x = 5$ кПа, $D \cong 540$ т/ч (при $N_b = 90$ МВт).

В этом случае КПД АЭУ может составить 27—27,5%, т. е. в 1,5 раза выше, чем на АЛ «Арктика»; эквивалентный диаметр кассетной АЗ — около 2260 мм при внутреннем диаметре корпуса реактора около 3800 мм и поверхности нагрева ПГ около 2800 м².

Представляется полезным, чтобы специализированные НИИ и КБ рассмотрели предложения по составу и параметрам АЭУ для ледоколов нового поколения и высказали свое мнение о возможности их реализации отечественной промышленностью, дали предложения по корректировке схем, их совершенствованию, параметрам оборудования и систем, что позволит заказчику и проектанту ледоколов разработать технические задания, обеспечивающие постройку атомных ледоколов действительно нового поколения с существенно повышенной экономичностью.

ОСОБЕННОСТИ АЭУ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕДОКОЛОВ

С. П. Болгаров, А. В. Воронцов, канд. техн. наук,
Л. П. Седаков, докт. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика
А. Н. Крылова)

УДК 623.827; 621.039.58

Сложившееся к настоящему времени положение с отечественным ледокольным флотом вызывает серьезную озабоченность. Срок службы и ресурс находящихся в строю ледоколов подходят к концу, а замены этим судам в ближайшем будущем нет. Последний из введенных в эксплуатацию атомных ледоколов (АЛ) «Ямал» был построен еще в 1992 г. Достройка ледокола «50 лет Победы» запланирована лишь на 2005 г.

Ухудшение состояния ледокольного флота было до определенного времени терпимым, поскольку совпало с резким падением объема перевозок по Севморпути и по замерзающим трассам неарктических морей. Однако если и далее не будут приниматься соответствующие меры, уже в недалеком будущем (к 2007—2009 гг.) невозможно будет обеспечить даже сегодняшний уровень грузоперевозок, не говоря о прогнозируемом росте грузопотоков.

Как временная мера по исправлению сложившегося положения ведутся работы по программе продления срока службы существующих ледоколов. В частности, при увеличении ресурса атомной паропроизводящей установки (АППУ) со 100 тыс. ч до 150 тыс. ч период эксплуатации АЛ может быть продлен на 6—8 лет, а при увеличении ресурса до 175 тыс. ч — на 10—12 лет, т. е. до 2010—2015 гг. Однако реализация указанной программы откладывает, но не исключает необходимость решения вопроса создания новых АЛ. Поскольку для проектирования и строительства АЛ следующего поколения потребуется не менее 7—8 лет, уже сейчас следует определить номенклатуру атомных ледоколов на первую половину XXI века и облик их энергетики, а также выработать требования к их комплектующему оборудованию.

В настоящее время не существует единого взгляда на типаж атомных судов будущего. В ЦНИИМФ на протяжении ряда лет разрабатывается концепция универсального ледокола мощностью на валах 60 МВт, способного заменить ледоколы типа «Арктика» на магистральных трассах Севморпути и «Таймыр» — на мелководных и речных участках.

ЦКБ «Айсберг» спроектировало в разные годы ледокол-лидер «Урал» мощностью на гребных валах 110 МВт, линейный ледокол «Ямал-2» (ок. 60 МВт), ледокол с ограниченной осадкой ЛК-25 (шифр «Анадырь») с атомной энергетической установкой (АЭУ) мощностью на валах до 33 МВт.

Недавно ЦНИИМФ совместно с Мурманским морским пароходством выступил с предложениями по развитию ледокольного флота России, в которых приведен типоразмерный ряд перспективных ледоколов, в том числе: АЛ-лидер с АЭУ мощностью около 100 МВт и универсальный двухосадочный АЛ с АЭУ мощностью около 50 МВт.

По мнению специалистов ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова (которое в дальнейшем излагается), в XXI веке могут быть востребованы атомные ледоколы трех типов: ледокол-лидер мощностью 100—110 МВт, линейный ледокол мощностью 50—60 МВт и мелкосидящий ледокол мощностью ок. 30 МВт.

Учитывая, что КПД АЭУ современных АЛ, отнесенный к мощности на валах, составляет не менее 20%, можно оценить потребную суммарную тепловую мощность АППУ для указанных выше перспективных ледоколов соответственно в 600 МВт, 300 МВт и 150 МВт.

Мощность главных турбоагрегатов (ГА) новых ледоколов определится не только потребной мощностью на валах и КПД передачи, но и возможным отбором электрической мощности от главных генераторов.

Обращает на себя внимание тот факт, что мощности АЭУ перспективных АЛ соотносятся приблизительно как 4 : 2 : 1, что создает предпосылки для комплектования их унифицированными АППУ и ГА.

Атомные ледоколы являются мелкосерийными, а иногда и единичными изделиями. Поэтому при проектировании их АЭУ особое значение приобретает межпроектная

унификация основного комплектующего оборудования как средство снижения их стоимости и уменьшения сроков создания. В первую очередь это относится к АППУ и ГА.

Положительный опыт в этом отношении имеется. Так, установленная еще в 1970 г. на ледоколе «Ленин» АППУ ОК-900 в различных модификациях применялась потом на ледоколах типа «Арктика» и «Таймыр», лихтеровозе «Севморпуть», а сейчас предполагается использовать ее на плавучем энергоблоке для атомной теплоэлектростанции.

Удачные турбоагрегаты типа ГТГ-642, созданные для линейных АЛ серии «Арктика», затем в дефорсированном варианте под индексом ГТГ-642Т были установлены на мелкосидящих АЛ «Таймыр» и «Вайгач».

Облик любой судовой АЭУ зависит от комплекса факторов, среди которых можно назвать: модель эксплуатации АЭУ; требования к экономичности, стоимости, надежности; массогабаритные ограничения; номенклатура оборудования и др.

Рассмотрим некоторые из них применительно к АЭУ арктических АЛ.

Анализ опыта эксплуатации АЛ свидетельствует, что их АЭУ работают в широком диапазоне мощностей с частыми и глубокими изменениями режимов. Особенно это характерно для работы ледоколов «набегами» в тяжелых льдах, когда число реверсов гребных электродвигателей (ГЭД) может достигать 60 в час.

Долевые режимы работы АЭУ являются преобладающими, 70—80% времени ледоколы работают на мощности менее 60% от номинальной. Коэффициенты использования мощности АЭУ составляют порядка 0,5—0,6. Для ледоколов характерны также длительные стоянки у кромки льдов в ожидании подхода транспортных судов. В эти периоды АППУ обеспечивает только собственные нужды АЭУ и судна.

Изложенное свидетельствует о том, что ледокольная АЭУ должна сохранять достаточную эффективность на долевых и переходных режимах работы. В настоящее время для удовлетворения этим условиям ледокольные паротурбинные установки имеют упрощенную тепловую схему с одной ступенью подогрева питательной воды — деаэратором, в котором в качестве греющего пара используется пар, отработавший в

турбоприводах питательных насосов. Однако из-за несоответствия динамических характеристик АППУ и паротурбинной установки, а также в связи с ограничениями по количеству, скорости и диапазону изменений мощности реакторов в этих АЭУ имеют место большие потери тепловой энергии в виде травления свежего пара через дроссельно-увлажнительные устройства на конденсаторы. Эти потери составляют порядка 20% от энергозапаса активных зон. Поэтому одной из наиболее актуальных задач совершенствования АЭУ является если не устранение, то, по крайней мере, уменьшение указанных потерь.

Размещение АЭУ на линейных АЛ обычно не встречает особых трудностей. Жесткие массогабаритные требования предъявляются только к АЭУ, предназначенной для ледокола с ограниченной осадкой.

В современных экономических условиях, характеризующихся высокой инфляцией, необходимо пересмотреть традиционные взгляды на соотношение капитальных и эксплуатационных затрат АЭУ. Меры, направленные на повышение КПД, должны быть обоснованы с учетом фактора дисконтирования.

Для детальной проработки и технико-экономического анализа можно предложить следующие технические решения по АЭУ для новых перспективных АЛ.

АЭУ ледокола с ограниченной осадкой формируется на базе однореакторной АППУ мощностью 150 МВт и одного главного турбогенератора (ГТГ) мощностью около 30 МВт. Допустимость использования на атомном судне одного реактора доказана опытом эксплуатации ледоколов типа «Таймыр» и лихтеровоза «Севморпуть». Правила классификации и постройки атомных судов Российского морского регистратора судоходства не оговаривают количество реакторов, а лишь требуют, чтобы на атомном судне, имеющем одну АППУ, не проверенную в эксплуатации, был резервный источник энергии для обеспечения движения судна при выходе из строя АППУ. В качестве такого источника на судне с электродвижением можно рассматривать вспомогательный котел либо дизель-генераторы. Второй вариант представляется более предпочтительным как с точки зрения опе-

ративности ввода в действие, так и надежности АЭУ при использовании только одного ГТА. Заметим, что традиционное для ледоколов решение по использованию двух ГТА в данном случае не оправдано, так как потребует разработки новых ГТА мощностью по 15 МВт и приведет к их межпроектной разунификации.

Перспективная АЭУ (рис. 1) по сравнению с энергетическими установками эксплуатирующихся ледоколов должна иметь следующие особенности: один ГТГ с промежуточной сепарацией пара и двумя отборами пара; две ступени регенеративного подогрева питательной воды паром, отбираемым от ГТГ (I ступень — в поверхностном теплообменнике, II ступень — в деаэраторе); отсутствие турбоприводов вспомогательных механизмов, кроме вспомогательных турбогенераторов; применение пароводяного теплового аккумулятора.

Выбор регенеративной тепловой схемы с двумя ступенями подогрева воды обусловлен стремлением получить удельную экономичность АЭУ в условиях работы с преобладанием долевых режимов и при частых и глубоких изменениях мощности. Такая схема обеспечивает относительный выигрыш в КПД 25% по сравнению с нерегенеративной схемой и 3% на полной мощности — по сравнению с чисто деаэраторной схемой. Дальнейшее увеличение количества ступеней подогрева питательной воды нецелесообразно. Так, введение третьего подогревателя, получающего пар из отбора высокого давления, дало бы повышение КПД цикла всего на 2% относительных на номинальном режиме. Еще меньше будет выигрыш на режимах частичной мощности.

Подогреватель низкого давления наиболее эффективен с точки зрения термодинамики. Для обеспечения его функционирования в диапазоне мощностей ГТА от 100 до 50% точка отбора пара от ГТА должна соответствовать номинальному давлению 0,1—0,12 МПа.

Вторая ступень подогрева питательной воды выполнена в виде деаэратора, в котором поддерживается постоянное давление 0,13 МПа, что соответствует температуре воды на входе в парогенераторы 105 °С. Постоянство температуры питательной воды благо-

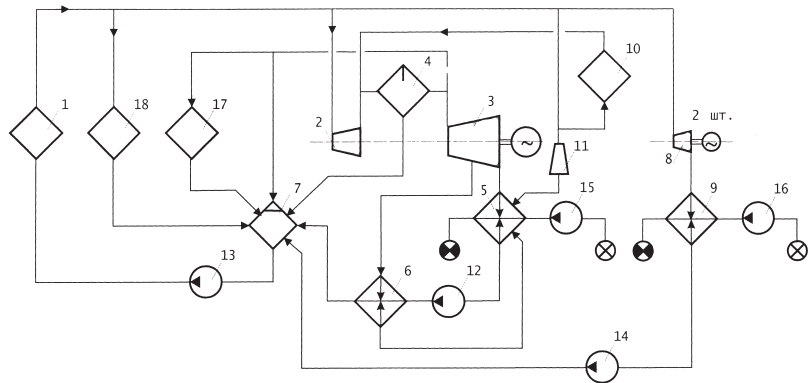


Рис. 1. Принципиальная схема АЭУ мелкосидящего ледокола:

1 — АППУ; 2 — ТВД; 3 — ТНД; 4 — сепаратор; 5 — главный конденсатор; 6 — подогреватель питательной воды низкого давления; 7 — деаэратор; 8 — ВТГ; 9 — конденсатор ВТГ; 10 — ТА; 11 — дроссельно-увлажнительное устройство; 12 — конденсатный насос; 13 — питательный насос; 14 — конденсатный насос ВТГ; 15 — циркуляционный насос главного конденсатора; 16 — циркуляционный насос ВТГ; 17 — опреснительная установка; 18 — парогенератор низкого давления

приятно с точки зрения обеспечения ресурса АППУ. В деаэратор осуществляется также сброс конденсата от вспомогательного турбогенератора (ВТГ), испарительной установки и парогенератора низкого давления.

В качестве греющего используется пар давлением около 0,3 МПа, отбираемый от ГТА после сепаратора.

Опыт эксплуатации атомных ледоколов Мурманского морского пароходства показывает, что при тяжелых условиях арктического плавания судоводители, как правило, назначают избыточную паропроизводительность АЭУ, так как мощность гребных двигателей надо изменять часто и быстро, а столь же часто и быстро менять тепловую мощность реакторов нельзя. Не допускается скорость изменения этой мощности более 1% номинальной за секунду, а в последние годы рекомендуется сократить ее до 0,1%. Поэтому в настоящее время приходится мириться с большими потерями тепла из-за травления «избыточного» свежего пара через дроссельно-увлажнительное устройство в главный конденсатор. Осредненный перерасход энергозапаса активных зон составляет не менее 15%. Это делает актуальной задачу утилизации подобных потерь в судовых маневренных АЭУ.

Анализ известных принципов накопления большого количества энергии и возврата ее в цикл показывает, что для рассматриваемых условий наиболее подходящим, благодаря простоте и освоенности, является использование фазового перехода в системе «пар—вода».

Такой способ реализуется с помощью пароводяного теплового аккумулятора (ТА), который представляет собой сравнительно простой смесительный теплообменный аппарат, не имеющий поверхностей нагрева и движущихся элементов конструкции. Известны такие аппараты с вертикальным корпусом и горизонтального исполнения. При заданном рабочем объеме или энергоемкости ТА выбор схемы аппарата определяется в основном условиями его размещения на ледоколе. Предварительный анализ дает основание считать для судовых условий предпочтительным вариант с двумя—тремя вертикальными ТА, установленными в машинном отделении вблизи от ГТА. Однако при проектировании желательно рассмотреть и другие возможные варианты расположения этих крупногабаритных аппаратов, в частности, в центральном отсеке вблизи от АППУ, что благоприятно с точки зрения возможности использования воды, находящейся в ТА, для аварийной проливки активной зоны в случае разгерметизации первого контура.

Как видно из рис. 1, свежий «избыточный» в данный период времени пар при наличии ТА направляется не в главный конденсатор через дроссельно-увлажнительное устройство, как это обычно делается, а подается в ТА, в котором через ориентированные вниз отверстия зарядных сопел поступает в водяной объем. При этом пар увлекает жидкость в циркуляцию, конденсируется в ней, а в ТА постепенно повышаются давление и

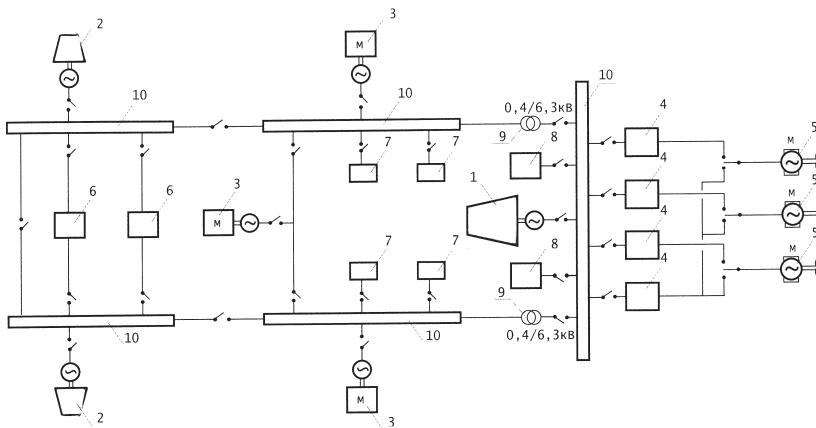


Рис. 2. Принципиальная схема ЭЭУ с одним ГТА:

1 — ГТГ; 2 — ВТГ; 3 — РДГ; 4 — преобразователь частоты; 5 — ГЭД; 6 — ответственные потребители; 7 — обычные потребители; 8 — высоковольтные потребители; 9 — трансформаторы; 10 — распределительный щит

температура насыщения. При разрядке, когда аккумулятор подсоединяется к той точке проточной части судовой турбины, где давление ниже, чем в его корпусе, происходит обратный процесс — насыщенная жидкость вскипает, и образующийся вторичный пар направляется из ТА в турбину.

Если ГТА выполнен по схеме с двумя турбинами низкого и высокого давления (ТНД и ТВД), то подачу вторичного пара из ГТА целесообразно организовать в ресивер, соединяющий цилиндры. При таком решении технико-экономические характеристики турбоагрегата не ухудшатся по сравнению с достигнутыми для современных машин, например ГТА-684.

При изменении давления пара в ТА в диапазоне, характерном для судовой АЭУ, его удельная производительность составит примерно 150 кг вторичного пара с 1 м³ водяного объема. Оценки показывают, что наличие на АЛ тепловых аккумуляторов с суммарным объемом воды 100 м³ при начальном давлении 3 МПа, которое при разрядке за несколько минут снижается до 0,4 МПа, т. е. несколько выше давления пара на входе в ТНД, позволило бы в наиболее вероятных эксплуатационных режимах не требовать постоянной работы АППУ с большой избыточной паропроизводительностью, даже если допускаемая скорость увеличения ее тепловой мощности сократится до 0,1% за секунду.

Ожидаемая экономия за счет более целесообразного расхода ядерного горючего и увеличения срока между перезарядками активных

зон при применении ТА на ледоколе с двухреакторной АППУ составит примерно 1 млн дол. в год.

Принципиальная схема паротурбинной установки должна быть «увязана» со схемой основной электрической системы, которая определяет количество и мощность турбин — приводов электрогенераторов.

На ледоколе с АЭУ могут быть, в принципе, реализованы различные варианты основной электрической системы. При этом следует иметь в виду наличие на ледоколе потребителей, предъявляющих различные требования к параметрам электропитания.

Традиционный вариант, реализованный на атомных ледоколах типа «Арктика», предусматривает основные генераторы двух видов: главные и вспомогательные турбогенераторы. ГТГ, вырабатывающие ток нестандартных параметров, обеспечивают только гребную электрическую установку. ВТГ питают все остальные судовые потребители, в том числе ответственные потребители АППУ. При остановленных ВТГ питание этих потребителей переводится на резервные дизель-генераторы.

Более прогрессивный вариант электроэнергетической установки (ЭЭУ) создан для атомных ледоколов типа «Таймыр» советско-финской постройки. На них в нормальных условиях эксплуатации ГТГ через щит гребной электрической установки (ГЭУ) обеспечивают питание не только ГЭД, но, в случае необходимости и при резерве мощности, части потребителей, на работу которых не оказывает существенного влияния

качество электроэнергии, через трансформаторы. Все электроприводы механизмов АППУ, все системы контроля, защиты и управления, требующие электроэнергии высокого качества, получают питание от ВТГ, а при их остановке — от резервного дизель-генератора (РДГ). При остановленной АППУ эта электрическая система обеспечивает ход ледокола под одним ГЭД, получающим питание от двух РДГ через трансформаторы и щит ГЭУ.

Заманчивым представляется создание единой ЭЭУ, в которой от ГТГ осуществлялось бы питание ГЭД и всех остальных судовых потребителей. Однако при этом для получения нужного качества тока в судовой сети появляется необходимость использования как минимум трех электромашинных преобразователей, один из которых — резервный. На случай вывода из действия ГТГ, например, при длительной стоянке, нужно установить на ледоколе ВТГ. Указанные два обстоятельства уменьшают привлекательность данного варианта ЭЭУ.

Анализ преимуществ и недостатков описанных выше ЭЭУ приводит к выводу, что для перспективных ледоколов целесообразно выбрать вариант по типу примененного на АЛ «Таймыр».

Принципиальная схема ЭЭУ ледокола с одним ГТГ показана на рис. 2. Кроме ГЭД этот генератор обеспечивает питанием обычные судовые потребители (через понижающие трансформаторы) и высоковольтные потребители типа приводов пневмоомывающих устройств. Ответственные потребители, предъявляющие высокие требования к качеству тока, питаются от двух автономных ВТГ. Эти же турбогенераторы могут обеспечить и все остальные потребители при длительной стоянке ледокола с работающей АППУ, когда целесообразно остановить ГТГ. При выведенной из действия АППУ работают РДГ, которые могут в случае необходимости обеспечивать резервный ход ледокола.

После того как определен объем АЭУ ледокола с ограниченной осадкой, вполне логично энергетическую установку вдвое большей мощности для линейного ледокола сформировать из двух эшелонов, каждый из которых идентичен описанной выше АЭУ мощностью

30 МВт. АЭУ ледокола-лидера можно представить состоящей из четырех таких эшелонов. При таком подходе для перспективных ледоколов достаточно одной унифицированной реакторной установки и одного унифицированного ГТА.

Однако применение на ледоколе-лидере четырехреакторной АППУ и четырех ГТА может встретить возражения, прежде всего в связи с

трудностями управления и обслуживания. Массогабаритные характеристики для такого ледокола определяющего значения не имеют. Поэтому не исключено, особенно если ледокол-лидер будет построен в количестве двух и более единиц, создание для него реакторной установки тепловой мощностью порядка 300 МВт и ГТА мощностью 60 МВт. Тогда его АЭУ по схеме бу-

дет идентична 60-мегаваттной установке линейного ледокола и будет состоять из двух эшелонов, принципиальная схема каждого из которых совпадает с показанной на рис. 1. Правда, при этом не произойдет межпроектной унификации. Поэтому для принятия окончательного решения требуется проведение технико-экономического анализа на стадии эскизного проекта ледокола.

АККУМУЛЯТОРЫ ТЕПЛА В СОСТАВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПЕРСПЕКТИВНЫХ АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛОВ

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

УДК 662.957.8:[629.561.5.02-81:621.039]

Прогнозируемое в ближайшие годы увеличение грузоперевозок по трассе Северного морского пути, освоение добычи нефти и газа на шельфе северных морей РФ, а также многолетняя успешная эксплуатация в этих районах отечественных атомных ледоколов (АЛ), сроки службы которых приближаются к предельным, создают предпосылки для проектирования и строительства АЛ новых поколений, а именно: линейных с мощностью на гребных валах не менее 60 МВт (развитие ледоколов типа «Арктика», осадка 11 м); «мелкосидящих» на 36–40 МВт (развитие ледоколов типа «Таймыр», минимальная рабочая осадка 8,5 м).

Одна из особенностей эксплуатации современных АЛ состоит в том, что режим взаимосвязанного управления, когда тепловая мощность реакторов регулируется автоматически в точном соответствии с фактическими потребностями на любой момент времени, пока осуществляется только до уровня 20% от номинальной мощности N_n (стоянка без связи с берегом, ход по чистой воде).

Напротив, в тяжелых условиях арктического плавания при необходимости частых и глубоких маневров пропульсивной установки у судоводителей возникает обоснованное опытом опасение, что оперативное под-

держание баланса по пару, генерируемому на долевой мощности атомной паропроизводящей установкой (АППУ) и потребляемому паротурбинной установкой (ПТУ), не будет обеспечено. К тому же интенсивные термодинамические нагрузки, лимитирующие ресурс оболочек теплообменивающих элементов и других напряженных узлов АППУ, как известно, нежелательны. В таких условиях экипаж стремится свести количество циклов изменения мощности (не более 20 000 за весь срок службы активной зоны) к минимуму. Это приводит к большим потерям тепловой

энергии из-за вынужденного сброса свежего пара помимо главных турбоагрегатов (ГТА) в конденсатор через клапан травления (КТ) и дроссельно-увлажнительное устройство.

Систематизированный анализ и обобщения этих потерь пока не проведено из-за сложностей изучения такого многофакторного процесса (рис. 1) в условиях эксплуатации ледоколов. Например, интенсивность травления, несомненно, зависит от таких разноплановых факторов, как шероховатость наружной обшивки и индивидуальный опыт судоводителя, а однозначной зависимости расхода пара через КТ ($G_{\text{КТ}}$) от мощности ГТА принципиально не может быть. Однако с достоверностью, приемлемой при проектировании новых АЛ, можно считать, что с учетом наиболее вероятного для них значения коэффициента использования установленной мощности около 0,5 и при том же, что и у современных АЛ, составе оборудования с травлением будет потеряно не менее 15% (а то и 20%) энергии, высвобождающейся в реакторе (рис. 2). Таким образом, потери опять окажутся весьма значительными. Данные, представленные на рис. 2 и аппроксимированные эмпирическим соотношением $G_{\text{КТ}} = 3(100 - G_i^{\text{ГТА}})^{0,5}$, получены в основном для АЛ «Арктика» после измерений хода (степени открытия) КТ-1 и КТ-2 при постоянной уставке мощности АЭУ на данном отрезке времени (1 ч). При обработке использовалась расходная характеристика КТ для ГТА-642, определенная по результатам испытаний на Кировском заводе. Зависимость «ход КТ (мм) — расход пара через КТ (т/ч)»

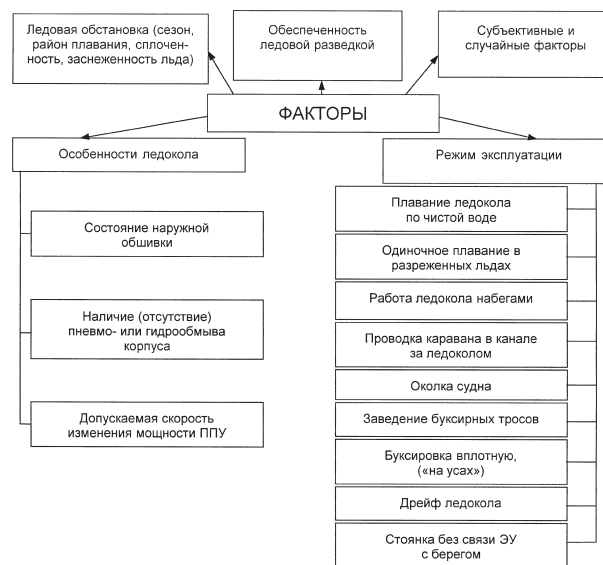


Рис. 1. Основные факторы, влияющие на интенсивность травления свежего пара через дроссельно-увлажнительное устройство в главные конденсаторы ПТУ атомных ледоколов

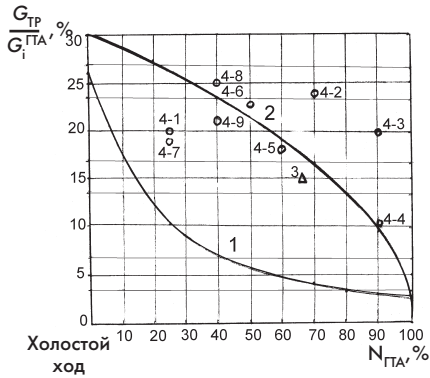


Рис. 2. Интенсивность вероятного травления свежего пара на главные конденсаторы от суммарной мощности двух ГТА для ходовых режимов АЛ типа «Арктика»: 1 — по тепловым балансам АЭУ ледокола (в работе две АППУ и два ГТА, постоянное травление 2x4 т/ч); 2 — по формуле $G_{ТР} = 3(100 - G_{ГТА})^{0,5}$; 3 — по измерениям на АЛ «Сибирь» (январь 1980 г.); 4 — по измерениям на АЛ «Арктика» (произвольные выборки при постоянной уставке ГЭУ): 4-1 — 25%, 66 ч, дек. 1999 г.; 4-2 — 70%, 19 ч, февр. 1999 г.; 4-3 — 90%, 25 ч, дек. 1998 г.; 4-4 — 90%, 14 ч, дек. 1998 г.; 4-5 — 60%, 13 ч, дек. 1999 г.; 4-6 — 50%, 8 ч, янв. 1999 г.; 4-7 — 25%, 23 ч, февр. 1999 г.; 4-8 — 40%, 7 ч, дек. 1999 г.; 4-9 — 40%, 45 ч, окт. 1999 г.

легко позволяет выявить величину травления в любой момент времени.

По данным Мурманского морского пароходства, реальный КПД цикла на действующих АЛ составляет 10–22%, т. е. при интенсивном травлении снижается в два раза.

Травление свежего пара на главные конденсаторы ледоколов «Таймыр» и «Вайгач» удалось снизить (по сравнению с имевшим место в начале их эксплуатации) при внедрении

дополнительной программы автоматического расчета потребления тепловой энергии. Тогда появилась возможность нормирования расхода ядерного горючего и объективного задокументированного на машинных носителях сопоставления эффективности работы каждой вахты операторов АППУ и судоводителей.

Однако упомянутая программа исходит из реальной в настоящее время трудности быстрого регулирования тепловой мощности и по-прежнему допускает в напряженных режимах (частые реверсы при преодолении торосов) увеличение расхода пара перед маневровым устройством до 40% по сравнению с расчетным значением без травления.

На достраиваемом атомном ледоколе «50 лет Победы» совместное (сбалансированное) управление АППУ и ПТУ также предусмотрено только при стояночном режиме, а обычная скорость изменения мощности, по данным НПО «Аврора», предусмотрена 0,1% N_n за секунду, что превращает АППУ ледокола в маломаневренную (например, на изменение тепловой мощности с 50% до номинальной требуется более 8 мин). Отсюда вынужденная уставка судоводителем мощности с запасом на неожиданные быстрые набросы и значительное травление свежего пара.

Таким образом, давно назревший вопрос об организации более рационального процесса энергосбережения на АЛ при характерных для них переменных режимах еще не

получил положительного разрешения. Возврат в цикл потерь, связанных с травлением, представляет интерес для проектантов АЭУ ледоколов и ледокольно-транспортных судов будущих поколений.

Анализ известных технических возможностей для многократных последовательных накоплений и возвратов энергии (тепловой, механической, электрической, химической) при наличии массогабаритных и стоимостных ограничений показал, что на ближайшие годы применительно к мощным судовым установкам, использующим обычный цикл «пар—конденсат», целесообразна традиционная схема ПТУ, дополненная одним или несколькими тепловыми аккумуляторами (ТА).

Пароводяной ТА — это освоенный в стационарной энергетике [1, 2] относительно простой по конструкции тепломассообменный аппарат смешительного типа (рис. 3). При его зарядке свежий «избыточный» в данный момент времени пар после дросселирования подводится к соплам, затопленным под слоем воды, и, вовлекая ее в движение, быстро конденсируется. Достигается хорошее перемешивание, а к концу процесса сосуд примерно на 85–90% своего объема оказывается заполненным водой при параметрах насыщения (в данном случае конечное давление до 3 МПа). Теперь накопленная в ТА энергия может быть при необходимости возвращена. Для этого на период разрядки аппарат сообщается с полостью, где давление ниже, чем в нем (последние ступени паровой турбины). Вода в ТА частично вскипает, вторичный насыщенный пар способствует поддержанию работы турбины на определенной мощности в течение, например, нескольких минут. Эта мощность развивается дополнительно к той, которая обеспечивается по обычной схеме свежим паром от АППУ. Последняя при требуемом судоводителем набросе мощности также увеличивает подачу пара, но не экстренно, а с обычной разрешенной инструкцией скоростью.

Емкость ТА зависит от его объема и перепада давлений с начала до окончания разрядки (рис. 4), а уменьшающийся расход пара лимитируется прежде всего скоростью движения вторичного пара, приведенной к площади «зеркала» испаре-

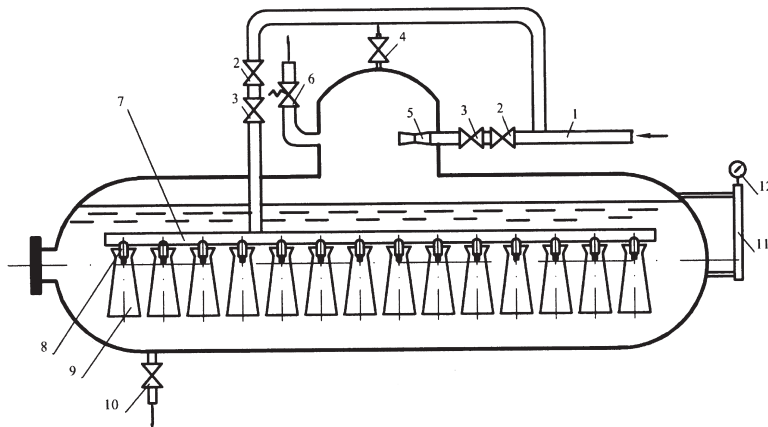


Рис. 3. Схема горизонтального ТА конструкции Рутса: 1 — зарядный паропровод; 2 — обратный клапан; 3 — клинкет; 4 — воздушный клапан; 5 — разрядное сопло; 6 — предохранительный клапан; 7 — паровой коллектор; 8 — зарядное сопло; 9 — диффузор; 10 — продувочный клапан; 11 — указатель уровня; 12 — манометр

ния W_0'' , с тем, чтобы не вызвать интенсивного уноса влаги с паром [3]. Другой лимитирующий фактор — изменение расхода во времени, исключающее подпор находящихся выше по потоку ступеней.

Предположим, в ТА реализован перепад с 3,0 до 0,15 МПа, что соответствует выделению примерно 200 кг вторичного пара с 1 м³ исходного водяного объема. Если в машинном отделении перспективного АЛ в дополнение к другому оборудованию разместить два ТА объемом по 50 м³, то добавочная подача насыщенного пара в турбину составит 20 т. Это, казалось бы, немного. Но такой пар низкого давления при регулировании вскипания будет генерирован, например, всего за 10 мин, обеспечивая расход, сопоставимый с расходом в режиме номинальной мощности через турбину низкого давления ГТА-684. Фактически, как видно из рис. 4, расход изменится по мере разрядки с 120 до 36 т/ч. Но за те же 10 мин даже при минимальной разрешенной скорости изменения мощности 0,1% в секунду первоначальная мощность (паропроизводительность) АППУ будет увеличена на 60% от номинальной. В этом случае пик нагрузки «сгладится» без нежелательного термоциклирования тепловыделяющих элементов и других напряженных узлов.

Таким образом, «маневренная» судовая АЭУ должна включать в свой состав горизонтальный или вертикальный ТА с соответствующими магистральями и арматурой (рис. 5, б).

В стационарной энергетике иногда применяются специальные «аккумуляторные» турбины, получающие пар только от ТА. На АЛ будущего предпочтительны универсальные ГТА с дополнительными подводами насыщенного пара от ТА к тем ступеням, где он может быть использован без помех и потерь для потока пара от АППУ. Конструктивно проработана возможность форсировки турбин на АЛ при кратковременном перекрытии клапана регенеративного отбора пара низкого давления и впуска через тот же патрубок в камеру вторичного пара от ТА. Наиболее простым является сочетание ТА с двухцилиндровой турбиной, поскольку вторичный пар при давлении 0,3 МПа можно, не усложняя ее конструкции, вводить в ресивер перед промежуточным сепаратором.

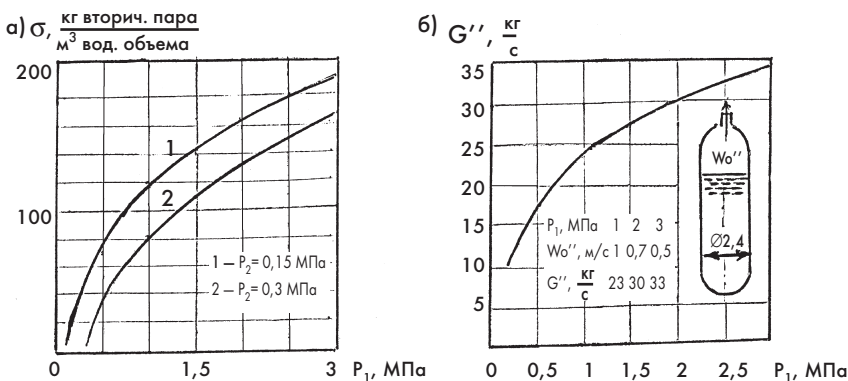


Рис. 4. Зависимости удельной аккумулирующей способности σ от перепада давлений при фиксированном конечном давлении P_2 в ТА (а) и предельного расхода пара G'' из вертикального ТА с площадью «зеркала» испарения 4,5 м² от давления, снижающегося при разрядке аккумулятора

Успешный опыт эксплуатации ГТА-684 на лихтеровозе «Севморпуть» ($N_n = 29,4$ МВт, расход пара 168 т/ч, в том числе через ТНД 150 т/ч, наработка около 80 000 ч) позволил проектировать на его основе двухцилиндровый ГТА-513-9 с тремя отборами пара ($N_n = 37$ МВт при 3000 об/мин) Отборы можно использовать одновременно или последовательно. В четырехмашинной комплектации агрегаты предназначены для ледокола-лидера, в двухмашинной — для АЛ с двумя рабочими осадками, в одномашинной — для «мелкосидящего» ледокола.

Этот агрегат пригоден в качестве унифицированного для перспективных АЛ (в том числе, возможно, и оборудованных ТА), ледокольно-транспортных судов и плавучих атомных электростанций (для последних возможна форсировка до 45 МВт)

И в перспективном одноцилиндровом агрегате по типу ГТА-642, эксплуатирующемся на действующих ледоколах, но мощностью 37 МВт с полнорасходной турбиной (отвод

через обратное колено части потока пара после ступеней высокого давления в ступени низкого давления) вторичный пар можно одновременно направить в симметричные части турбины низкого давления.

Таким образом, в связи с вынужденным ограничением допускаемой скорости изменения мощности судовых атомных реакторов (0,1% N_n за секунду, экстренно 1% N_n за секунду) современные АППУ не могут оперативно реагировать на быстрые сбросы—набросы внешней нагрузки во время характерных для ледоколов маневренных режимов. Для ледоколов типа «Арктика» потери энергии свежего пара, вызванные его интенсивным травлением в конденсатор ГТА, оцениваются не менее чем 15% от выработанной за навигацию. Поэтому в будущем для новых АЛ, которые заменят ледоколы типа «Арктика» и «Таймыр», целесообразно дополнить АЭУ пароводяными ТА, способными постепенно накапливать «избыточную» энергию при снижении

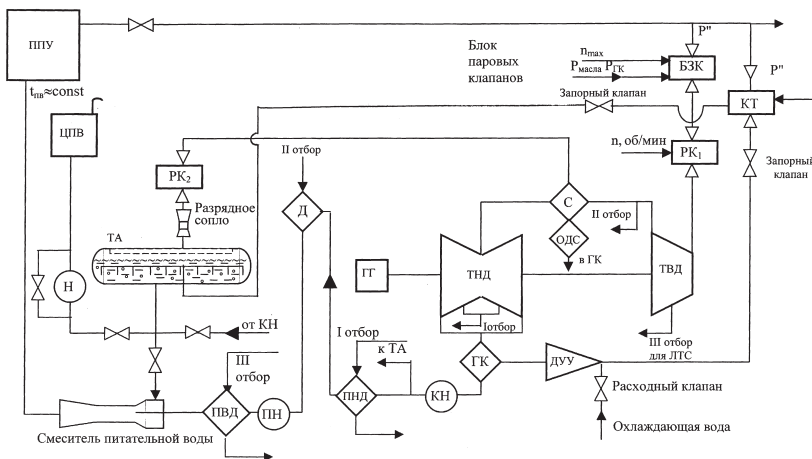


Рис. 5. Принципиальная схема АЭУ для ледоколов и ледокольно-транспортных судов

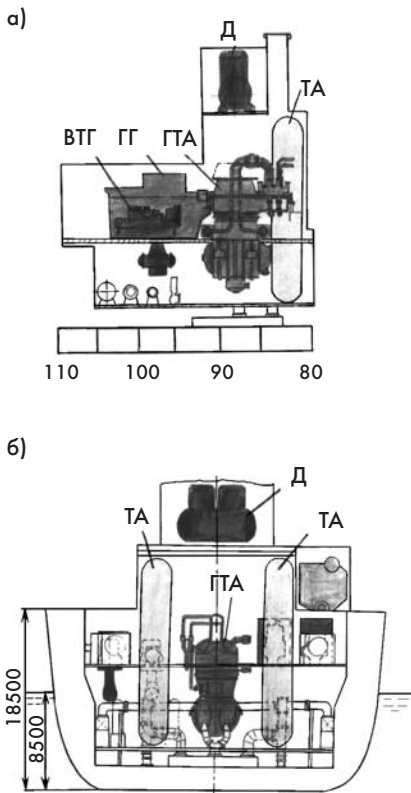


Рис. 6. Размещение ТА в машинном отделении АПК мощностью 35 МВт на гребных винтах (проектная разработка): а — продольный разрез; б — вид в корму (с 80 шп.)

внешней нагрузки и быстро возвращать в цикл при необходимости уве-

личения последней. Наличие ТА повысит надежность установок на случай обесточивания при аварийном выводе АППУ из действия и позволит сохранить тот приемлемый для персонала «щадящий» режим эксплуатации активных зон, который в настоящее время обеспечивает достижение ими расчетного энерговыделения за срок службы.

При вполне допустимой для инвесторов норме дохода на вложенный капитал (норме дисконта) 9% интегральный эффект от реализации ТА (с учетом как поступлений от возврата в цикл ранее потерявшегося тепла, так и капитальных затрат на создание ТА) составит 75 млн руб. для перспективного двухреакторного ледокола за срок его службы, или 2,5 млн руб. в среднем за год жизненного цикла. Это сравнительно немного.

Кроме того, ледокол, оборудованный ТА, сможет на линии с интенсивным движением провести больше транспортных судов. Известно, например, что сутки работы ледокола «Ямал» обходятся в 30 тыс. дол. [4]. Эту суточную себестоимость на ходу, естественно, превышает суточная оплата за проводку, а ходовое время составляет пока 4—6 тыс. ч в год (коэффициент оперативной на-

пряженности 0,45—0,7). В сочетании с прогнозируемым к 2010 г. возрастанием на порядок объема грузоперевозок (особенно в западном секторе Севморпути) повышение этого коэффициента в среднем соответственно ожидаемой экономии энергозапаса тоже на 10—20% даст для атомного ледокола дополнительный доход до 1—2 млн дол. ежегодно при дополнительной чистой прибыли ок. 10—20 млн руб. в год. Таким образом, после реализации ТА фактором даже более существенным, чем экономия на топливной составляющей, будет увеличение продолжительности ледовых проводок за одну кампанию активной зоны. Поэтому внедрение ТА на новых ледоколах — один из путей восполнения возникшего дефицита ледокольного флота в Арктике.

Автор выражает благодарность сотруднику ОАО «Кировский завод» В. М. Юрочкину за помощь при подготовке статьи.

Литература

1. Кирсанов И. Н. Тепловые аккумуляторы. Термодинамические основы, расчет и конструкция. М.—Л., 1936.
2. Бекман Г., Гилли П. Тепловые аккумуляторы энергии. М.: Мир, 1988.
3. Сорокин Ю. Л. Критические нагрузки сепарационных устройств. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Новосибирск, 1962.
4. Перспективы развития Севморпути // Морская биржа. 2003. № 1(3).

НОВАЯ КНИГА О «КУРСКЕ»

Издательство «Русь» (Москва) выпустило осенью 2003 г. книгу генерального конструктора — начальника ФГУП ЦКБМТ «Рубин» И. Д. Спасского «Курск». После 12 августа 2000 года».

В ней с документальной точностью автор — непосредственный участник, руководитель работ — повествует о подготовке и проведении масштабной и сверхсложной в техническом и организационном плане операции по подъему атомного подводного крейсера «Курск». Уникальность операции, не имеющей аналогов в истории судоподъема, определялась огромной массой затонувшего корабля, наличием на его борту двух ядерных реакторов, 22 боевых ракет, торпед, сложным в погодном отношении районом проведения работ, глубинами и, наконец, исключительно сжатыми сроками ее проведения (май—октябрь 2001 г.). Международная кооперация позволила успешно применить новые технологии — тросовую пилу для отрезки на 100-метровой глубине больших корпусных элементов, гидроабразивную резку для

вскрытия под водой прочного и обрешиненного легкого корпуса лодки, тросовые домкраты и газовые компенсаторы вертикальных перемещений лодки при подъеме, оригинальные зацепы для крепления подъемной оснастки к корпусу; транспортировка лодки осуществлялась под днищем баржи в прижатом состоянии, а для постановки в плавдок применили дополнительные понтоны для уменьшения осадки баржи с лодкой с 20,7 м до 14 м.

Отдельные главы этой очень интересной книги посвящены событиям, приведшим к гибели АПК «Курск», операциям с участием платформы «Регалия», судов «Рудницкий» и «Келдыш», работам в Росляково и, конечно, людям, которые превратили в реальность дерзкий проект подъема лодки.

Совсем не просто рассказать всю правду о «Курске». Тем более ценны воспоминания и размышления, связанные с этой трагедией, выдающегося ученого и специалиста в области подводного кораблестроения, действительного члена Российской академии наук И. Д. Спасского.

Книга объемом 288 стр. иллюстрирована более чем 150 цветными фотоснимками, большинство из которых публикуется впервые. □



НОВАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ СУДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Ю. Л. Кузьмин, докт. техн. наук, В. Н. Трощенко, канд. техн. наук,
Т. Е. Медяник, Г. В. Тарандо, Л. Д. Ротц, Н. Н. Купцова
(ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»)

УДК 629.5.024:620.197.5

Электрохимическая катодная защита наложенным током — наиболее надежный и экономически выгодный способ предохранения от коррозии подводной части корпусов морских судов. Катодная защита не требует ее замены в течение всего срока службы судна и обеспечивает оптимальную защиту корпуса в различных условиях эксплуатации и при различной степени износа его лакокрасочного покрытия; обеспечивает полное подавление коррозии основного металла обшивки и сварных швов корпуса, независимо от вида используемых сварочных материалов и режимов сварки; позволяет снизить шероховатость обшивки и увеличить междоковый период эксплуатации корпуса, а для проектируемых новых судов — уменьшить его массу за счет исключения увеличенной толщины обшивки на величину коррозионного износа и применения низколегированных сталей повышенной прочности.

Практически все строившиеся до конца 80-х годов XX века морские суда большого и среднего водоизмещения оборудовались системами катодной защиты подводной части корпуса. Элементы, входящие в состав системы, изготавливались на Украине (аноды и электроды сравнения) и в России (источники питания). В связи с распадом СССР и последующим общим снижением промышленной активности, в том числе резким сокращением количества строящихся судов, производство средств катодной защиты в начале 90-х годов было прекращено.

В настоящее время ситуация меняется. Судостроительная промышленность России постепенно восстанавливается. На судостроительных заводах пополняется портфель заказов. Учитывая это, ЦНИИ КМ «Прометей» в последние годы за счет своих внутренних ресурсов разработал новую усовершенствованную систему катодной защиты корпусов судов от коррозии и организовал промышленное производство входящих в ее состав элементов. Система включает платино-ниобиевые аноды, хлорсеребряные электроды сравнения и автоматические полупроводниковые преобразователи в качестве источ-

ников питания. Платино-ниобиевые аноды типа АУ-1М, АУ-2М и АУ-3М (рис. 1) с текстурированным платиновым покрытием, наносимым в инертной среде по специальной технологии, по форме и установочным размерам не отличаются от ранее применявшихся анодов типа АУ-1, АУ-2 и АУ-3. С целью повышения эксплуатационной надежности новых анодов на наружную поверхность их изоляционной основы из эпоксидного стеклопластика типа СТЭТ нанесен специальный защитный слой, стойкий к активному хлору, выделяющемуся при работе анодов в морской воде¹. Платино-ниобиевые рабочие электроды анодов имеют размеры рабочей поверхности 500х15 мм и рассчитаны на номинальный ток 25 А. Текстурированное платиновое покрытие рабочих электродов с заданной ориентацией грани кристаллов платины в отличие от ранее применявшейся в анодах поликристаллической платины имеет в 3—4 раза меньшую скорость анодного растворения, что обеспечивает больший срок службы новых анодов.

Аноды типа АУ-1М устанавливаются поверх обшивки корпуса, а АУ-2М и АУ-3М — в нишах заподлицо с обшивкой и предназначены, в первую очередь, для быстроходных морских судов. На анодах типа АУ-1М и АУ-2М поверхность рабочих электродов углублена в изоляционную основу, а на АУ-3М выполнена заподлицо с изоляционной основой. Все три типа анодов применяются в сочетании с околоанодными экранами из эпоксидного стеклопластика, наформованного непосредственно на обшивку корпуса судна вокруг анода (рис. 2), или в виде мастичных экранов. Аноды изготавливаются и поставляются ЦНИИ КМ «Прометей» по ТУ5.394-111813—2002.

Для судов ледового плавания, ледоколов и ледостойких морских платформ для нефтегазодобычи на шельфе арктических и дальневосточных морей разработаны специальные ледостойкие аноды типа АКЛ-2МУ², которые изготавливаются и поставляются ЦНИИ КМ «Прометей» по ТУ5.394-111638—1997. Анод типа АКЛ-2МУ (рис. 3)

¹ Патент РФ № 2064531. Анодный узел для системы катодной защиты от морской коррозии металлических судов и сооружений/Авт. изобретения Ю. Л. Кузьмин, В. Н. Трощенко, Г. В. Тарандо, Г. А. Гранаткина.

² Ледостойкие анодные узлы для систем катодной защиты от коррозии/Ю. Л. Кузьмин, В. Н. Трощенко, Т. Е. Медяник, Г. В. Тарандо//Судостроение. 2001. № 6.

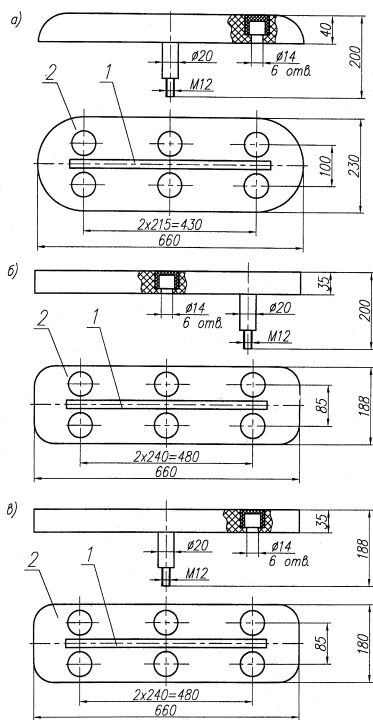


Рис. 1. Платино-ниобиевые аноды для систем катодной защиты судов от коррозии: а — анод АУ-1М; б — анод АУ-2М; в — анод АУ-3М; 1 — основа; 2 — электрод

состоит из платино-ниобиевого рабочего электрода, выполненного в виде двух электрически связанных между собой полос длиной 500 мм и шириной 15 мм, заформованных в изоляционную основу из пресс-материала с наружным слоем, стойким к активному хлору. Изоляционная основа диаметром 900 мм и толщиной 45 мм снаружи закрыта защитным листом из титана. Предотвращение электрокоррозии титанового листа при работе анода достигается путем его подключения к корпусу судна через специальное

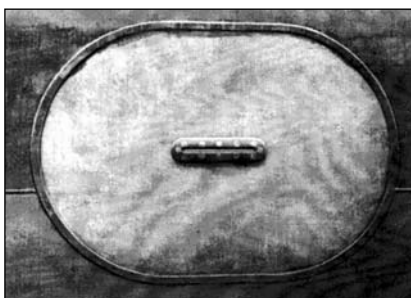


Рис. 2. Платино-ниобиевый анод со стеклопластиковым околоанодным экраном на подводной части корпуса судна

устройство — компенсатор, поставляемый вместе с анодом. Аноды рассчитаны на номинальный ток 40 А при выходном напряжении источника питания катодной защиты 36 В.

В качестве контрольных электродов, управляющих работой катодной защиты и контролирующих ее эффективность, используются хлорсеребряные электроды сравнения типа ЭСХП-СС, изготавливаемые и поставляемые ЦНИИ КМ «Прометей» по ТУ5.394-111568—1994. В системах катодной защиты судов ледового плавания, ледоколов и морских сооружений, эксплуатирующихся в ледовых условиях, применяются ледостойкие хлорсеребряные электроды сравнения типа ЭСХП-СЛ, поставляемые по ТУ5.394-11651—1997.

Для питания систем катодной защиты ЦНИИ КМ «Прометей» совместно с ООО «Корпорация «Тира» разработал автоматические статические преобразователи типа ТПЦ1-200-24, ТПЦ3-200-24 и ТПЦ3-200-36, рассчитанные на выходной ток 200 А и номинальное выходное напряжение 24 и 36 В¹.

Преобразователи типа ТПЦ могут работать в автоматическом и ручном режимах управления. При автоматическом режиме обеспечивается поддержание заданного защитного потенциала корпуса относительно установленного на корпусе хлорсеребряного электрода сравнения. Преобразователи рассчитаны на одновременное подключение двух кон-

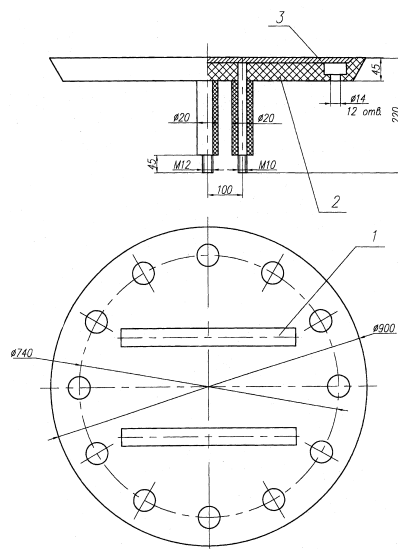


Рис. 3. Ледостойкий платино-ниобиевый анод типа АКЛ-2МУ: 1 — электрод; 2 — основа; 3 — защитный лист

трольных электродов сравнения — основного и резервного. Возможна также работа этих преобразователей с цинковыми контрольными электродами.

При ручном режиме управления обеспечивается ручное плавное регулирование выходного напряжения и тока.

Климатическое исполнение преобразователей ОМ5 соответствует ГОСТ 15150, охлаждение — естественное воздушное, режим работы — длительный непрерывный, степень защиты IP23 по ГОСТ 14254. Исполнение и условия эксплуатации преобра-

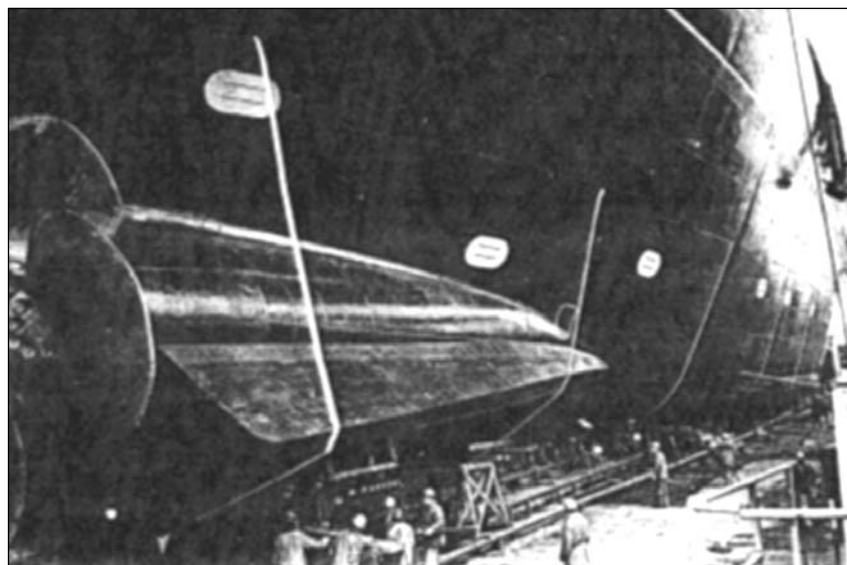


Рис. 4. Ледостойкие платино-ниобиевые аноды системы катодной защиты от коррозии атомного ледокола «50 лет Победы»

¹Патент РФ № 2149220. Устройство для питания и автоматического регулирования выходного тока системы катодной защиты от коррозии металлоконструкций/Авт. изобретения С. М. Житомирский, Ю. Л. Кузьмин, Э. Ф. Макаров.

Основные технические характеристики источников питания катодной защиты			
Характеристика	ТПЦ1-200-24	ТПЦ3-200-24	ТПЦ3-200-36
Напряжение питающей сети, В	220	380	380
Частота питающей сети, Гц	50	50	50
Число фаз	1	3	3
Номинальное выходное напряжение, В	24	24	36
Номинальный выходной ток, А	200	200	200
Диапазон регулирования выходного тока, А	0—200	0—200	0—200
Коэффициент пульсации, %, не более	15	8	8
Диапазон регулирования установки защитного потенциала, мВ	100—1500	100—1500	100—1500
Отклонение защитного потенциала корпуса от заданного значения при работе в автоматическом режиме, %, не более	50	50	50
Входное сопротивление измерительного канала, МОм, не менее	1	1	1
Коэффициент полезного действия в номинальном режиме, %, не менее	80	85	85
Коэффициент мощности в номинальном режиме, не менее	0,75	0,8	0,75
Номинальная потребляемая активная мощность, кВт, не более	6,0	6,0	8,5
Полная потребляемая мощность, кВт	7,5	7,5	10,0

зователей типа ТПЦ удовлетворяют требованиям Правил Российского Морского Регистра Судоходства к судовому электрооборудованию.

Конструктивно преобразователь оформлен в виде металлического шкафа, на лицевой панели которого расположены световая сиг-

нализация и цифровой индикатор с переключателем для контроля: выходного напряжения; выходного тока; заданного защитного потенциала; фактического потенциала корпуса относительно основного контрольного электрода сравнения и резервного контрольного электро-

да сравнения. Ресурс работы преобразователей — 250 000 ч, срок службы — 25 лет.

Преобразователи типа ТПЦ изготавливаются и поставляются ООО «Корпорация "Тира"» в соответствии с техническими условиями ТИРА2.087.011ТУ.

Рекомендации по проектированию и установке новых усовершенствованных систем катодной защиты для конкретных типов судов разрабатываются ЦНИИ КМ «Прометей». Одновременно решаются все вопросы поставки оборудования и монтажа систем катодной защиты.

Усовершенствованная система катодной защиты уже включена в проекты ряда новых судов, проектируемых ЦМКБ «Алмаз», ЦКБ «Айсберг» и др. Система с ледостойкими анодами устанавливается на достраиваемом атомном ледоколе «50 лет Победы» (рис. 4) и включена в проектную документацию строящейся ледостойкой платформы «Приразломная».

Широкое применение новых систем катодной защиты в судостроении и на флоте позволит решить проблему защиты от коррозии подводной части корпусов морских судов и даст значительный экономический эффект. □

Статистические данные Lloyd's Register of Shipping по ведущим судостроительным странам, 2003 г., март

Страна	Сдано в I квартале		Заказано в I квартале		Портфель заказов на 31 марта 2003 г.			Изменения по сравнению с IV кварталом 2002 г.	
	N	крт	N	крт	N	рт	крт	N	крт
1. Южная Корея [1]	63	1 923 802	157	5 069 816	563	32 848 659	18 114 216	+89	+2 898 813
2. Япония [2]	108	1 910 973	112	2 006 755	605	24 828 648	13 685 906	+26	+633 839
3. Китай [3]	29	518 324	30	380 849	370	8 729 345	5 748 542	+7	-189 524
4. Италия [4]	5	132 250	1	11 550	63	1 609 801	1 781 924	-3	-130 055
5. Польша [5]	5	57 926	8	183 512	92	2 121 436	1 571 753	+8	+208 068
6. Германия [6]	8	142 763	8	100 180	63	1 303 885	1 260 313	-2	-46 876
7. США [7]	9	40 390	1	8000	114	1 223 765	1 076 118	-2	+107 286
8. Испания [9]	12	42 225	30	137 908	113	918 954	945 893	+5	+63 058
9. Хорватия [8]	3	75 072	2	44 048	49	1 277 173	901 935	-1	-65 288
10. Румыния [10]	11	87 975	4	40 302	83	620 346	688 788	-4	-7546
11. Нидерланды [11]	14	62 064	33	126 429	172	422 798	665 203	+16	+34 887
12. о. Тайвань [17]	5	109 860	12	342 398	28	1 294 644	644 561	+9	+250 983
13. Финляндия [13]	0	0	0	0	7	465 876	560 535	0	+990
14. Франция [12]	1	7690	1	8000	8	407 192	510 950	-1	-81 230
15. Украина [15]	0	0	0	0	46	430 301	460 623	-1	-8978
16. Турция [16]	5	24 557	7	36 000	75	287 140	429 966	+3	+11 842
17. Россия [18]	3	14 988	0	0	65	280 246	391 754	-2	-1323
18. Бразилия [20]	1	1595	1	6400	35	216 333	300 168	0	+5060
19. Филиппины [21]	5	32 306	2	30 400	17	516 800	258 400	-2	+13 100
20. Дания [19]	1	60 772	0	0	10	361 210	256 267	-1	-45 825
...
Всего	321	5 443 705	439	8 628 400	2949	81 141 684	51 754 621	+154	+3 308 447

Примечание. N — количество судов; крт — компенсированная регистровая тонна; рт — регистровая тонна. Более подробные данные — см. Ship en Werf de Zee. 2003. September. P. 38, 39.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ АСУ

Г. В. Лямов, канд. техн. наук, И. И. Нидзиев
(ВМИРЭ им. А. С. Попова)

УДК 681.31

Качество программного обеспечения, используемого в корабельных автоматизированных системах управления (АСУ), является критически важным фактором. Это связано с тем, что эффективность боевого применения всего корабля во многом зависит от правильности и надежности обработки информации и решения прикладных задач в корабельных АСУ.

Оценку качества программного обеспечения можно назвать новой и молодой научной дисциплиной. Ее стремительное развитие пришлось на 80-е годы XX века, и это в большой мере было связано с осознанием учеными того, что существующие методики оценки качества технической продукции очень редко удается переложить для оценки качества программного обеспечения. Это связано с особым характером процесса производства программной продукции, который в большой степени является творческим, нестандартным процессом, слабо поддающимся формализации. Понимание данного факта привело, с одной стороны, к разработке более взвешенных частных методик оценки различных характеристик качества с четко определенной областью действия, с другой стороны, появились целые модели обеспечения качества программной продукции, реализованные в международных и отечественных стандартах.

Во всех индустриально развитых странах стандартам, нацеленным на обеспечение качества программных средств, уделяется большое внимание. В первую очередь это относится к проблеме использования программных средств в критически важных областях, к которым можно однозначно отнести предметную область применения корабельных АСУ и ВМФ вообще.

В Российской Федерации ситуация со стандартизацией области инженерии программных средств в настоящее время является сложной и противоречивой. Все существующие в России стандарты по данному направлению можно условно разделить на три группы:

стандарты Единой системы программной документации;

стандарты по управлению документацией, разработанные на базе соответствующих международных стандартов (ГОСТ Р ИСО 9127—94 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 92940—93);

стандарты, определяющие номенклатуру показателей качества программных средств (ГОСТ 28195—89 и ГОСТ 28806—90).

При этом стандарты первой группы, введенные в действие в 70-е годы, за последние десятилетия практически не корректировались, не согласовывались с международными стандартами, в том числе и со стандартами второй группы, а стандарты третьей группы противоречат друг другу и практически не отражают современные тенденции в оценке качества программ.

Некоторым положительным шагом стало решение Госстандарта о принятии в качестве российских международных стандартов ISO 9000 (1—4), определяющих общие положения по качеству, системам качества и руководству качеством. Однако применение этих стандартов непосредственно к инженерии программных средств многими специалистами считается проблематичным. Такая ситуация заставляет большинство разработчиков программного обеспечения придерживаться в первую очередь международных стандартов, регламентирующих качество программных продуктов.

В настоящее время можно выделить два наиболее удачных и содержательных стандарта — это Capability Maturity Model (CMM) и ISO/IEC 15504 (SPICE). Существуют и другие стандарты с достаточно развитой методологией, например Bootstrap, во многом схожий со стандартами CMM и SPICE; Trillium, ориентированный на разработку продуктов в области телекоммуникаций; и ISO 12207, посвященный жизненному циклу программного обеспечения.

Между тем все эти стандарты, определяющие модели качества программных средств, базируются на главном понятии, определяемом как «зрелость организации». т. е. в настоящее время принято считать, что качество программного обеспечения прямо зависит от «зрелости» организации разработчика. Незрелой считается организация, в которой процесс разработки программного обеспечения зависит только от конкретных исполнителей и руководителей, и решения часто просто импровизируются «на ходу». В этом случае велика вероятность превышения бюджета, сроков сдачи проекта и в итоге выпуск недостаточно качественного программного обеспечения.



Уровни «зрелости» организации в СММ

С другой стороны, в зрелой организации имеются четко определенные процедуры создания программного обеспечения и управления проектами. В этих организациях используют стандарты на процессы разработки, тестирования и внедрения программного обеспечения, правила оформления конечного программного кода, компонент, интерфейсов и т. д. Все это составляет инфраструктуру и так называемую корпоративную культуру, поддерживающую процесс разработки программного обеспечения.

Уровень зрелости организаций, применяющих подобные модели (рисунок) определяется независимыми сертификационными обществами, в свою очередь прошедшими соответствующую аттестацию. Число компаний, включившихся в данные программы, постоянно растет, и все известные фирмы — производители программного обеспечения имеют соответствующие высокие уровни зрелости. И хотя практика показала, что нет однозначной зависимости

между официально засвидетельствованными рейтингами зрелости процессов и качеством производимого программного обеспечения, само по себе усовершенствование процессов разработки программной продукции в большинстве случаев приносит реальные положительные результаты.

Исходя из уже наработанного отечественного и зарубежного опыта по реализации в организациях — разработчиках программного обеспечения — моделей обеспечения качества, можно сделать вывод о рациональности исследования использования подобных методологий применительно к организациям, разрабатывающим программную продукцию военного назначения, в частности программного обеспечения корабельных АСУ.

Качество программной продукции — многогранное понятие, включающее в себя различные характеристики. Несмотря на то, что до сих пор нет единого взгляда на составные части дерева характеристик, составляющих качество, можно выделить ряд

параметров, общих для всех исследователей. Это прежде всего: надежность, эффективность, стоимость, модифицируемость (сопровождаемость), точность, универсальность, трудоемкость. Причем такие показатели, как функциональность, надежность, эффективность, сопровождаемость и переносимость, вошли в определение характеристик качества международных стандартов.

Существующая на сегодняшний день теория и практика оценки качества программного обеспечения определяет необходимость подбора критериев оценки качества индивидуально, применительно к каждому конкретному проекту или группе однотипных проектов, с учетом условий их использования.

Таким образом, проблема создания качественного программного обеспечения, с одной стороны, должна решаться за счет целого комплекса мер, в том числе стандартизации процессов проектирования и разработки, с другой — для конкретной оценки качественных характеристик создаваемого программного обеспечения необходимо выбирать в каждом конкретном случае наиболее важные характеристики, которые должны определяться через использование обоснованных методов оценки качества.

Литература

- Ивакин Я. А. Метод оценки качества баз знаний корабельных АСУ // Дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. СПб.: ВВМУРЭ имени Попова, 1997.
- Леонтьев Ю. Б. Метод разработки и сопровождения библиотек прикладных функций и классов для создания программных систем военного назначения // Дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. СПб.: ВМА имени Н. Г. Кузнецова, 2002.
- Лычев А. В., Лямов Г. В., Чудаков О. Е. Структура программного обеспечения систем обработки информации // Сб. тезисов IX Межвузовской научно-технической конференции. Петродворец: ВВМУРЭ им. Попова, 1998.

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ ОАО «Северсталь» ввело в опытно-промышленную эксплуатацию автоматизированную установку ультразвукового контроля «Север-6-08-5000» для обнаружения дефектов в горячих листах. Проверка проката, в том числе для судостроения, теперь производится при температуре до 650 °С с использованием электромагнитно-акустических преобразователей через воздушную подушку.

✓ В октябре компания «Транзас» заключила с ОАО «Волгоградский судостроительный завод» контракт на сумму более 1 млн евро на поставку систем ГМССБ, навигационного оборудования (РЛС, гироскоп, магнитный компас, авторулевой, эхолот, лаг, регистратор данных рейса, АИС), комплекса внутрису-

довой связи и телевидения, пультов управления для шести сухогрузов дедвейтом 6970 т типа «Palmali Trader» (пр. 006RSD05), которые будут построены в 2004—2006 гг.

✓ Объединенные машиностроительные заводы приобрели в октябре на аукционе 19,2% акций ОАО «Волгоградский судостроительный завод», доведя тем самым свой пакет акций до 69,2%.

✓ 6 октября ОАО «Мурманское морское пароходство» подписало соглашение с французской фирмой SGN по международному проекту «Комплексная утилизация плавбазы «Лепсе» (фаза 1А)». Эта фаза предполагает разработку техзадания на выгрузку с судна отработанного ядерного топлива, обоснование инвестиций. Стоимость 650 000 евро, срок выполнения — 6 мес. Финансирование осуществляют корпорация NEFCO и фонд FFEM. □

«СТЕЛСОВСКИЕ» АСПЕКТЫ В ПРОБЛЕМЕ ЭЛЕКТРО-МАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Б. В. Азаров, канд. техн. наук (ВМИРЭ имени А. С. Попова)

УДК 621.391.82:681.586

В современном кораблестроении, как в нашей стране, так и за рубежом значительное внимание уделяется снижению радиоэлектронной, в частности радиолокационной заметности морских подвижных объектов (МПО)¹. Так, еще в 1988 г. в докладе министра обороны США выпускникам Военно-морской академии обратил их внимание на то, что меры по снижению радиоэлектронной заметности надводных кораблей (НК), во-первых, радикально изменяют архитектуру корабля в целом (рис. 1), а во-вторых, революционизируют методы войны на море.

Снижение радиоэлектронной заметности МПО в основном достигается двумя путями: реализацией принципов и достижений программы (концепции) «Stealth» (таблица); повышением скрытности функционирования (применения, использования) технических средств (ТС)² различного назначения и принципов действия, особенно радиоэлектронных средств (РЭС).

Первое направление связано со значительным уменьшением электромагнитной энергии, переизлучаемой в направлении прихода сигнала радиолокационного средства противника, второе предусматривает совершенствование ТС в плане ужесточения требований к характеристикам излучаемой ими электромагнитной энергии.

Каждое из этих направлений имеет свои преимущества при реализации программы снижения радиоэлектронной заметности в процессе проектирования и создания МПО. Однако при эксплуатации и боевом использовании каждое из них вступает в противоречие с задачами электромагнитной совместимости (ЭМС) его ТС. Под ЭМС понимается способность ТС функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке (ЭМО)³ и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам [1].

Проблема электромагнитной совместимости технических средств на морских,

береговых и воздушных объектах ВМФ по-прежнему актуальна и многопланова. Наиболее же сложна она на МПО, особенно на НК [2]. В связи с этим рассмотрим оба направления снижения радиолокационной заметности и способы их реализации с позиций проблемы обеспечения ЭМС ТС на НК, а точнее — с позиций их негативного вклада в формирование реальной, а не расчетной ЭМО на корабле.

Первое направление реализуется различными способами:

1. Устранение явлений уголкового отражения и увеличение энергии, переизлучаемой в других направлениях. Способ реализуется за счет выбора специальной формы НК, его надстроек, мачт, оружия и вооружения, укрытия верхнепалубных устройств в надстройках и задраиваемых выгородках и т. п.;

2. Использование специального материала (покрытия), способного уменьшить долю энергии, переизлучаемой в обратном направлении, за счет процесса поглощения облучаемого сигнала;

3. Увеличение доли энергии, переизлучаемой в пространство на частотах гармоник (субгармоник) основной (рабочей) частоты радиолокационной станции противника и (или) на комбинациях с частотами излучений иных РЭС. В конечном счете, соответственно снижается доля отраженной обратно энергии радиолокационной станции противника на ее рабочей частоте.

Недостатки первого способа снижения радиолокационной заметности обусловлены, во-первых, тем, что энергия электромагнитной волны, излученная РЭС противника, переизлучается от элементов корпуса, надстроек, верхнепалубных устройств, стоячего и бегучего такелажа не в обратную сторону, а полностью и (или) частично на антенны (антенные посты) РЭС своего корабля. Во-вторых, излучения собственных РЭС (главных, а в большей степени нижних или верхних лепестков диаграмм направленности антенн) в

¹К морским подвижным объектам в рамках статьи отнесены: водоизмещающие и неводоизмещающие корабли, экраноланы, низколетящие летательные аппараты.

²Техническое средство — изделие, оборудование, аппаратура и (или) их составные части, функционирование которых основано на законах электротехники, радиотехники и (или) электроники, содержащие электронные компоненты и (или) схемы, которые выполняют одну или несколько следующих функций: усиление, генерирование, преобразование, переключение и запоминание. ТС может быть радиоэлектронным средством вычислительной техники, электронной автоматики, электротехники, а также изделием промышленного, научного, медицинского и военного назначения [1].

³Электромагнитная обстановка — совокупность электромагнитных явлений и процессов в заданной области пространства, частотном и временном диапазонах [1].

Меры уменьшения радиоэлектронной заметности кораблей, построенных с применением технологии «Стелс»	
Тип корабля, название, страна	Меры уменьшения радиоэлектронной заметности
Опытное судно «Sea Shadow», США	<ol style="list-style-type: none"> 1. Угол наклона несущих опор корпуса равен 45° 2. Набор корпуса из стали HSS; обшивка — HY-100 3. Корпус из сварных металлических пластин, длина которых меньше, чем длина волны радиолокационной станции 4. Борты завалены с ограниченным числом параллельных линий 5. Несущие опоры покрыты радиопоглощающим материалом (РПМ), обладающим хорошей устойчивостью к воздействию океанской воды
Фрегат «Arleigh Burke», США	<ol style="list-style-type: none"> 1. Развал бортов более 8° на значительной части низкосидящего корпуса, V-образные носовые обводы с приподнятым клиперским носом 2. Надстройка простой архитектуры, незначительной высоты с заваленными бортовыми переборками 3. Пусковые установки пакетного типа и с подпалубным размещением 4. Ограничено число иллюминаторов 5. Шлюпки, дельные вещи, ряд верхнепалубных устройств и оснастки расположены под палубой 6. Широко использованы РПМ и радиопрозрачные материалы
Корвет «Visby», Швеция	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вооружение скрыто под палубой, закрыто люками 2. Корпус и надстройка специальной формы сделаны из углеродистого волокна, нити которого ориентированы по-разному относительно друг друга 3. Используются частотно-избирательные покрытия и радиопрозрачные материалы
Ракетный катер «Smuge», Швеция	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкий сглаженный силуэт 2. Заваленные борта и надстройки 3. Все вооружение и большинство ТС размещено под палубой 4. Часть антенных постов и мачта — выдвижные 5. Артустановка имеет скошенные поверхности 6. Корпус, надстройки, воздухозаборники покрыты РПМ 7. Входы воздухозаборников закрыты сеткой из РПМ 8. Двери, люки, трубопроводы имеют гальванические прерыватели со специальными резиновыми соединениями 9. Выхлопные трубы изготовлены из нержавеющей стали
Фрегат «Sea Wraith», Великобритания (проект)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Носовая оконечность — волнорезного типа с выраженными скосами и гранями 2. Надводная часть корпуса и надстройки имеют ассиметричную форму 3. Мачты изготовлены из стеклопластика с встроенными в нее антеннами 4. Материал мачт поглощает и (или) рассеивает радиолокационные сигналы, но пропускает излучения средств радиосвязи 5. Мачты расположены ассиметрично относительно диаметральной плоскости корпуса 6. Грот-мачта имеет встроенную выдвижную верхнюю часть с антенными системами
Фрегат «La Fayette», Франция	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основная часть верхнепалубных ТС размещена под палубой 2. Широко используются съемные листы из РПМ 3. Углы наклона бортов, боковых поверхностей надстроек (до 10°) имеют плавные переходы 4. Применены композиционные РПМ и краски, снижающие эффективную площадь рассеивания (ЭПР) до ЭПР 500-тонного катера 5. Часть надстройки изготовлена из данных РПМ 6. Увеличена скрытность излучения радиолокационной станции
Эсминец «Murasame», Япония	<ol style="list-style-type: none"> 1. Корпус корабля выполнен с неповторяющимися углами наклона поверхностей 2. Надстройки, мачты покрыты РПМ и радиопрозрачными покрытиями 3. Применена противоосколочная броня из кевлара 4. Шпангоуты корпуса наклонены на 7° по отношению к вертикали
Ракетно-артиллерийский катер «Saettia», Италия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сильно разваленные борта, исключены все уголкового типа конструкции корпуса и надстроек 2. Вертикальные поверхности надстройки имеют завал с углом наклона 15° 3. Верхнепалубные устройства, мачта и леера изготовлены из РПМ и радиопрозрачных материалов
Фрегаты проекта MEKO-Mod.3, ФРГ, имеются также в составе ВМС Португалии, Греции, Австралии, Новой Зеландии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Развал бортов в средней части корпуса до 12° 2. Развитый по длине надстройки наклон ее вертикальных поверхностей и дверей ангаров 3. Отсутствуют уголкового типа конструкции 4. Мачта восьмигранного сечения 5. ЭПР фрегата равна ЭПР 500-тонного катера в 3-см диапазоне

этих условиях переотражаются также в непрогнозируемых направлениях, в том числе на свои антенны (рис. 2).

Практика показывает, что в этом случае просчитать степень ухудшения ЭМО теоретически невозможно. Понятно, что воздействие таких непреднамеренных радиопомех¹ на РЭС различного назначения и принципа действия тоже различно. Этим помехам наиболее подвержены средства обнаружения излучений в силу широкой полосы их при-

емных устройств, диаграммы направленности антенных систем, постоянного использования в боевой и угрожаемый период [4]. Например, на индикаторах средств обнаружения излучений наблюдается мерцание, дрожание, расплывчатость, дробление формы и фронтов импульсов, «гуляние пеленга». Эти явления значительно затрудняют анализ принятых сигналов. Влияние таких непреднамеренных радиопомех на радиолокационные станции сказывается менее и происходит только при сов-

падении или близости несущих частот и частоты повторения импульсов своих и чужих РЭС. Таким образом, любая попытка уменьшить эффективную площадь рассеивания НК без применения специальных покрытий, конструктивных и лакокрасочных материалов в конкретных секторах по курсовому углу и (или) углу места однозначно приводит к непрогнозируемому возрастанию эффективной площади рассеивания в других, тоже непрогнозируемых, секторах. Следствием этого и будет существ-

¹Непреднамеренная радиопомеха — радиопомеха, создаваемая источником искусственного происхождения, не предназначенная для нарушения функционирования РЭС [3].



Рис. 1. Катер береговой охраны ВМС США типа «Циклон» (PC-05 «Тайфун»), предназначенный для проведения разведывательных и специальных операций (Санкт-Петербург, 1995 г.)

венное осложнение как ЭМО, так и проблемы ЭМС в целом.

Недостатки второго способа снижения радиолокационной заметности зависят от класса (вида) и типа применяемых спецпокрытий. Спецпокрытия подразделяются на градиентные (поглощающие), интерференционные и комбинированные, а также управляемые импедансные покрытия и структуры. Принципы их построения и действия достаточно известны. Общий недостаток спецпокрытий — относительно невысокая диапазонность, значительные массогабаритные характеристики, наличие электропроводящих материалов, в том числе металлических. Покрытия и структуры существенно ослабляют энергию электромагнитной волны только при ее нормальном падении, что тоже можно отнести к недостаткам. В случае же прихода волны с других направлений эффективность всех спецпокрытий, за исключением управляемых, резко падает. Таким образом, применение спецпокрытий в силу изложенных недостатков также будет способствовать появлению переотражений энергии падающей волны в других направлениях (см. рис. 2). Кроме того, металлические составляющие покрытий склонны под воздействием агрессивной среды (соленая океанская или морская вода и ее аэрозоль в воздухе) к коррозии и (или) окислению. Данный недостаток способствует появлению на по-

верхности покрытия и в местах ее соприкосновения с элементами конструкции МПО нелинейных контактов. Последние, в свою очередь, при их облучении РЭС порождают контактные помехи¹. Эти помехи создаются в аналогичных эксплуатационных условиях и другими элементами МПО (надстройками, стоячим и бегущим такелажом, рангоутом, антеннами, верхнепалубными устройствами, некоторыми лакокрасочными покрытиями и т. д.). Такая среда способствует появлению коррозии и окисления в значительном количестве, причем этот процесс носит случайный и трудно прогнозируемый характер. Вследствие этого при одновременном функционировании всех ТС на МПО возникает как контактные, так и индустриальные помехи². Они вносят свой вклад в ухудшение ЭМО уже не только в ее временной, но и в частотной области (рис. 3). Тем самым снижается, в первую очередь, эффективность работы средств радиосвязи и средств обнаружения излучений.

Особое место занимают управляемые импедансные покрытия и структуры, которые способны изменять в заданных пределах различные информативные радиолокационные характеристики МПО во времени и (или) в пространстве. Система управления импедансными покрытиями и структурами, находясь в сложной, динамичной и случайной ЭМО, в том

числе и под воздействием контактных и индустриальных помех, будет вносить свой вклад в усложнение ЭМО, но еще дополнительно и в ее энергетической области.

Таким образом, устраняя недостатки первого способа снижения радиолокационной заметности с помощью второго, необходимо принимать во внимание его достоинства и недостатки, ибо в противном случае ЭМО будет непрогнозируемо ухудшаться, но уже в процессе эксплуатации МПО.

Недостатки третьего способа снижения радиолокационной заметности обусловлены применением при его реализации нелинейных и активных материалов (элементов) и механизмом их (т. е. нелинейностей) взаимодействия с электромагнитным полем. Данные материалы уже по своему прямому назначению — перераспределению энергии, излучаемой различными ТС, на другие частоты — способствуют ухудшению ЭМО. Такие нелинейности образуют случайные комбинации частот при их одновременном облучении несколькими средствами. В ряде случаев на таких частотах происходит усиление энергии электромагнитного поля. На это объективное явление накладывается еще и ряд дополнительных факторов, связанных с особенностями эксплуатации и боевого применения МПО: ржавление собственно МПО, особенно НК, в том числе установленных на нем материалов с нелинейностями; постоянная борьба экипажа с ржавчиной в процессе эксплуатации МПО, а также со льдом; изменения параметров своих излучающих ТС в процессе эксплуатации и (или) после ремонта (это часто случается после замены элементов в задающих генераторах, схемах стабилизации частоты, цепях питания и т. п.).

Первые два фактора ведут к стохастическим изменениям свойств и характеристик нелинейностей, а следовательно, и к изменению реальной ЭМО на НК. Кроме того, в рамках второго фактора возможно возникновение и новых, дополнительных нелинейных контактов. Очевиден вклад и третьего фактора в процесс формирования электромаг-

¹Контактная помеха — электромагнитная помеха, обусловленная излучением токопроводящих контактов и (или) среды с нелинейной проводимостью при воздействии на них электромагнитного поля [1].

²Индустриальная помеха — электромагнитная помеха, создаваемая техническими средствами. К индустриальным не относятся помехи, создаваемые излучениями выходных трактов радиопередатчиков [1].

нитной обстановки. Вследствие этого ЭМО будет случайным образом как усложняться, так и непредсказуемо меняться по всем или большинству своих параметров.

Недостатки способов первого направления снижения радиолокационной заметности с точки зрения обеспечения ЭМС могут быть осложнены и за счет способов второго направления, например при использовании ТС «скрытых» излучений. Широкополосные (шумоподобные и т. п.) сигналы, взаимодействуя с описанными выше нелинейностями и нелинейными контактами, будут переизлучаться в виде случайного многообразия комбинаций частот с различной, порой существенной, энергетикой. Это, наряду с их собственной широкополосностью, еще более загрузит ЭМО МПО во всех ее областях.

Известно, что в типовой аппаратуре обеспечения ЭМС компенсация влияния переотражений от корпуса МПО предусматривает увеличение длительности бланкирующих и стробирующих импульсов. При комплексном применении (использовании) всех или большинства ТС, что имеет место особенно у НК в ближней зоне или в зоне самообороны, аппаратура обеспечения ЭМС будет выдавать бланкирующие и стробирующие импульсы непрерывным потоком на все пораженные непреднамеренными помехами радиочастоты [2]. В силу искусственного удлинения этих импульсов и их высокой частоты повторения эффективность защищаемых ТС будет снижена.

Необходимо подчеркнуть, что заблаговременно частоты контактных, промышленных и отдельных видов непреднамеренных радиопомех расчетным путем определить с требуемой для практики точностью невозможно, хотя и имеются математические выражения, позволяющие выполнять прикидочные оценки. Отсюда ясна актуальность и важность экспериментального исследования фактической ЭМО, измерения ее параметров на реальных МПО как в процессе испытаний в море, так и после значительных модернизационных работ и капитального ремонта. Основная цель — выявить значения (или пределы) частот и энергетiku вышеназванных помех, при каких эксплуатационных и боевых условиях (предпосылках) они проявляются. Не-

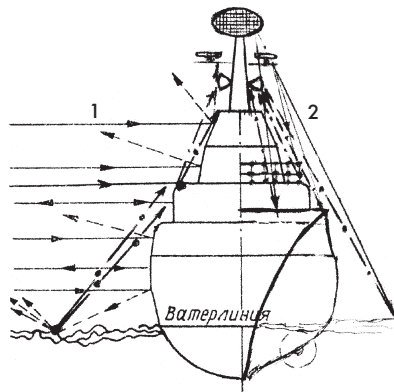


Рис. 2. Пути попадания непреднамеренных электромагнитных помех типа переотражений на антенные посты РЭС:
1 — излучения РЭС противника;
2 — излучения РЭС МПО

обходимо помнить, что от знания ЭМО и наших возможностей по воздействию на нее зависит эффективность мероприятий не только ЭМС, но и тактической маскировки, противодействия иностранной технической разведке, борьбы с самонаводящимся на излучения оружием.

Представляет определенный интерес, с позиций проблемы ЭМС, реакция МПО в целом и его покрытий (материалов) с нелинейностями на воздействие несмертельного оружия различных принципов действия, в том числе электромагнитного и лучевого. Традиционно считается, что несмертельное оружие выводит из строя технические средства МПО, против которого оно применено. Однако здесь представляет интерес, как поведет себя ТС соседних объектов, находящихся на удалении. Так, в 1980 и 1982 гг. при испытаниях на НК «Бойкий» было обнаружено новое явление, а именно, переизлучение вторичного эле-

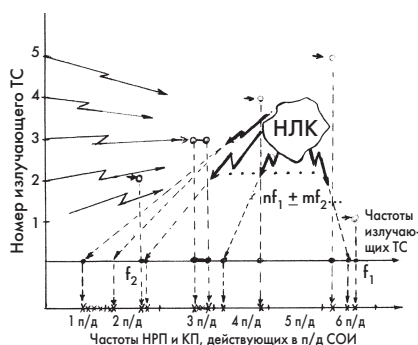


Рис. 3. ЭМО на «стелсовском» МПО без вклада промышленных помех (п/д — поддиапазон; о — частоты или пределы изменения частоты); НЛК — нелинейность; m, n — целые числа от 1 до ∞ ; f_1, f_2 — несущие (рабочие) частоты РЭС

ктромагнитного импульса, генерируемого металлическими конструкциями корабля, которое осложнило ЭМО [5]. Несмертельное оружие также способно изменять физико-химические свойства и структуру покрытий (материалов), а следовательно, при их облучении электромагнитными волнами в этих условиях будет меняться и ЭМО.

Изложенное выше позволяет полагать, что без принятия специальных мер по обеспечению ЭМС ТС боевая эффективность «стелсовского» МПО может оказаться в ряде боевых эпизодов ниже, чем у традиционного «железного».

Для снижения переотражений и переизлучений при совместной работе ТС «стелсовского» МПО необходимо проведение специальных мероприятий:

1. Разработка и реализация программы интеграции ТС, включая оружие и радиолокационное вооружение, с конструкцией МПО в интересах оптимизации (минимизации) уровня электромагнитных помех в рамках формирования облика перспективного корабля с позиций концепции единой сложной боевой системы «корабль—вооружение» [2];

2. Разработка и реализация мер по борьбе с коррозией и окислением. Например, в США уже более 20 лет действует официальная «Программа борьбы с коррозией на кораблях ВМС». Кроме того, для некоторых классов кораблей имеются отдельные руководства по предотвращению этих явлений. Они подразделяются на общие (для всего флота) и индивидуальные (для наружных надводных поверхностей по кораблям каждого типа);

3. Применение неметаллических (природных, искусственных) и (или) радиопрозрачных композиционных материалов для мачт, лееров, верхнепалубных устройств, фальшбортов и т. п. Эти меры, например, существенно снизили уровень помех работе собственных РЭС на итальянском катере «Saettia»;

4. Оптимизация выбора значений параметров излучений собственных ТС (рабочих частот, форм, периодов их повторения) с учетом особенностей их взаимодействия со своим МПО и его нелинейностями и нелинейными контактами, а также с противником. Широкополосные из-

лучения целесообразно использовать на МПО, созданном по программе «Стелс», но только в случае размещения на нем незначительного количества ТС, особенно РЭС. Это, как правило, присуще МПО малых массогабаритных характеристик (см. рис. 1) — тральщики, торпедные и ракетные катера и т. п.;

5. Соблюдение технологии очистки надстроек и корпуса ото льда, грунтовочных и окрасочных работ, сварки; сохранение целостности и исправности заземления и экранирования ТС и боевых постов;

6. Разработка и внедрение на МПО средств оперативного контро-

ля реальной ЭМО и возможность по данным этой аппаратуры, во-первых, принятия мер экипажем по снижению электромагнитных помех, во-вторых, адаптации перспективных образцов аппаратуры обеспечения ЭМС к различным или большинству видов помех;

7. Обучение и подготовка специалистов различных направлений и уровней проектно-конструкторских организаций, промышленности и ВМФ по согласованным учебным программам и тематическим планам, [6].

Эти и другие меры, очевидно, будут способствовать улучшению ЭМО и ЭМС ТС в целом.

Литература

1. ГОСТ 30372—95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
2. Лысенко Э. Л., Сазонов С. П., Крупнов С. Р., Азаров Б. В. Проблемные вопросы в области электромагнитной совместимости и перспективные пути их решения//Морская радиоэлектроника. 2003. № 1(4).
3. ГОСТ 23611—79. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения (переиздание с изменениями).
4. Партала А., Волков В., Азаров Б. Электромагнитная совместимость корабельных средств электронной войны//Морской сборник. 1982. № 2.
5. Касатонов И. Океанский флот Отчизны. СПб.: Ленарт., 1996.
6. Азаров Б. В. Электромагнитная совместимость в программах подготовки специалистов//Судостроение. 1994. № 7.

НОВАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ РЕГИСТРА

Недавно начала свою работу новая секция научно-технического совета (НТС) Российского морского регистра судоходства «Технология судостроения и судоремонта». Каковы задачи новой секции? Кто вошел в ее состав? На эти и другие вопросы нашего корреспондента ответил председатель этой секции, заместитель генерального директора ФГУП ЦНИИТС, доктор технических наук, профессор О. Г. Соколов.

— Первое заседание секции НТС Регистра состоялось 23 октября. Этому предшествовала большая организационная работа, в которой наш институт принял самое активное участие. Личную инициативу и большой интерес к делу проявил генеральный директор ЦНИИТС доктор технических наук В. Д. Горбач.

Существует 16 секций НТС Регистра: «Мореходные качества судов», «Прочность и конструкция корпусов судов», «Материалы и сварка», «Судовое оборудование и устройства», «Судовые котлы, холодильные установки и трубопроводы», «Судовые механические установки, валопроводы и движители» и др. Теперь к этому славному «семейству» прибавилась еще одна секция, а именно, «Технология судостроения и судоремонта». Она возникла в соответствии с «Положением о научно-техническом совете Регистра» и на основании приказа генерального директора Регистра Н. А. Решетова. Утверждены состав секции и план ее работы на два года.

В ее базовом составе — специалисты ЦНИИТС доктора технических наук В. С. Михайлов, Л. П. Гав-

рилюк, Н. И. Герасимов, кандидат технических наук Г. З. Марголин, В. Ф. Рыманов, С. С. Никитенков, Н. Н. Елина, Г. К. Муранов, В. М. Левшаков.

В состав секции также вошли главный специалист Главного управления Регистра П. В. Шихов (заместитель председателя секции), главный инженер-инспектор Главного управления Регистра кандидат технических наук В. Н. Децик (ученый секретарь), заведующий кафедрой СПб ГМТУ, кандидат технических наук, доцент А. В. Догадин, главный технолог ОАО «Судостроительный завод “Северная верфь”» А. М. Дрбоглав, главный инженер ФГУП «Средне-Невский судостроительный завод» Ю. С. Егоров, заместитель главного конструктора ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, кандидат технических наук В. М. Шапошников, заместитель начальника отдела ОАО «Балтийский завод» Е. Н. Шанин, доктор технических наук Б. А. Горелик (заместитель председателя секции).

Первое заседание прошло успешно. К назначенному часу на Дворцовую набережную, где располагается Главное управление Регистра, собрались члены новой секции, а также председатели ряда ведущих секций НТС Регистра. Состоялся деловой разговор о предстоящей работе, задачах секции по ускорению сроков внедрения научно-технических разработок, а также решению проблем, связанных с новыми технологиями постройки судов. Доклады по актуальным вопросам сделали А. А. Васильев, О. С. Ку克林, В. М. Левшаков. С приветственными речами выступили исполняющий обязанности генерального директора Регистра В. П. Карпенко, начальник отдела научно-технической информации — ученый секретарь НТС Регистра А. А. Захаров и академик РАН, заместитель председателя президиума НТС Регистра А. Е. Сазонов. Они единодушно одобрили пополнение НТС Регистра новой секцией.

Впереди — новые встречи, обсуждение насущных проблем, из которых весьма важной представляется судоремонт. Каков будет коэффициент полезного действия созданной секции? Это зависит от вклада каждого из ученых, инженеров, технологов, вошедших в ее состав.



На первом заседании секции НТС Регистра «Технология судостроения и судоремонта». В президиуме (слева направо): А. Е. Сазонов, О. Г. Соколов, В. П. Карпенко, А. А. Захаров

Н. Н. Елина

РОТАЦИОННО-ЛОКАЛЬНАЯ ГИБКА ЛИСТОВ ДИФFUЗОРОВ НАГНЕТАТЕЛЕЙ

В. Ю. Шуньгин, канд. техн. наук (ФГУП «ЦНИИТС») УДК 621.981.1:629.5.023.2

Одним из перспективных направлений деятельности ФГУП ЦНИИТС является разработка прогрессивных ресурсосберегающих технологий ротационно-локальной гибки и создание нового поколения гибочно-правильного оборудования. Локальный принцип приложения нагрузки позволяет в несколько раз снизить массу, мощность и стоимость гибочного оборудования, а также установленную мощность и энергопотребление, при этом масса гибочной оснастки снижается в десятки раз. Процессы ротационно-локальной гибки в настоящее время реализованы при гибке на многофункциональных гибочно-правильных станках (МГПС).

Преимущества применения ротационно-локальной гибки в условиях единичного изготовления, которым является формообразование листовых деталей обшивки корпусов судов, неоспоримы и многократно подтверждены в реальных производственных условиях. Необходимо также отметить, что детали обшивки обычно имеют малую двоякую погибь, кривизна их поверхности в одном из главных направлений превосходит кривизну во втором на порядок и более, что в значительной мере упрощает технологию гибки. Однако результаты научных исследований и опытных работ показали, что ротационно-локальная гибка может быть с успехом применена также при формообразовании листовых деталей, имеющих значительную двоякую кривизну поверхности и представляющих собой сегменты обшивки тела вращения, достаточно крупными партиями (до нескольких десятков одинаковых деталей). Гибка таких деталей была осуществлена в июле — августе 2000 г. при изготовлении секций диффузоров нагнетателей десантного корабля на воздушной подушке амфибийного типа «Зубр» на станке МГПС-25 в условиях ОАО СФ «Алмаз».

В составе корпуса корабля имеются четыре нагнетательные установки (по две с каждого борта), в состав каждой из которых входят нагнетатель, воздухозаборник и диффузор. Обшивка этих конструкций представляет собой оболочку тела вращения конусной формы с прямыми или вогнутыми образующими и разделена на детали как по ширине (меридианам), так и по высоте (параллелям). В результате каждая деталь имеет конусообразную, седлообразную, парусовидную, в общем случае — торосферическую форму.

Гибка листов обшивки металлоконструкций, имеющих прямые образующие (детали конусообразной формы), выполнялась на трехвалковых открытых вальцах, поскольку при этом обеспечиваются максимальная производительность, качество и точность формообразования. На станке МГПС-25 осуществлялась гибка только листовых деталей с двоякой кривизной поверхности. Детали изготавливались из плоских листовых заготовок толщиной 3—4 мм, материал — алюминиевый сплав АМг5 или АМг61. Общее количество деталей, изготовленных на станке МГПС-25, составило 400 шт. Из деталей были изготовлены обшивки следующих металлоконструкций:

обтекатели внутреннего контура диффузора нагнетателя (рис. 1), развертка деталей № 1, 41, 81, 121 (рис. 2);

нижние секции кормовой шахты нагнетателя;

секции воздухозаборника шахт нагнетателей;

секции обтекателя наружного контура диффузора нагнетателей.

Листовые заготовки имели припуск по всем сторонам 50 мм. Эскизы развертки, количество, толщина и материал деталей указаны в альбоме рабочих эскизов (АРЭ).

Гибка выполнялась путем прямолинейной прокатки роликом с рабочей поверхностью цилиндрической формы (цилиндрический ролик) по листовой заготовке, лежащей на вкладыше в матрицу (рис. 3). Контроль формы выполнялся с помощью шаблонов. Сборка секций осуществлялась в кондукторах (рис. 4).

Прокатка роликом при гибке торосферических деталей должна осуществляться в двух направлениях, соответствующих сечениям обшивки секции диффузора — широтном и меридиональном. В результате разворачивания листов обшивки поперечные и продольные сечения на развертке принимают вид двух семейств линий. К первому относятся радиусные кривые линии — широты криволинейного конуса, которые в случае, если ширина заготовки мала или если кривизна этих линий невелика, могут быть заменены прямыми (рис. 5). Вторым семейством линий являются прямые — образующие криволинейного конуса (рис. 6).

В результате проведения опытной гибки типовых деталей были откорректированы

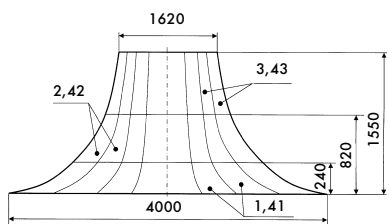


Рис. 1. Обшивка обтекателя внутреннего контура диффузора нагнетателей

режимы гибки, определенные ранее расчетным путем. Типовая технология гибки торосферических деталей предусматривает в общем случае три основных этапа:

1. Растяжение, целью которого является создание необходимых деформаций растяжения зон листовой заготовки. Прокатка выполняется по радиусным кривым линиям — широ-

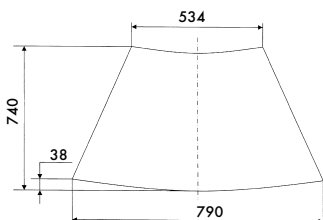


Рис. 2. Развертка деталей № 1, 41 обшивки обтекателя

там криволинейного конуса (см. рис. 5) или по прямым, если их отклонение от кривых невелико. Усилие изменяется от прокатки к прокатке, но при выполнении прохода поддерживается постоянным. Проход выполняется от одного края заготовки до другого, расстояние от начала (конца) прокатки до края листовой заготовки должно составлять не более 10—15 мм. Прокатки выполняются последовательно таким образом, чтобы остающиеся на заготовке прямолинейные следы перекрывались, обеспечивая постоянное расстояние между ними.

Согласно ОСТ5.9897 заготовки для деталей с двоякой кривизной по контуру должны иметь припуск 50—80 мм на сторону, который удаляется во время контуровки согнутых деталей, однако поскольку при гибке на станках типа МГПС листовая заготовка претерпевает только деформации растяжения, в результате чего ее размеры увеличиваются на 10—40 мм, припуск может быть принят минимальным (50 мм).

При гибке необходимо осуществлять растяжение кромок (поперечных — узкой и широкой), поскольку в противном случае будет трудно получить требуемую кривизну, а в процессе обратного выгиба возможны «схлопывания» образовавшихся бухтин. Однако чрезмерное растяжение кромки приведет к гофрообразованию по кромке или ее искривлению, что трудно исправимо. Для исключения этого эффекта прокатку с большим усилием целесообразно осуществлять на небольшом (до 10—15 мм) расстоянии от кромки листа, а окончательное растяжение кромки — с малым усилием.

После выполнения всех проходов целесообразно выполнить промежуточный контроль формы листовой заготовки, а именно: проконтролировать плавность образующей; при наличии местного перегиба в обратную сторону вблизи кромки ее необходимо дополнительно растянуть.

Результатом формообразования листовой детали на данном этапе является получение необходимой двоякой кривизны, т.е. производства продольной и поперечной кривизны. После выполнения этапа «растяжение», в общем случае, кривизна в продольном и поперечном направлении не будет соответствовать заданной, однако производство продольной и поперечной кривизны

должно соответствовать заданному. Степень растяжения можно оценить, измерив полученные стрелки прогиба по длине и ширине детали в средних сечениях, затем, сравнив их с производимыми соответствующих требуемых (определяются по шаблонам) стрелок прогиба можно сделать вывод о правильности выполнения операции гибки на этом этапе деформирования. В случае, если фактическое производство меньше требуемого, то необходимы дополнительные проходы по кромкам (широкой и узкой) заготовки, а если больше — то в средней ее части.

При нескольких проходах по одному сечению целесообразно прокатку осуществлять между ранее выполненными проходами для обеспечения плавности формообразуемой поверхности. Направление прокатки (слева направо или справа налево) большого значения не имеет, но при выполнении нескольких проходов по одному сечению сначала выполняется прокатка всей листовой заготовки по одному разу по каждому сечению, затем последовательно в сечениях, по которым требуется два и более проходов, затем три и более и т. д. до выполнения необходимого растяжения.

Наиболее важно получение требуемого растяжения кромок, где усилие прокатки больше, поэтому после прокатки от одной (например, узкой) кромки до средней части листовой заготовки необходимо ее перевернуть и продолжить прокатку от противоположной (например, широкой) кромки к средней части листовой заготовки.

2. Обратный выгиб. После получения заданного растяжения кривизна поверхности заготовки по направлению прокатки намного превосходит кривизну в перпендикулярном

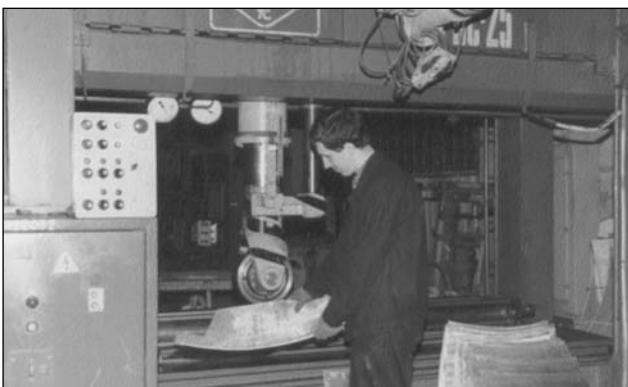


Рис. 3. Гибка листовых деталей обшивки диффузора на станке МГПС-25

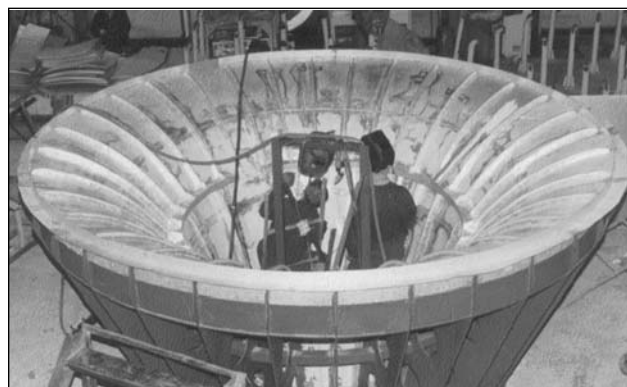


Рис. 4. Сборка секции диффузора к кондуктору

направлении (например, если при растяжении осуществлялась поперечная прокатка, то в широтном направлении заготовка выгнута значительно больше, чем в меридиональном). Для изменения полученного соотношения продольной и поперечной кривизны (их произведение остается постоянным) требуется прокатка в перпендикулярном направлении (например, по образующим детали). Поэтому после выполнения растяжения листовая заготовка переворачивается, прокатка выполняется по прямым — образующим криволинейного конуса (см. рис. 6) с усилием, достаточным большим для качественного изменения указанного соотношения, но достаточно малым для сведения к минимуму изменения созданного ранее растяжения.

Проходы выполняются от одного края заготовки до другого, расстояние от начала (конца) прокатки до края листовой заготовки должно составлять не более 20—30 мм. Усилие в процессе прокатки поддерживается постоянным. Прокатка осуществляется последовательно от одной кромки к другой с перекрытием следов. При прокатке возможны «схлопывания» бухтин, что является результатом недостаточного растяжения кромки, поэтому в случае появления этого нежелательного эффекта необходимо за счет прокатки по кромке увеличить ее растяжение.

Результатом формообразования листовой детали на данном этапе является заготовка с плавной кривизной поверхности, равномерной как в широтном, так и в меридиональном направлении, причем кривизна в широтном направлении значительно меньше кривизны в меридиональном.

3. Догибка. Завершающий этап гибки выполняют с целью корректировки полученных ранее продольного и поперечного радиуса кривизны с достижением достаточно точного соответствия между фактической и требуемой кривизной поверхности заготовки.

Прокатка выполняется по радиусным кривым линиям — широтам криволинейного конуса (см. рис. 5). Для получения требуемой кривизны в широтном направлении прокатка осуществляется с минимально возможным усилием в некоторых областях заготовки с промежуточным контролем получаемой формы детали по

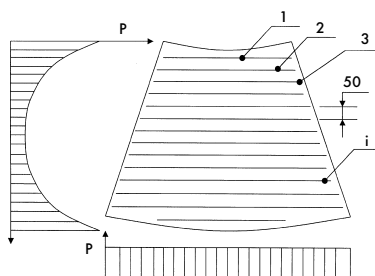


Рис. 5. Направление и эпюры изменения усилий при поперечной прокатке листовой детали обшивки диффузора нагнетателя

шаблонам. В случае, если кривизна по одному направлению (например, широтному) недостаточна, а по другому (меридиональному) более необходима, то прокатку следует осуществлять по первому из направлений (листовая заготовка загибается более в направлении прокатки).

Техническая характеристика станка МГПС-25М

Усилие гибки, кН	250
Ход поршня гидроцилиндра, мм	400
Скорость перемещения рабочего органа, мм/с:	
холостого хода	30
рабочего хода	4
Скорость горизонтального перемещения рабочего органа, м/с	0,01—0,1
Количество грузовых стрел с электроталиями, шт.	2
Грузоподъемность электротали, т	1
Габаритные размеры обрабатываемого листа, мм:	
длина	8000
ширина	2500
толщина	20
Напряжение питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Установленная мощность станка, кВт	11
Габаритные размеры станка, м:	
длина	5,0
ширина	2,0
высота	3,3
Масса, т:	
станка	10
станка с оснасткой	13

В случае, если и продольная, и поперечная кривизна менее требуемой, необходимо дополнительное растяжение заготовки, для чего осуществляется несколько проходов вблизи той кромки (узкой или длинной), около которой двоякая кривизна (произведение продольной и поперечной кривизны) недостаточно велика. Для увеличения двоякой кривизны или подгибки продольных кромок не следует выполнять прокатку

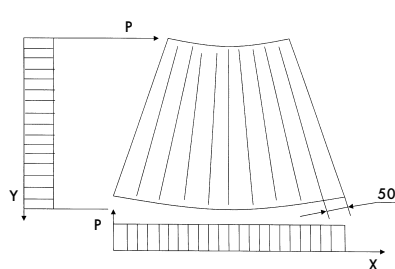


Рис. 6. Направление и эпюры изменения усилий при продольной прокатке листовой детали обшивки диффузора нагнетателя

вдоль этих кромок-образующих с большим усилием, поскольку в этом случае после контурования и удаления припуска деталь распрямится. При чрезмерной изогнутости в обоих направлениях, если это не является результатом перерастянутой кромки, необходимо растянуть среднюю часть листовой заготовки.

После гибки с целью определения утонения была измерена толщина листовых деталей в разных точках с помощью ультразвукового толщиномера «Булат». Анализ полученных данных показал, что максимальное утонение не превысило 0,2 мм при толщине деталей 4 мм и 0,15 мм при толщине 3 мм, т. е. деформация утонения не превысила 5—6%. Такая деформация допустима. Согласно ОСТ5.9897 допускается наличие следов переходов во время гибки на станках типа ЛГС и МГПС в пределах половины минусового допуска на толщину, если эти повреждения не носят характера трещин, забоин, задиров и расслоений, чего на практике не наблюдалось.

Величина утонения зависит от размеров, в данном случае длины заготовки и радиусов поперечной и продольной погиби. В ОСТ5.9897 приведены ориентировочные значения минимальных радиусов при холодной гибке деталей с двоякой кривизной толщиной 2—12 мм, составляющие для детали седлообразной формы $R_{\text{поп}} = 900$ мм и $R_{\text{пр}} = 1200$ мм. Большинство из согнутых деталей соответствует этим ограничениям, деформация утонения остальных, согласно расчетным и опытным данным, составляет также не более 5—6%. Как показывают результаты проведенных ранее исследований и подтвердившие их выборочные испытания образцов, вырезанных из кромок деталей, где деформация максимальна, при такой степени де-

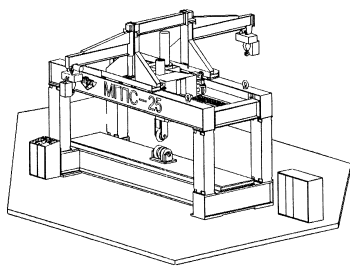


Рис. 7. Общий вид станка МППС-25М

формирования наблюдается увеличение предела текучести на 15—20%, временного сопротивления — на 3—5%, а также снижение относительного удлинения и ударной вязкости — на 6—8%, что является допустимым.

Согласно ОСТ5.9897, допустимые отклонения от заданных размеров гнутых деталей из листового проката составляют при толщине листа до 10 мм и ширине детали менее 1000 мм не более 5 мм в поперечных сечениях и при длине детали до 2000 мм не более 4 мм в продольных сечениях. Полученные на практике отклонения не превысили указанных. Точность формообразования на станках типа МППС зависит от продолжительности гибки и может быть получена сколь угодно высокой. Продолжительность гибки одной детали колеблется от 15—20 до 8—10 мин в зависимости от ее размеров и формы. В среднем за одну рабочую смену могут быть изготовлены до 20—30 деталей.

В процессе работы несколько рабочих-судосборщиков были обучены основным приемам гибки. Попытка осуществить формообразование деталей с помощью штампов-

ки не имела успеха, поскольку в средней части отштампованных деталей образовались гофры, форма детали не соответствовала заданной (отклонения от шаблонов составляли до 50 мм), поэтому такие детали доводились до требуемых допусков на станке МППС-25.

Для расширения области применения процессов ротационно-локального деформирования и повышения эффективности использования станка МППС-25 на нем целесообразно осуществлять правку сваренных полотнищ. В результате сварки листов имеют место достаточно выраженные деформации типа «домик». Применение гребенок не дает нужного эффекта, а выстукивание вручную кувалдой через прокладку сопряжено с тяжелым физическим трудом и высоким уровнем шума. Указанная деформация может быть сведена к минимуму путем прокатки по сварному шву роликом с минимальным усилием, в результате чего произойдет локальное распрямление листа. Такой опыт применения процесса правки дал положительные результаты.

Таким образом, можно утверждать, что применение ротационно-локальной гибки на станке МППС-25 позволило обеспечить требуемую точность, качество формообразования и производительность гибки торосферических деталей диффузоров нагнетателей проекта «Зубр» при отсутствии необходимости применения штамповой оснастки, мощного прессового оборудования, а также позволяет механизировать



Рис. 8. Головной образец станка МППС-25М

процессы правки сварочных деформаций, что значительно повышает производительность и исключает тяжелый ручной труд.

Станок МППС-25 находит все большее применение. В частности, на нем осуществляется формообразование листовых деталей кабины машиниста электропоезда нового поколения, элементов кабины водителя нового трактора, частей свайных конструкций. В настоящее время по договорам с заказчиками ФГУП ЦНИИТС изготавливает три станка новой модификации МППС-25М, оснащенных дополнительно нижним гибочным роликом, двумя поворотными грузовыми стрелами и приспособлениями для поддержания и перемещения свисающей части листа в процессе гибки (рис. 7, 8). Станок дополняется гибочной оснасткой, в состав которой входят верхние и нижние гибочные ролики, призматическая матрица, универсальная матрица, матрица и пуансоны для гибки местными нажатиями, а также опорными устройствами, включая две валковые и две бочкообразные опоры.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ МОРСКОГО ШЕЛЬФА

О. Г. Соколов, докт. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС) УДК 629.563.2.002.54

Освоение месторождений углеводородов на шельфе России, предусмотренное Морской доктриной Российской Федерации на период до 2020 г., является важной стратегической задачей, от решения которой в значительной степени зависят экономическое положение и обороноспособность страны.

Добыча углеводородов на морском шельфе требует создания комплекса сложных, уникальных инже-

нерных сооружений, включающих средства для разведки нефти и газа, добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья, а также технического и обслуживающего флота, способных к длительной высоконадежной работе в сложных климатических условиях. К этим средствам, в первую очередь, относятся морские ледостойкие стационарные платформы, масса которых может быть в пределах от 90 до 300 тыс. т.

ФГУП ЦНИИТС, начиная с конца 80-х годов XX века, выполняет научно-исследовательские и проектно-технологические работы по созданию нефтегазодобывающих платформ для морского шельфа России. По технологии ЦНИИТС построены и эксплуатируются плавучие полупогружные буровые установки типа «Шельф», большое семейство самоподъемных буровых установок, разработаны технологические части проектов строительства перспективных стационарных морских платформ «Астоская-1», «Чайво-1», «Лунская», «Приразломная» и «Штокмановская».

ФГУП ЦНИИТС имеет научно-технический задел для обеспечения строительства морских буровых платформ:

разработаны высокопроизводительные и ресурсосберегающие технологии на базе высококонцентрированных источников энергии, включая технологии тонкоструйной плазменной резки и дуговой сварки по плазменной подварке;

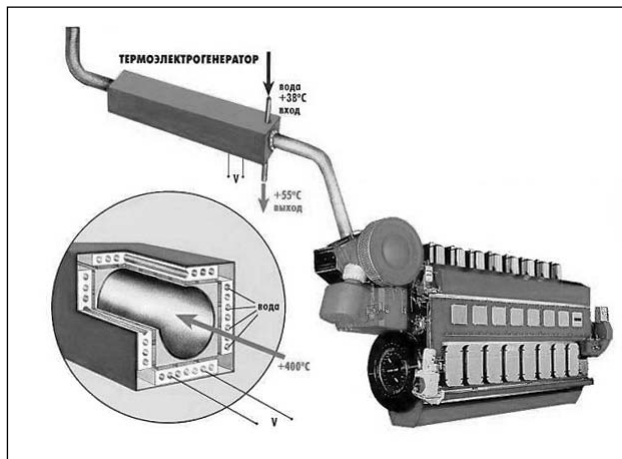
внедрены прецизионные технологии и лазерно-акустические средства контроля, позволяющие кардинально повысить точность и качество изготовления деталей и конструкций в единой системе допусков;

применяются современные методы и средства стыковки и сварки подводных частей крупногабаритных сборочных единиц и др.

В настоящее время организацию работ по строительству буровых установок и созданию оборудования для освоения месторождений на шельфе предполагается осуществлять в соответствии с подпрограммой «Шельф» в составе федеральной целевой программы «Мировой океан», утвержденной Постановлением Правительства № 623 от 20 августа 2002 г., а также одобренной междуведомственным советом «Комплексной программой научно-технического сотрудничества на 2002—2010 гг. по созданию и серийному выпуску нового поколения судов надводного и подводного флотов, технологического оборудования и систем приборной техники для разведки и промышленного освоения месторождений углеводородного сырья». Предусмотренные в подпрограмме объемы внебюджетных средств реальны, так как основные ее участники уже привлечены к работам по созданию технических средств по проектам «Сахалин-1» и «Сахалин-2» для Приразломного и Штокмановского месторождений.

Рассмотрим основные направления работ, в которых возможно участие ЦНИИТС.

Проектирование технически сложных типов судов различного назначения. Предлагается создание многоцелевых научно-исследовательских судов, в том числе для проведения сейсморазведочных работ. Такое судно предназначено для поиска нефтяных и газовых месторождений на шельфе арктических морей России и



Термоэлектродгенератор на базе высокотемпературных висмутеллуровых полупроводниковых модулей

в Мировом океане, а также способно вести океанографические и метеорологические исследования в арктических и в тропических условиях. Отличительной характеристикой предлагаемых проектов научно-исследовательских судов является наличие сейсмических кос, составляющих от трех до пяти на судне, а также унификация корпусов и энергетических установок для судов различных типов, позволяющая существенно снизить их стоимость и сократить сроки строительства.

Для обеспечения подводно-технических работ предлагается к разработке опытно-конструкторская работа «Судно — носитель подводных аппаратов».

Возможна также разработка ряда проектов судов технического флота: буксиров, судов по переработке судовых сточных вод и мусора, пожарных судов, нефтемусоросборщиков и постановщиков боновых заграждений.

Суда в дальнейшем могут быть оснащены термоэлектродгенераторами, разработанными ЦНИИТС совместно с ОАО «Криотерм» на базе висмутеллуровых полупроводниковых модулей, повышающими КПД энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания.

С 2003 г. создаются проекты и головные промышленные образцы термоэлектродгенераторов применительно к дизелям и дизель-генераторам танкеров с дальнейшим использованием этих образцов на других видах морской техники.

Проектирование объектов строительства, реконструкции и технического перевооружения судостро-

тельных предприятий для создания стационарных морских платформ. По этому направлению деятельности ЦНИИТС (ПФ «Союзпротект-верфь») разрабатывается проектная документация. Например, для ФГУП ПО «Севмашпредприятие» предусмотрено: оборудование наливного бассейна передаточным причалом для швартовки понтона и накатки на него супермодулей; реконструкция набережной для стыковки суперблоков; достройка котлована для возможности погружения кессона платформы с последующей накаткой на него супермодулей; расширение морского канала для обеспечения проводки морских платформ с акватории предприятия в Белое море и укрепление берега на острове Ягры для обеспечения необходимой ширины вывального и морского каналов.

Проектирование, технологическое обеспечение (включая производство средств технологического обеспечения) и организация серийного выпуска изделий оффшорной техники. По этому направлению предлагаются разработки и производство: машин тепловой резки металла, сварочного оборудования и материалов; трехкоординатных лазерно-акустических измерительных станций для причерчивания и сборки (в том числе и на плаву) крупногабаритных модулей основания платформ; трубогибочных станков для гибки труб с нагревом токами высокой частоты; трубопроводной арматуры, экологически безопасной для судостроения и нефтегазодобывающей промышленности; ультразвуковых приборов для комплексного технологического контроля качества металлических и пластиковых изделий, таких как универсальный широкополосный малогабаритный микропроцессорный ультразвуковой дефектоскоп, многофункциональный широкополосный толщиномер металлических и неметаллических изделий, ультразвуковой динамический твердомер, реализующий метод ультразвукового динамического импеданса, и др.

Кроме того, институт готов работать: программно-управляемые технологии и оборудование с технологической и геометрической



Широкопортальная машина тепловой плазменной резки «Ритм», разработанная и изготовленная в ЦНИИТС

адаптацией для однопроходной и многопроходной сварки металлических конструкций больших толщин нефтегазового комплекса; комплексные системы защиты от шума и вибрации в жилых, служебных и производственных помещениях, технологических модулях верхних строений плавучих и стационарных нефтегазодобывающих платформ, удовлетворяющие нормам мировых стандартов; системы защиты трубопроводов от контактной коррозии; защитные покрытия из модифицированных композиционных материалов для предохранения от коррозии и разрушения емкостей для хранения углеводородного сырья и отходов; средства спасения и поддержания на плаву аварийных судов с организацией производства блоков плавучести из материалов с регулируемой пористостью и герметизированных минеральных гранул и др.

В оперативном порядке, безусловно, могут решаться и другие новые задачи, в том числе технологические, на строящихся и проектируемых объектах, например, при монтаже верхнего строения приобретенной норвежской буровой установки на кессон платформы «Приразломная». Это решение существенно меняет ранее разработанную принципиальную технологию и ставит новые технологические проблемы. ЦНИИТС готов оказать содействие заказчику и предприятию-изготовителю в обследовании состояния корпусной части верхнего строения, а также в разработке технологий монтажа с использованием опыта разработки таких технологий для монтажа крупногабаритных блоков надстроек на транспортных судах и атомных ледоколах.

Один из путей повышения эффективности производства и конкурентоспособности судостроительной продукции — реализация прин-

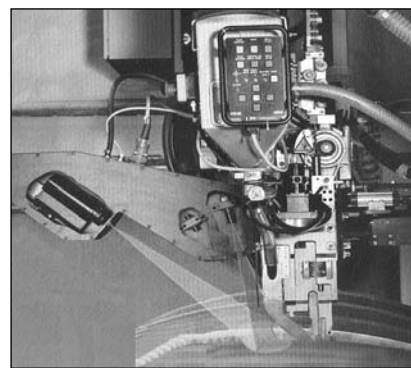
ципов и методов информационной поддержки изделия (ИПИ-технологии) при проектировании, строительстве и эксплуатации технических средств добычи углеводородов. При этом повышение качества, сокращение сроков создания техники и стоимости их жизненного цикла может быть достигнуто за счет применения электронных моделей и отработки на их основе взаимодействия всех участников жизненного цикла в рамках единой корпоративной информационной среды.

Реализация принципов и методов ИПИ требует разработки: технологий формирования электронных моделей средств добычи углеводородов; формирования информации об объекте в среде системы управления данными проекта; электронной проектно-конструкторской, технологической, эксплуатационной и ремонтной документации.

Кроме того, необходимы организационные и технологические схемы электронного взаимодействия участников жизненного цикла платформы, интегрированные электронные технические решения по техническому обслуживанию и ремонту средств добычи углеводородов, технические решения по защите информации, базы данных комплектующего оборудования и система каталогизации предметов снабжения.

Внедрение ИПИ-технологий позволит сократить затраты на проектирование на 10—30%, время разработки — на 40—60%, время на подготовку технической документации — до 40% и затраты на разработку эксплуатационной документации — до 30%.

Одним из важнейших элементов реализации ИПИ-технологий является использование современных CAD/CAM/CAE-систем. В настоящее время в ЦНИИТС развернуты работы по применению на практике математического аппарата имитационного моделирования дискретных систем (программные пакеты типа GPSS, GASP, SIMSCRIPT и др.). Программное обеспечение подобного типа позволяет выполнять имитационное моделирование организационно-технологических проектов реконструкции, технического перевооружения судостроительных производств, технологических процессов строительства морских нефтегазодобывающих



Пример технологии адаптивной автоматической сварки для стыковых соединений конструкций ответственного назначения, в том числе из высокопрочных материалов

платформ. Имитационное моделирование и анализ могут выполняться для отдельных единиц оборудования, участков, цехов, производственных линий и в целом для верфи. Инструментальные средства подобных программных средств позволяют также моделировать технологические процессы изготовления и монтажа судна, выполнять анализ производительности.

Использование инструментальных пакетов имитационного моделирования позволит уже на самых ранних стадиях оптимизировать технологические и производственные процессы создания сложных технических изделий.

В заключение следует отметить, что реализация мероприятий, намеченных подпрограммой «Шельф» и упомянутой комплексной программой научно-технического сотрудничества, позволит повысить эффективность производства на предприятиях судостроительной промышленности по выпуску конкурентоспособной на мировом рынке продукции. В основном это будет достигнуто за счет технического перевооружения и развития предприятий, внедрения новых технологий и технологического оборудования. Кроме того, увеличение загрузки судостроительных предприятий за счет заказов нефтегазодобывающей отрасли будет иметь положительные социальные последствия в части увеличения рабочих мест на верфях и предприятиях — поставщиках материалов и оборудования.

(По материалам доклада на конференции «Российское судостроение и судоходство на мировом рынке» в рамках международной выставки «Нева-2003»)

СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ И ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ «АНТОН» ДЛЯ СУДОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Э. С. Ханданян (ФГУП МП «Звездочка»)

УДК 681.518.001.33.002:629.5.083.5

Разработка и внедрение системы подготовки и оперативного управления производством «Антон» для судоремонтного предприятия начаты в 1990 г. специалистами отдела главного технолога при участии и активной поддержке специалистов и руководства производственно-диспетчерского отдела. С конца 2001 г. система стабильно эксплуатируется в промышленном режиме практически всеми подразделениями предприятия.

Основные функции системы на 1 января 2003 г. (рис. 1):

формирование и выпуск плано-технологической документации (ПТД) — 98% от всего объема по предприятию;

номенклатурное планирование работ верфи — 95% заказов производственной программы предприятия, в том числе внутри-заводских заказов;

учет и отчетность по работам верфи — 100%;

номенклатурное планирование, учет и отчетность по работам машиностроительной части (МСЧ) и ремонтного производства (РП) — 100%;

сводное планирование, учет и отчетность по всем заказам и подразделениям предприятия и по предприятию в целом — 100%.

Зарегистрированных пользователей системы — 573. Среднее число пользователей, одновременно работающих в системе, — от 150 до 180. Программное обеспечение работает по технологии «Corba» в режиме реального времени по схеме: клиент — сервер приложения — сервер базы данных.

Система выпуска ПТД. Целью разработки ПТД является обеспечение подразделений предприятия информацией, необходимой и достаточной для организации управления производством и самого процесса производства работ (технологическая документация). Система выпуска ПТД и система оперативного управления производством взаимозависимы и взаимосвязаны с системой плано-учетных единиц работ, которая, в свою очередь, зависит от видов производства — на предприятии их три: верфь; МСЧ, ремонтное производство.

Основные требования, предъявляемые к данной системе: минимальная продолжительность от начала разработки ПТД до момента ее выпуска и запуска изделий в производство; минимальная трудоемкость раз-

работки комплекта ПТД; независимость от вида выпускаемой продукции; возможность выполнения работ в объеме комплекта ПТД независимо от выпуска ПТД по другим комплектам; простая система управления.

Состав и содержание комплекта ПТД верфи. Демонтажно-монтажная ведомость (ДМВ) представляет собой согласованную с технологами спецификацию монтажного чертежа в объеме, предусмотренном ремонтной документацией, т. е. ДМВ содержит указание технологических маршрутов для каждой позиции чертежа по подразделениям предприятия и видам работ (демонтаж, дефектация и т. д.). В маршруте также указывается служба (поставщик), обеспечивающая цеха материалами, оборудованием. Содержание ДМВ в полном объеме определяет состав работ для каждого подразделения предприятия, перечисленного в маршруте. Если требуется изготовление изделия МСЧ, предусмотренного позицией монтажного чертежа и имеющего обозначение детального чертежа, у разработчика ДМВ есть два варианта описания этого процесса: изготовление «прямым маршрутом», когда все позиции детального чертежа «расписываются» непосредственно в ДМВ; изготовление изделия по обезличенному технологическому наряду (ОТН), в котором в качестве поставщика указывается центральный комплекточный склад изделий МСЧ или РП.

Эффективность второго варианта очевидна, поэтому первый вариант рекомендуется использовать лишь для единичного, исключительного случая изготовления изделия МСЧ. Именно оптимальный выбор варианта изготовления и ремонта соответствующих позиций ДМВ является важнейшим инструментом сокращения сроков и трудоемкости формирования ПТД верфи при одновременном повышении качества и упрощении схемы управления ею. Выпуск ДМВ «вручную» не запрещен только по внутризаводским заказам, но в этом случае все детали, изделия ремонтируются или изготавливаются по «прямому маршруту», так как обработка ОТН или типового дефектовочного акта (ТДА) «вручную» практически невозможна.

Ведомость техкомплектов верфи (ВТК) содержит номенклатуру работ в объеме ДМВ по данному комплекту ПТД с указанием цеха-исполнителя, значения плановой трудоем-



Рис. 1. Основные функции системы «Антон»

кости и содержания работ. ВТК предназначена для использования в процессе межцехового оперативного управления производством и для формирования бригадокомплектов, используемых во внутрицеховой системе управления производством. Даже написанные «вручную» (по цеховым статьям), без регистрации в базе данных ВТК не могут быть запущены в производство и использованы в дальнейшем при планировании, учете и отчетности.

Материальная карта является вторичным документом по отношению к ДМВ и формируется только на основе позиций ДМВ с кодом поставщика (службы снабжения предприятия), суммированием количества позиций в разрезе требований поставщика и цеха-получателя. Карта предназначена для получения материально-технических ресурсов со складов предприятия и служит основанием для оформления соответствующих расходных документов (требований) и организации учета расхода ресурсов.

Дефектовочный акт формируется подразделением, производящим дефектацию, и содержит описание дефектов, возникших за время эксплуатации изделий, методов и средств восстановления их работоспособного состояния на основе ремонтной и технологической документации. Акт согласовывается с представителем заказчика и поэтому служит основанием для корректировки ПТД, в соответствии с которой производилась дефектация, а также для выпуска комплекта ПТД на ремонт.

Комплект ПТД МСЧ. Содержание обезличенного технологического наряда аналогично содержанию ДМВ и представляет собой согласованную с технологами спецификацию обезличенного чертежа на изготовление единицы изделия МСЧ. Наряд содержит норматив трудоемкости на изготовление единицы изделия, т. е. совмещает в себе функции и ДМВ и ВТК, и разрабатывается на все изделия МСЧ собственного изготовления, которые могут запускаться в производство многократно по различным монтажным и сборочным чертежам и заказам. Ордер МСЧ содержит данные о количестве изделий, требуемых на конкретный заказ, и плановой трудоемкости изготовления требуемого количества изделий в цехах-изготовителях, исполнителях технологического маршрута. В отличие от обезличенного наряда ордер МСЧ дает право планировать и изготавливать соответствующее количество изделий по данному заказу.

Маршрутно-технологическая карта содержит описание технологического процесса изготовления единицы изделия МСЧ для одного (хотя и ведущего) цеха машиностроения. Основанием для формирования карты является наличие работ этого цеха в ОТН или ДМВ. Карта формируется один раз на данный чертеж, по данному виду техпроцесса (единичному, типовому) и является основанием для нормирования трудоемкости по ОТН, формирования маршрутно-сопроводительной карты, которая является учетно-сопроводительным документом внутрицехового уровня управления. Сопроводи-

тельная карта формируется на основе маршрутно-технологической карты и содержит маршрутно-операционное описание технологического процесса изготовления изделия не на единицу изделия, а по планируемому заказам и на планируемое количество. Она сопровождает партию изделий МСЧ в процессе их изготовления, используется для формирования сдельных нарядов на оплату труда.

Комплект ПТД ремонтного производства. Типовой дефектовочный акт по содержанию практически не отличается от дефектовочного акта аналогичного изделия, кроме описания некоторых вероятных, усредненных дефектов и методов их устранения, основанных на опыте дефектации и ремонта аналогичных изделий. В отличие от дефектовочного акта на работы верфи он формируется для единицы изделия, имеющего собственный чертеж. Поэтому в нем нет номера заказа. Основанием для его формирования является потребность в ремонте изделия, определяемая монтажным чертежом и ДМВ, наличие опыта ремонта аналогичных изделий и ожидаемая неоднократная потребность в ремонте данного изделия. ТДА на данный чертеж, как и ОТН, формируется только один раз. Наличие такого акта позволяет в процессе дефектации лишь указывать в дефектовочном акте отклонения, отличные от ТДА. Работы по ТДА все цеха могут начинать сразу по окончании дефектации, не ожидая формирования и выпуска ПТД по результатам дефектации. Ордер МСЧ по ТДА полностью дублирует форму, содержание и назначение ордера МСЧ и отличается от него лишь схемой формирования.

Извещение о готовности под дефектацию формируется вручную цехом и содержит номер документа, на основе которого выполнены работы по подготовке к дефектации, чертеж изделия, их количество, обозначение и позиции монтажного чертежа. Назначение документа — подтвердить факт готовности изделия к дефектации.

На всех этапах формирования ПТД, содержащей потребность в материальных ресурсах, системой обеспечивается сравнение норм расхода по номенклатуре ДМВ с нормами расхода, предусмотренными заказной документацией, и обеспечивается синхронное управление ими.

Во избежание конфликтных ситуаций контрольный экземпляр любого документа, функционирующего в системе, должен находиться в базе данных.

В качестве «пускового механизма» для начала функционирования схемы выпуска ПТД используется план (график) выпуска ПТД, разрабатываемый отделами строителей соответственно по закрепленным заказам. Для работы схемы выпуска ПТД верфи (рис. 2), наряду с проектной документацией, требуется наличие ремонтной документации (ремонтной ведомости, актов освидетельствования и т. п.), которой и определяется объем работ.

Все процедуры по нормированию трудоемкости, учету материально-технических ресурсов, выпуску ПТД МСЧ или ремонтного производства заканчиваются «электронной подписью», и только после этого документы передаются из соответствующих бюро для комплектования, размножения и рассылки по подразделениям предприятия. Все корректировки ПТД верфи прежде всего обрабатываются в базе данных и распечатываются в виде соответствующих извещений об изменении.

Запуск схемы выпуска ПТД МСЧ (рис. 3) производится на основе соответствующей материальной карты. После «электронной подписи» автоматически формируются порции ордеров МСЧ по всем позициям карты, на которые имеются ОТН. Формирование производится при отрицательной разнице между ранее выпущенным количеством изделий в ведомости МСЧ и потребностью в изделиях МСЧ (с учетом всех входящих изделий). При снижении потребности в изделиях МСЧ, подлежащих изготовлению, уменьшение их количества производится только по согласованию с производственно-диспетчерским отделом и при отсутствии задела изготовления. В отличие от схемы выпуска ПТД МСЧ, запуск схемы выпуска ПТД ремонтного производства осуществляется при регистрации извещений о подготовке к дефектации, так как только извещения гарантируют достоверность обозначения чертежа и количества изделий, предъявляемых к дефектации и последующему ремонту. Далее система работает полностью по аналогии со схемой выпуска ПТД МСЧ.

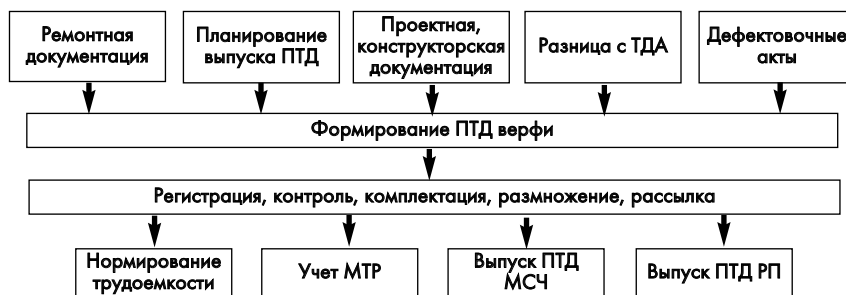


Рис. 2. Схема выпуска ПТД

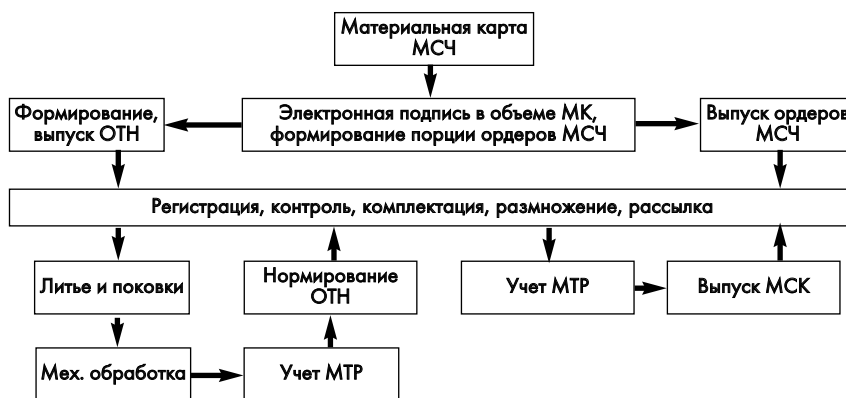


Рис. 3. Запуск схемы выпуска ПТД

Учет материально-технических ресурсов заключается в сравнении суммарной общей потребности на работы верфи, МСЧ и ремонтного производства и нормы расхода, предусмотренной заказными ведомостями по номенклатуре конкретной материальной карты. По результатам учета принимается решение по корректировке заказной ведомости или карты. Таким образом, ни один документ из комплекта ПТД не выпускается без заказа соответствующих ресурсов, а для МСЧ — комплекта ПТД МСЧ для их изготовления.

Система оперативного управления производством. Календарный график процедур по оперативному управлению производством приведен на рис. 4. Оперативное планирование, в том числе номенклатурное, осуществляется в два этапа (предварительный и корректируемый планы), на каждом из которых решаются свои задачи.

Цель и назначение предварительного номенклатурного плана — добиться от цеха-исполнителя проработки обеспеченности предложенной номенклатуры работ всеми необходимыми ресурсами; от служб цеха — окончания подготовки производства в текущем месяце для обеспеч

печения начала и окончания производства работ в планируемые сроки (не ранее месяца, следующего за текущим). Поэтому каждый технологический комплект в предварительный план включается лишь один раз, а в корректируемый план одна и та же работа может включаться многократно, до тех пор, пока не будет выполнена.

Цель и назначение корректируемого плана — задать цеху конкретную номенклатуру работ, обеспеченных всеми видами ресурсов, в объеме, не меньшем утвержденного объемного задания по трудоемкости плана текущего месяца. Таким образом, если объем номенклатуры корректируемого плана лимитирован и не может быть меньше, то объем номенклатуры предварительного плана не лимитирован, а определяется необходимостью обеспечить в последующем номенклатурой объем корректируемого плана, вытекающий из запланированного продвижения по заказу.

Набор номенклатуры предварительного плана по работам верфи производится строителями подразделений, ответственных за сдачу заказов, или персоналом ПДБ цехов по внутрицеховым заказам на экран-

Процедура	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Набор номенклатуры предварительного плана																																
Печать предварительного плана, рассылка по цехам																																
Проработка предварительного плана																																
Распечатка протоколов, рассылка																																
Утверждение протоколов проработки плана																																
Формирование объемов предварительного плана																																
Утверждение объемов предварительного плана																																
Регистрация объемов предварительного плана																																
Предъявление сводного отчета цеха в ПДО, приемка, утверждение																																
Утверждение отчета по предприятию																																
Формирование объемов скорректированного плана по цехам																																
Утверждение скорректированного плана по цехам																																
Утверждение скорректированного плана по предприятию																																

Рис. 4. Календарный график оперативного управления производством

ной форме ВТК. При этом в графе планируемой трудоемкости выводится остаточная трудоемкость, а в графе планируемой даты — текущая дата, плюс 30 дней. Проставляемые «по умолчанию» данные могут быть изменены. После окончания набора номенклатуры предварительного плана, осуществляется распечатка по заказам отдела строителей с разбивкой по цехам и рассылается в соответствующие подразделения. На основе данных объемов номенклатуры предварительного плана на следующий месяц, показателей скорректированного плана на текущий месяц и годового плана, производственно-диспетчерский отдел формирует объемы предварительного плана цеха по заказам (рис. 5). После получения номенклатурного плана в службах цехов начинается проработка обеспеченности номенклатуры плана всеми видами ресурсов службами предприятия и формируются протоколы обеспечения плана соответствующими видами ресурсов. Протоколы распечатываются и рассылаются службам предприятия для проработки и последующего утверждения.

В номенклатуру скорректированного плана включаются все невыполненные работы с датами окончания, предшествующими первому числу следующего месяца. Объемы скорректированного плана цехов по заказам на текущий месяц формируются

по окончании отчета за прошлый месяц с учетом объема номенклатуры и утвержденных протоколов.

С целью обеспечения возможности организации внутрицехового управления работами верфи, в табличной форме ВТК цеха программой предусмотрен механизм формирования ведомости бригадокомплектов, которая может использоваться для регистрации производственного отчета, номенклатурного планирования по участкам, распределения трудоемкости по участкам, оформления в качестве платежного документа (сдельного наряда). В сдельные наряды, которые подекадно распечатываются, включаются отчитанные, но не оплаченные на текущую дату бригадокомплекты. Оплата регистрируется в программе после оформления распечатки наряда всеми подписями. После этого информация в объеме наряда загружается в базу данных для расчета зарплаты. В настоящее время по данной технологии оформляются платежные документы в двух самых больших цехах (соответственно 95% и 98% от общего количества нарядов).

Набор номенклатуры предварительного плана работ МСЧ производится в экранной форме ведомости дефицита изделий МСЧ указанием в графе «план» количества планируемых к изготовлению изделий. По окончании формирования номенклатуры план распечатывается и рассылается

по цехам-исполнителям. Последующие процедуры системы планирования происходят аналогично схеме планирования работ верфи. Для организации внутрицехового управления работами МСЧ предусмотрена возможность распределения работ цеха по участкам, один раз для каждого чертежа. Здесь же указывается планируемое количество в партии запуска, дата запуска и номер накладной (после изготовления), по которой изделие сдается на склад. Для работ МСЧ имеется технология формирования платежных документов по накладным на передачу изделия (детали) по маршруту или на склад. Роль отнормированных бригадокомплектов при этом играют маршрутно-технологические карты.

Номенклатура предварительного плана работ ремонтного производства формируется по схеме планирования работ верфи или работ МСЧ, в зависимости от вида ПТД, которой эти работы запущены в производство.

Оформление и регистрация отчетных документов производятся регулярно, по мере выполнения работ. Ритмичность отчета регламентирована и контролируется. Объем отчета цеха за декаду должен быть не меньше 33% объема месячного плана. Системой предусматривается возможность получения данных об отчете и остатке трудоемкости за

любой период времени и на различных заказах.

Отчет по работам верфи регистрируется на основе извещения об окончании работ со значением отчитываемой трудоемкости и номера участка текущего бригадокомплекта. Извещения оформляются на производственном участке по мере окончания работ и передаются в планово-диспетчерское бюро цеха для регистрации в базе данных. Отчет по работам МСЧ регистрируется на основании оформленной накладной о передаче изделий в другой цех или на склад. Наряду с регистрацией накладных в качестве отчетного документа, по мере поступления они регистрируются на складе в базе данных в качестве приходного документа с целью учета оборотов на складе МСЧ.

Регистрация приходных документов (требований). В цехах в табличной форме материальной карты цеха или ОТН в графе «затребовано» указывается количество изделий по соответствующим картам («по умолчанию» графа заполняется оставшимся к получению количеством). Далее требование распечатывается, а на центральный комплектовочный склад передается его номер, по которому на складе распечатываются ярлыки для всех чертежей требования. По ярлыкам производится ком-

Заказ	Тр.планов.	Тр.отчетн.	Цех	Вид пр-ва	Ном. раб.	Объ. пр.	Осн. пр.	Ном. раб.	Объем к.	Осн. кор.	Отчет	Отч.Осн	Снято осн.	Примеч.
11111 0	0	01	МСЧ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11111 1	0	01	Рем.пр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11111 42	0	01	Верфь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11111 4187	1330	02	МСЧ	0	200	0	2448	200	0	0	0	0	0	
11111 198	37	02	Рем.пр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11111 7788	4809	02	Верфь	1483	850	300	1650	400	300	110	0	0	0	
11111 7942	5291	03	МСЧ	15	50	0	834	50	0	0	0	0	0	
11111 561	369	03	Рем.пр.	0	50	0	143	50	0	0	0	0	0	
11111 3082	2179	03	Верфь	0	100	0	95	50	0	77	0	0	0	
11111 223068	123314	04	МСЧ	3170	4000	85	58758	4000	0	1488	0	0	0	* - осное
11111 859	28	04	Рем.пр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11111 15944	10845	04	Верфь	415	500	0	1554	500	0	124	0	0	0	
11111 2	0	06	МСЧ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11111 361	0	06	Рем.пр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11111 30019	30044	06	Верфь	0	200	0	700	0	0	0	0	0	0	
11111 12726	9435	07	МСЧ	2	100	0	801	100	0	41	0	0	0	* "ОН" -
11111 525	368	07	Рем.пр.	0	0	0	0	0	0	17	17	0	0	
11111 25239	23441	07	Верфь	20	20	0	445	50	0	67	0	0	0	

Рис. 5. Сводная трудоемкость цеха по заказам

плектация изделий в контейнер, который после «электронной подписи» об отпуске со склада вместе с требованием направляется в цех, где на требовании ставят подпись о получении и возвращают его на склад. Одновременно с регистрацией в базе данных отпуска с центрального склада автоматически формируется приход в цеховую кладовую. Также предусмотрена возможность регистрации внутрицеховых расходных документов и организации учета оборотов в цеховой кладовой.

Оформление и регистрация отчетных документов в базе данных по работам ремонтного производства выполняются по схеме работ верфи или МСЧ, в зависимости от вида ПТД, которой эти работы запущены в производство.

Важнейшим показателем эффективности системы является ее устойчивое функционирование в режиме промышленной эксплуатации, возможность контроля хода отчета по заказам, цехам и по предприятию в целом в режиме реального времени.

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ ОАО СФ «Алмаз» заключило контракт с ВМФ России на постройку головного артиллерийского катера водоизмещением 500 т. Срок поставки — декабрь 2005 г.

✓ ОАО «Красноярская судостроительная верфь» подписала договор с администрацией Таймырского автономного округа на постройку второго грузопассажирского судна пр. 2707 (см. «Судостроение», 2003 г., № 4, стр. 14, 15). Срок сдачи — июль 2004 г. Головной теплоход «Таймыр» спущен на воду 26 июля 2003 г.

✓ ФГУП СРЗ «Нерпа» строит для рыболовецкой компании «Терфинг» малый рыболовный траулер пр. 21280 (ОАО ЦКБ «Лазурит»), имеющий водоизмещение 240 т и длину 26,7 м. Контракт был подписан 14 мая. Планируется серийная постройка.

✓ Жатайский судоремонтно-судостроительный завод (п. Жатай, Якутия/Саха) осуществляет реконструкцию слипа, особенность которого — базирование на вечной мерзлоте. Генеральный проектировщик — ОАО «Сибречпроект», подрядчик — ЗАО ИК «Транстрой».

✓ В Латвии рассматривается возможность строительства собственных военных кораблей. Министерство обороны страны изучает для этих целей производственные мощности верфей Лиепай и Риги.

✓ 11 октября ОАО «Волжское пароходство» (Нижний Новгород) отметило свое 160-летие. В навигацию 2002 г. суда пароходства, а это более 300 теплоходов, перевезли 6,3 млн т грузов и свыше 600 тыс. пассажиров. В соответствии с долгосрочной программой судостроения по заказу пароходства 14 сентября со стапеля ОАО «Завод «Красное Сормово»» спущен на воду го-

ловной сухогруз «Русич-1» (пр. 00101) дедвейтом 3855/4135 т в серии из 10 ед.

✓ ОАО «Дальневосточное морское пароходство» заключило контракт с финской верфью Kvaerner Masa-Yards Inc на проектирование и постройку двух ледоколов мощностью по 13 МВт. Длина судна около 100 м, дедвейт 4000 т, двигатели — две полноповоротные ВРК. Срок поставки — 2005 г. Ледоколы будут работать в дальневосточных морях в рамках проекта «Сахалин-1».

✓ Нижегородское ОАО «Красный якорь» выполнило заказ на изготовление и поставку цепей четвертой категории прочности для военных кораблей ВМС Италии. Это уже третий контракт с итальянской стороной. В ближайших планах завода увеличить экспортную составляющую продукции более чем в два раза.

✓ Контракт на изготовление девяти гребных винтов заключило ФГУП МП «Звездочка» с финской фирмой ABB Aziprod Oy. Винты будут установлены на круизных лайнерах и других транспортных судах. Сумма контракта — около 2 млн евро.

✓ Объединенные машиностроительные заводы (ОМЗ) завершили консолидацию акций ОАО ЦКБ «Коралл» (Севастополь). Сейчас ОМЗ принадлежит 94,3% акций этого украинского бюро, специализирующегося на проектировании ППБУ, СПБУ, плавкранов, верхних строений морских стационарных платформ.

✓ 14 октября ОАО «Волгоградский судостроительный завод» спустил на воду танкер «Варандей» дедвейтом 6500 т — десятое, последнее судно серии, заказанной компанией «Лукойл».

✓ ОАО СЗ «Авангард» выполнило доковый ремонт базового тральщика «Ельня». Госзаказ был получен в октябре 2002 г. В ходе ремонта выполнены работы по корпусу, системам и двигателю. Корабль передан флоту 10 октября 2003 г. □

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

ПРЕМЬЕРА МВМС СОСТОЯЛАСЬ

К итогам Международного военно-морского салона МВМС-2003



Официальное открытие МВМС-2003



Выступление генерального директора Россудостроения В. Я. Поспелова на открытии МВМС-2003



Стенд ФГУП «Рособоронэкспорт»

Можно с полной уверенностью сказать, что первый Международный военно-морской салон (МВМС), проводившийся в Санкт-Петербурге 25—29 июня 2003 г., по единодушному мнению организаторов, участников, посетителей и официальных гостей, удался.

Успех первого МВМС определялся рядом обстоятельств. Во-первых, местом проведения. Ни в одной стране, где проводятся подобные салоны, так удобно не расположены выставочные площадки и причальные стенки «живых» кораблей, как в Санкт-Петербурге. Достаточно было нескольких минут, чтобы из павильона комплекса «Ленэкспо» ступить на палубу, скажем, эскадренного миноносца или малого ракетного корабля, пришвартованных к причалам морского порта в питерской гавани. Второе важное обстоятельство, способствовавшее успеху МВМС-2003, — это демонстрация военно-морского оружия не только в статике, но и в действии. Речь идет, прежде всего, об артиллерийских стрельбах на испытательном полигоне Министерства обороны РФ «Ржевка», а также показе самолетов и вертолетов морской авиации на аэродроме в Пушкине. Авиационная составляющая включала еще и пролет авиации ВМФ над акваторией Финского залива в непосредственной близости от выставочного комплекса.

Российское агентство по судостроению при непосредственном участии Министерства обороны, Военно-Морского Флота, администрации Санкт-Петербурга, Комитета по военно-техническому сотрудничеству с иностранными государствами и ФГУП «Рособоронэкспорт» сделали все возможное, чтобы этот салон стал не только демонстрацией передовых образцов военно-морской техники и вооружений, но и реально способствовал развитию отечественного оборонно-промышленного комплекса и улучшению сотрудничества с иностранными партнерами.

В военно-морском салоне приняли участие 319 экспонентов, в том



Стенд ФГУП ЦМКБ «Алмаз»



Стенд ФГУП «Северное ПКБ»



Стенд Государственного научного центра РФ ФГУП ЦНИИТ



Модель подводной лодки «Амур 1650» на стенде ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»



В президиуме международной конференции «Военно-морской флот и судостроение в современных условиях», организованной ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова совместно с ЦНИИ МО РФ, — И. Г. Захаров, В. М. Пашин, В. А. Кравченко



В небе — пилотажная группа «Русские витязи»

числе 52 иностранные компании из Бразилии, Бельгии, Великобритании, Германии, Испании, Китая, Украины и других государств мира.

Российский военно-промышленный комплекс был представлен такими крупнейшими предприятиями и объединениями, как «Адмиралтейские верфи», ЦКБ МТ «Рубин», СПМБМ «Малахит», ПО «Севмашпредприятие», «Невское ПКБ», «Северная верфь», НПО «Аврора», ЦНИИ «Электроприбор», корпорация «Тактическое ракетное вооружение», «КнаАПО», ОКБ им. П. О. Сухого и др.

Участие в салоне предприятий Россудостроения имело особое значение, поскольку в объеме российского военного экспорта последних лет доля военно-морской техники неуклонно повышалась и достигла на сегодняшний день более 25% от объема всех поставок.



СКР «Пылкий» и эсминец «Беспокойный»

Девиз Международного военно-морского салона «Через сотрудничество — к миру и прогрессу» определял одну из главных целей и способствовал налаживанию и развитию деловых контактов, обмену опытом и формированию позитивного имиджа российских предприятий и научных организаций.

Официальные иностранные делегации из США, Германии, Италии, Франции, Индии, Швеции, Объединенных Арабских Эмиратов, Турции, Сингапура и ряда других стран посетили восемь крупнейших кораблестроительных предприятий и научно-исследовательских институтов Санкт-Петербурга.

В рамках салона были проведены две международные конферен-

ции: «Военно-морской флот и судостроение в современных условиях» и «Морское право и военно-морская деятельность в Мировом океане».

Состоялись также презентации ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» и ФГУП «Адмиралтейские верфи» (подводные лодки пр. «Амур 1650» и пр. 636 с комплексом ракетного оружия «Клуб»), ФГУП ЦНИИ «Электроприбор» и германской компании «Алкан Композитс», прошли круглые столы «Эффективный маркетинг — путь к расширению военно-технического сотрудничества» и «Флот XXI века. Подготовка кадров». Проведено несколько семинаров и круглых столов по тематическим направлениям военно-морской деятельности.



МВМС-2003 посетил Председатель Правительства Российской Федерации М. М. Касьянов



Десантный КВП «Евгений Кочетков»



ПСКР типа «Мираж»

Была достигнута и прагматическая цель салона — путем демонстрации разнообразной продукции отечественного оборонно-промышленного комплекса (в частности, Россудостроения) удалось расширить рамки экспорта российской военно-морской техники. У многих предприятий состоялись интересные переговоры с потенциальными зарубежными заказчиками, и эти контакты имеют хорошую перспективу.

В день закрытия МВМС посетил Председатель Правительства Российской Федерации М. М. Касьянов. Он осмотрел эскадренный миноносец «Беспокойный», наблюдал выступления пилотажных групп «Стрижи» и «Русские витязи», а также ознакомился с выставочной экспозицией «Рособоронэкспорта», ЦКБ МТ «Рубин», «Адмиралтейских верфей», «Северной верфи», ЦМКБ «Алмаз» и ПО «Севмаш», осмотрел стенды предприятий ФРГ, Китайской судостроительной компании, украинской моторостроительной компании «Мотор Сич», завода имени В. Я. Климова, ОАО «Звезда» и др.

Отвечая на вопросы представителей прессы, М. М. Касьянов отметил, что трехлетняя подготовка к

открытию первого в России международного салона не прошла даром; Россия в очередной раз показала серьезность провозглашенных в Морской доктрине намерений подтвердить статус великой морской державы, имеющей свои интересы на просторах Мирового океана, и этот салон, как и МАКС, должен стать традиционным.

Первый МВМС также высоко оценивается высокопоставленными чиновниками из разных стран. Об этом свидетельствуют отзывы представителей иностранных делегаций.

Военный атташе посольства Израиля в РФ полковник Миха Маргалит: «...Безусловно, успешное проведение мероприятия такого ранга способствует укреплению престижа страны, и я рад констатировать, что оно произошло на высоком профессиональном уровне. Прошу передать слова благодарности всем сотрудникам организационного комитета морского салона, принимавшим участие в подготовке и проведении этого мероприятия. Их четкая, слаженная работа и высокий профессионализм заслуживают самой высокой оценки...»

Атташе по вопросам обороны при посольстве Швейцарии полков-

ник Ж.-П. Дитрих: «...Санкт-Петербург с его давними традициями кораблестроения представляется нам идеальным местом для проведения подобной выставки. Ее многочисленные экспозиции позволили посетителям убедиться в том, что уровень индустрии кораблестроения остается по-прежнему высоким...»

На итоговой пресс-конференции, посвященной закрытию МВМС-2003, первый заместитель председателя оргкомитета по подготовке и проведению салона генеральный директор Российского агентства по судостроению В. Я. Поспелов отметил: «Впервые в истории России удалось комплексно представить научный и производственный потенциал предприятий и организаций оборонно-промышленного комплекса в области создания отечественных образцов военно-морской техники и вооружения, а также показать научно-технический задел в этой области, перспективы и приоритетные направления развития современного кораблестроения и смежных отраслей промышленности на ближайший период. Салон в достаточной мере способствовал установлению и развитию связей и коопераций в обла-



Патрульный корабль «Алмаз»



Ракетный катер Р-2

сти кораблестроения, создания современных морских систем, боевых корабельных комплексов для Военно-Морского Флота, внедрению в деловую практику новых методов и форм взаимодействия отечественных и иностранных предприятий в области современных высоких технологий».

Итак, Международный военно-морской салон занял достойное ме-

сто среди подобных выставок военно-морской техники и вооружения. По совокупности таких показателей, как выставочные площади, количество участников и число официальных делегаций, он соответствует таким известным выставкам, как IMDEX и Exponaval. Достаточно отметить, что за пять дней работы салона на его выставочной экспозиции побывали около десяти тысяч

специалистов и примерно 75 тысяч обычных посетителей, что стало беспрецедентным событием для комплекса ВАО «Ленэкспо».

Очередной салон должен быть проведен в 2005 г.

В. М. Чиков,
пресс-секретарь Россудостроения

Фото А. Хаустова, Л. Геркуса,
О. Гуляева, А. Игнатьева

«СЕВМОРНЕФТЕГАЗ» ОСВАИВАЕТ АРКТИЧЕСКИЙ ШЕЛЬФ

К концу XX столетия наиболее доступные месторождения нефти и газа на суше практически выработали свой ресурс, отмечено в пресс-релизе к международной конференции и выставке «Нефть и газ шельфовой зоны СНГ», состоявшихся 16–19 сентября 2003 г. в Санкт-Петербурге (выставочное объединение «Рестэк»). Поэтому акценты нефтедобычи неуклонно смещаются в сторону запасов континентального шельфа Мирового океана. По расчетам специалистов, площадь шельфа, перспективная на нефть и газ, достигает 70%,

или около 20 млн км². Общие потенциальные запасы оцениваются в 400 млрд т нефти и 210 трлн м³ газа. Доля морской добычи неуклонно растет, достигнув в начале XXI века 30%. Активные работы развернуты в Персидском и Мексиканском заливах, Каспийском, Южно-Китайском и Северном морях, на бразильском шельфе.

Россия обладает самым протяженным шельфом, 85% которого приходится на арктические районы. Минимальный уровень запасов прибрежной зоны только Северного Ле-

довитого океана оценивается более чем в 80 млрд т условного топлива. Поэтому континентальный шельф российских арктических морей является основным резервом стабильного развития отечественного нефтегазового комплекса в XXI веке.

Освоение шельфа требует огромных затрат, применения высоких технологий, объединения усилий многих предприятий и организаций. В октябре 2001 г. ОАО «Газпром» и ОАО НК «Роснефть» подписали соглашение о совместном освоении ряда крупных нефтяных и га-

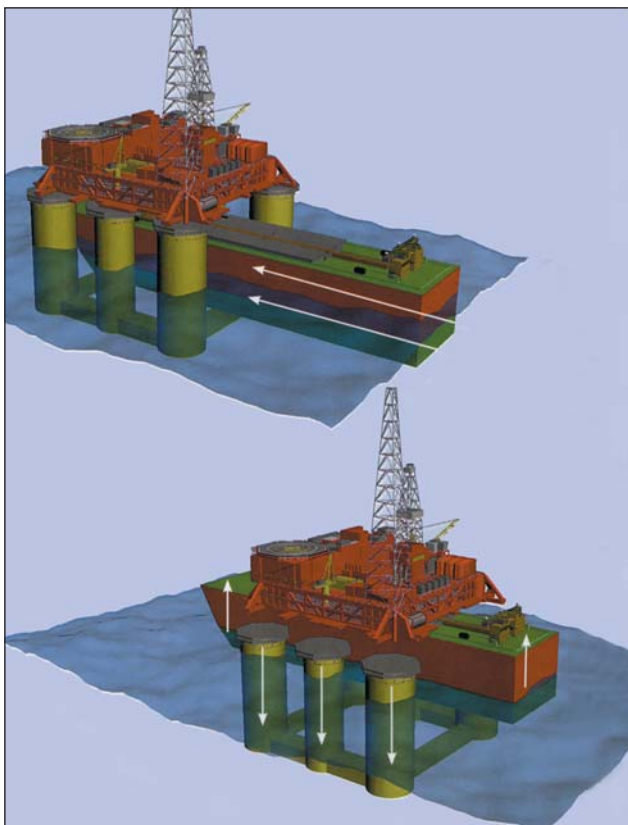
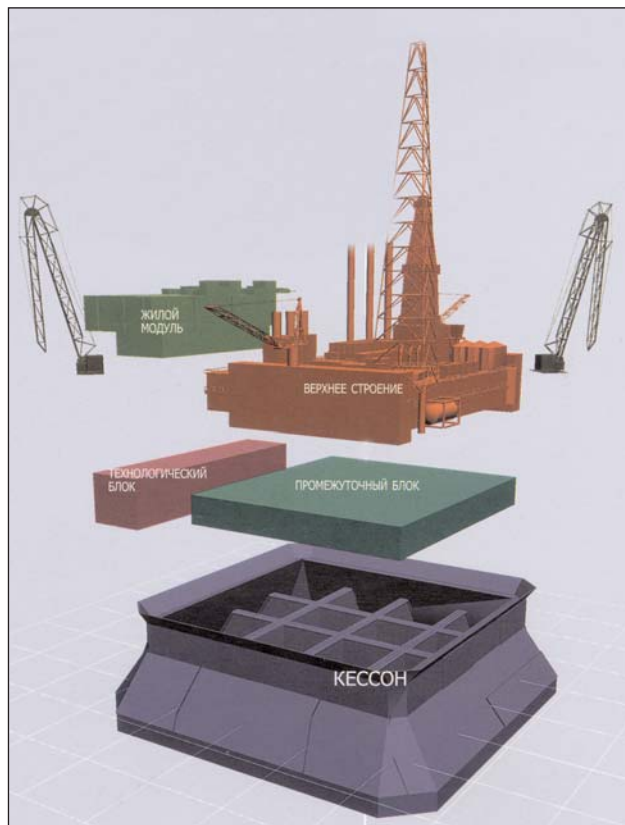


Схема снятия верхнего строения с платформы «Hutton TLP»



Основные блоки МЛСП «Приразломная»



МЛСП «Приразломная», строящаяся в ПО «Севмаш», — основной элемент обустройства Приразломного месторождения нефти на шельфе Печорского моря

зовых месторождений, расположенных в Ямало-Ненецком автономном округе и на шельфе Печорского и Баренцева морей. В декабре того же года было образовано ЗАО «Севморнефтегаз» (участник упомянутой выше выставки), созданное на паритетных (50%/50%) началах их дочерними фирмами ЗАО «Росшельф» и ОАО НК «Роснефть-Пурнефтегаз», владевшими на тот момент лицензиями на право пользования недрами. ЗАО «Севморнефтегаз» определено инвестором и оператором по ведению совместных проектов освоения Приразломного (нефтяного) и Штокмановского (газоконденсатного) месторождений, а также газонефтяных месторождений на севере Западной Сибири — Харампурского, Еты-Пуровского и Вынгайинского. По первым трем из них приняты федеральные законы, разрешающие их разработку на условиях соглашений о разделе продукции (СРП).

В декабре 2002 г. ЗАО «Севморнефтегаз» получило лицензии на пользование недрами Приразломного и Штокмановского месторождений. По первому из них в 2002 г. было освоено 175 млн дол. капитальных вложений — столько было вложено в течение восьми лет до создания «Севморнефтегаза».

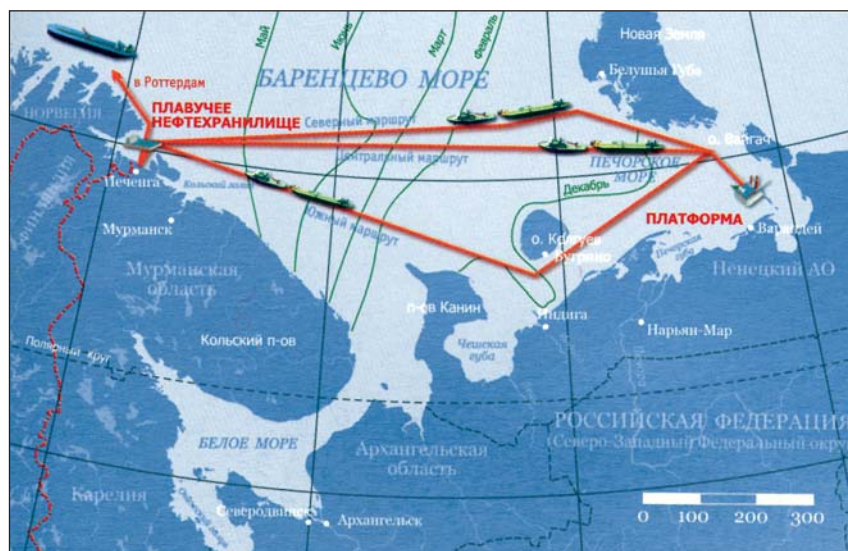
Выполнение запланированных мероприятий по Приразломному месторождению с использованием научного потенциала и производственных мощностей первоклассных предприятий военно-промышленного комплекса (ПО «Севмаш», МП «Звездочка», ЦКБ МТ «Рубин», ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова и др.) позволит начать промышленную добычу нефти уже в 2005 г. и в дальнейшем, к 2010 г., обеспечить проектный уровень в объеме

около 7 млн т нефти в год. Это первый проект по добыче углеводородов на арктическом шельфе России.

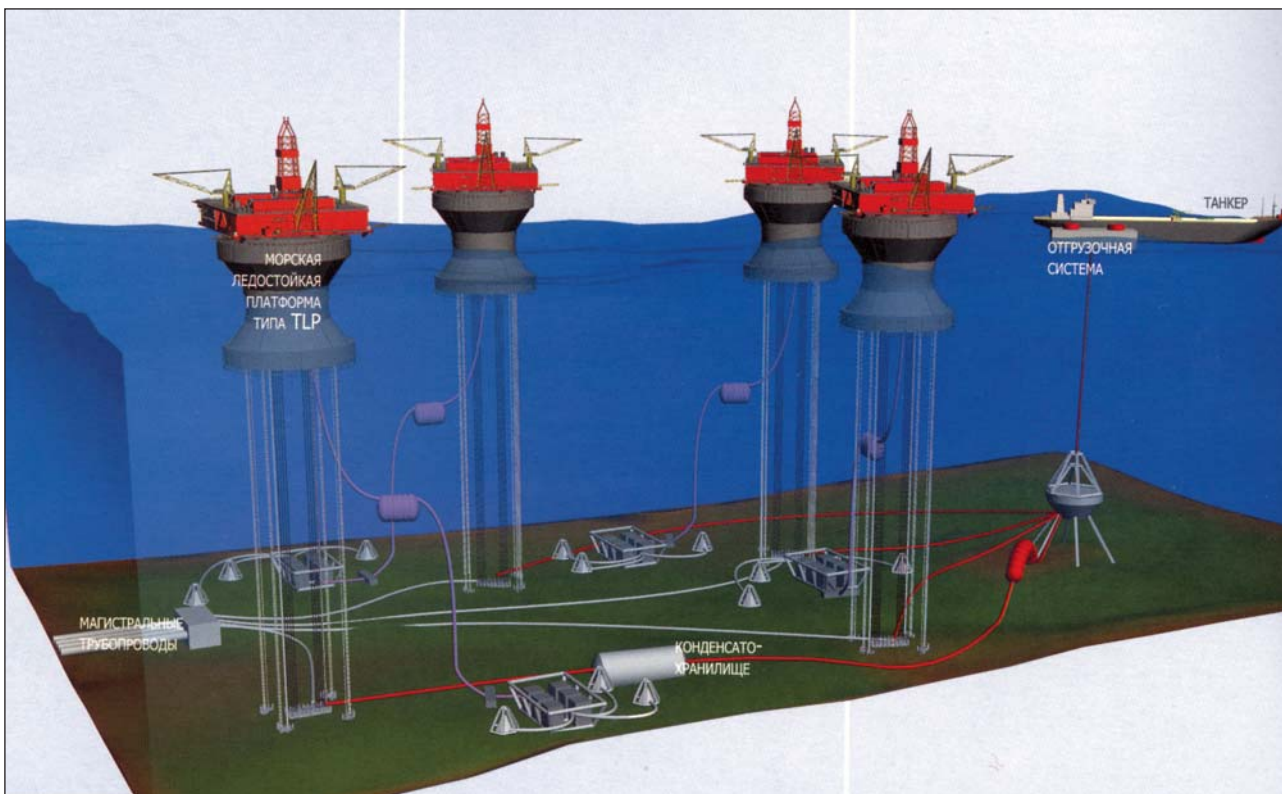
Приразломное месторождение в Печорском море, открытое в 1989 г., расположено в 60 км от берега (п. Варандей), где глубины составляют 19—20 м. Его геологические запасы нефти оцениваются в 231 млн т. Капитальные вложения в обустройство месторождения, морскую ледостойкую стационарную платформу (МЛСП), транспортные суда ледового класса и суда обеспечения, плавучее нефтехранилище, береговую инфраструктуру составят 1,2 млрд дол. Разработка месторождения на условиях СРП (при 70%-й квоте участия российских производителей оборудования и материалов по закону о СРП) будет стимулировать рост инвестиций в другие отрасли по мере роста их услуг, что потребует создания новых и реконструкции имеющихся производственных мощностей. Всего будет создано около 100 тыс. новых рабочих мест.

Основной элемент обустройства — МЛСП «Приразломная» стоимостью 800 млн дол., которую строит ФГУП ПО «Севмаш». Она состоит из опорного основания размерами 126x126 м и массой 60 тыс. т с 14 танками общей вместимостью 113 тыс. т и верхнего строения массой 23 тыс. т. Проектная производительность оборудования МЛСП по добыче нефти 22 тыс. т/сут, газа — 1 млн м³/сут, закачке воды 32 тыс. м³/сут.

Для ускорения формирования МЛСП ЗАО «Севморнефтегаз» в



Маршруты транспортировки нефти с Приразломного месторождения



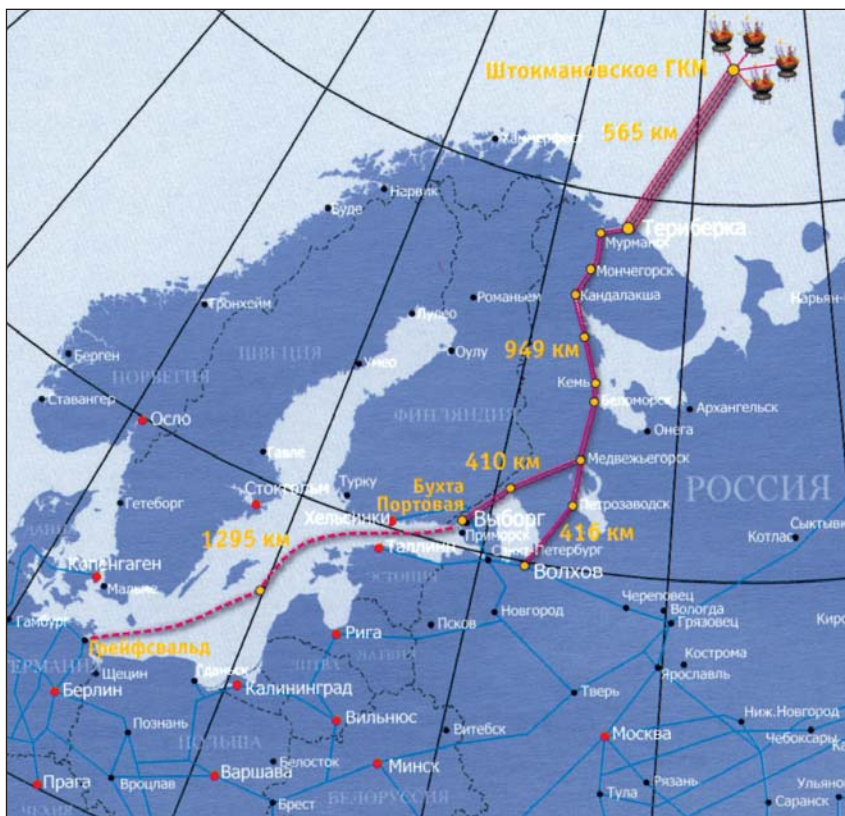
Общая схема обустройства Штокмановского месторождения

2002 г. закупило норвежскую платформу «Hutton TLP» для использования ее верхнего строения. После демонтажа и реконструкции верхнее строение будет установлено на опорное основание. На 2004 г. запланированы сборка и испытания МЛСП, установка на месторождении, начало пусконаладочных работ.

Объем капитальных вложений для создания системы транспортировки нефти составит 400 млн дол. Разработанная концепция предусматривает круглогодичную эксплуатацию МЛСП. Учитывая особенности навигации в Арктике, предполагается использовать промежуточное плавучее нефтехранилище на 220 тыс. т (срок реализации — 2004 г.) в незамерзающей бухте залива Печенга (Кольский полуостров). Транспортировка от МЛСП до нефтехранилища по маршруту протяженностью около 1100 км будет осуществляться челночными танкерами ледового класса дедвейтом 80 000 т (в 2005 г. должно быть построено три таких судна) в сопровождении в зимний период многофункциональных ледоколов-снабженцев дедвейтом 4600 т (в 2005—2006 гг. должно быть построено два таких судна). Из нефтехранилища нефть будет перегружаться на танке-

ры дедвейтом 150—170 тыс. т для экспорта в Роттердам или в Северную Америку.

Совокупный эффект для государства от реализации проекта освоения Приразломного месторож-



Варианты доставки газа от Штокмановского месторождения

дения на условиях СРП оценивается в 6,8 млрд дол.

Штокмановское газоконденсатное месторождение открыто в 1988 г. на шельфе Баренцева моря в 600 км к северо-востоку от Мурманска и является одним из крупнейших в мире. Его площадь 1400 км², геологические запасы газа 3,2 трлн м³, конденсата — 31 млн т. Глубины моря здесь 300—380 м.

Сочетание больших глубин и ледовых нагрузок обуславливает необходимость использовать для добычи газа ледостойких добывающих платформ типа TLP водоизмещением 184 000 т с вертикальными натяжными связями в качестве системы удержания. Масса опорного основания платформы составит

53 000 т, верхнего строения — 50 000 т, угол конуса 45°, диаметр колодца 31—43 м, производительность 22,5 млрд м³ газа в год.

Проект разработки месторождения предусматривает эксплуатацию четырех платформ с 96 эксплуатирующимися скважинами (плюс 12 — резервных) с дебетом одной скважины 2,62 млн м³/сут. Отбор газа за 50 лет должен превысить 80% запасов.

Общий объем капитальных вложений оценивается в 18,7 млрд дол., в том числе в морской добывающий комплекс — 7,5 млрд дол., в морские подводные газопроводы и отгрузочный терминал — 3,6 млрд дол., в наземные газопроводы — 7,6 млрд дол.

Подводный магистральный трубопровод от месторождения до Тери-

берку будет иметь следующие характеристики: длина 565 км, диаметр 1066,8 мм (42"), число ниток 4, давление на платформе 18—19 МПа, на берегу — 6 МПа. Сухопутный участок: Териберка—Медвежьегорск—Волхов/Выборг.

График реализации 1-й очереди проекта предусматривает строительство первой платформы и трубопроводов в 2006—2009 гг. и начало добычи газа в 2010 г.

Совокупный эффект для государства от реализации проекта освоения Штокмановского месторождения на условиях СРП — 100 млрд дол.

(По материалам, предоставленным редакцией ЗАО «Севморнефтегаз».)

БОЛЬШОЙ СУДОМОДЕЛЬНЫЙ СЕЗОН В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Несмотря на то, что уже много лет в нашем городе не проводились представительные конкурсы, судомodelисты Санкт-Петербурга никогда не прекращали свою работу. Прочно удерживают высокий уровень профессионалы из модельных мастерских нашего города. Мастерство же любителей из судомodelьных кружков при Домах творчества юных, а также людей, самостоятельно занимающихся модельным творчеством, развивается по мере образования пока небольшого в России рынка продаж моделей. В середине 1990-х годов Санкт-Петербургский региональный морской центр, созданный для проведения празднования 300-летия флота, внес в программы юби-

лея изготовление серии моделей знаменитых кораблей. Оставшись без финансирования, эта программа, тем не менее, позволила Ассоциации судомodelистов Санкт-Петербурга «Микрофлот» выставить к юбилею в павильонах ЛенЭКСПО в Гавани неплохую экспозицию моделей, выполненных модельстами-любителями нашего города. Аналогичные экспозиции были представлены и на следующих выставках «Нева» и «Катера и яхты», а между тем выставки — чемпионаты по судомodelизму проходили в других городах России. Отдавая должное организаторам тех соревнований, следует сказать, что к морской славе России эти города отношение имели весьма отдаленное.

Тем не менее, начав с выставок в Гавани, наши модельсты сами провели две уже спортивные выставки на «Кубок университета». Благодаря этому опыту, в год 300-летия города Санкт-Петербург смог принять давно здесь ожидавшуюся Всероссийскую выставку моделей кораблей и судов в классах стендовых (настольных) моделей группы С по классификации Международной федерации судомodelистов НАВИГА, в которую уже много лет входит и Россия. К сожалению, руководство города никакого участия в организации выставки не принимало, и лишь благодаря спонсору — салону «Наследие» — эта выставка прошла в назначенное время. Абсолютно игнорировали выставку судомodelистов и все те об-



Экспозиция моделей в зале ВИТУ

щественные организации, которые обязались пропагандировать морскую историю нашего Отечества.

Первое мероприятие года «Кубок университета» проходило с 20 по 24 мая в Военном инженерно-техническом университете (ВИТУ) благодаря энтузиазму историков-любителей и моделистов А. Добренко и А. Иванова, которые при поддержке руководства ВИТУ собрали в его помещениях лучшие модели, изготовленные петербургскими модельстами за последние годы.

Следующая выставка под эгидой Российского оборонного спортивно-технического общества (РОСТО) проходила с 23 по 29 июня в зале салона «Наследие» на набережной Мойки и носила статус Всероссийской; на ней были представлены модели лучших модельстов не только из нашего города, но и из многих районов России.

Очень сильный состав привел к серьезной конкуренции в классе моделей парусников С1. Модель знаменитого корабля «Азов», уже имеющая две золотые медали чемпионатов Европы и мира, мастера из Йошкар-Олы М. Смирнова конку-



Открытие Всероссийской выставки моделей кораблей и судов в салоне «Наследие». Выступление главного судьи Л. Алешина (второй слева)

рировала с моделью английского линейного корабля «Ройял Соверен», тогда еще нетитулованного модельста из Санкт-Петербурга Н. Майгельдинова, уступив в итоге пальму первенства последней.

В классе моделей судов с механическим двигателем лучшей была признана модель пожарного судна «Марс», уже имевшая золотые медали чемпионатов Европы и мира, вы-

полненная известным модельстом из Санкт-Петербурга В. Стефановичем.

Лидером в классе С3, безусловно, была модель А. Добренко французского парусного корабля «Ла Леджер» — копия модели из фондов ЦВММ, первая на наших выставках модель, выполненная в старинном «адмиралтейском» стиле, с показом конструкции корпуса корабля без обшивки.



Экспозиция в салоне «Наследие»



В залах ЦВММ проходила выставка на Кубок Главкома ВМФ



Фрагмент экспозиции чемпионата Европы

В классе С4 моделей-миниатюр соревнование возникло между моделями двух петербуржцев: Г. Шапиро и С. Шлычкова, тоже уже имевших множество золотых и серебряных призов чемпионатов мира и Европы. На этот раз победителем стал Г. Шапиро, представивший модель атомного ракетного крейсера «Фрунзе» в масштабе 1 : 1000.

В классе С5 (модели в бутылках) последние годы безусловными лидерами являются работы моделиста из Подмосквья В. Бабкина. Качество его моделей, несмотря на специфические трудности, присущие данному классу, близко к настоящим миниатюрам, что нередко отмечают судейские бригады чемпионатов.

Далее эстафету приняла выставка моделей на Кубок Главкома Военно-Морского Флота в залах Центрального военно-морского музея, которая проходила с 6 по 13 августа 2003 г. и завершила сезон выставок юбилейного для Санкт-Петербурга года. В классе С1 модель английского линейного корабля «Ройял Соверен» и на этот раз уверенно победила, но второй на этот раз была уже модель брига «Меркурий» петербуржца М. Тимофеева.

После серии питерских выставок, к сожалению, лишь часть лучших моделей смогла принять участие в чемпионате Европы в Польше. Дело в том, что руководство РОСТО и Госкомспорта отказывается финан-

сировать хотя бы поездки на чемпионат наших судомоделюстов, и те в очередной раз вынуждены платить за свои медали из своего же кармана. Тем не менее и на выставке столь высокого ранга, как чемпионат Европы, наша сборная получила 3 золотые, 1 серебряную и 2 бронзовые медали, хотя реально мы могли бы получить гораздо больше наград, стоило лишь привезти и выставить те модели, которые получали призы на выставках в Санкт-Петербурге. И все-таки было очень приятно видеть на пьедестале почета наших спортсменов Н. Майгельдинова с великолепным «Ройял Совереном» и В. Стефановича с «Марсом».

Есть у отечественного судомоделюлизма и еще одна проблема: в составе судейских международных бригад должны, наконец, постоянно быть и наши судьи. Кроме опытного судьи Л. Алешина больше никто не принимал участия в судействе международных выставок. Не исключение и автор этих строк — судья-эксперт международной категории. Заявлять, как это делают некоторые, что мы можем зарабатывать на поездках, продавая свои модели, более чем неконструктивно. Пора, наконец, везти модели на чемпионаты, а не продавать. Тогда и получать медали мы сможем, что называется, по полной программе.

С. А. Шлычков,
судья международной категории

НИКОЛАЮ ПАВЛОВИЧУ ЛУКЪЯНОВУ — 85 ЛЕТ

10 декабря 2003 г. исполнилось 85 лет со дня рождения и 60 лет научно-производственной деятельности Николая Павловича Лукьянова — кандидата технических наук, лауреата Государственной премии СССР.

Родился Николай Павлович в 1918 г. в Петрограде. После окончания в 1943 г. Николаевского кораблестроительного института был направлен на работу в Союзный трест «Оргсудопром» (ныне ЦНИИТС), где прошел путь от рядового инженера-кораблестроителя до главного инженера и начальника крупного отделения института. В период с 1943 по 1957 гг. непосредственно участвовал в разработках и внедрении на заводах отрасли («Петрозаводе», заво-

дах Балтийском, им. А. А. Жданова, Адмиралтейском, Средне-Невском и Приморском) принципиально новой прогрессивной технологии и организации поточно-позиционной постройки судов и кораблей.

Он является автором принципиально нового процесса изготовления в цеховых условиях судовых надстроек в виде блоков с полным насыщением массой более 300 т и монтажа их в готовом виде с частью палубы на судах различных типов и назначений. Реализация этого процесса при строительстве крупных транспортных судов, в надстройках которых практически сосредоточены все жилые и служебные помещения (их оборудование и отделка ранее

выполнялись непосредственно на судах), явилась исключительно прогрессивным мероприятием. Это позволило значительно снизить трудовые затраты, сократить цикл постройки судна в целом, повысить качество продукции и ее надежность в условиях эксплуатации.

Н. П. Лукьянову всегда были присущи новаторство и оправданный технический риск, что много раз позволяло успешно выполнять ответственные работы в судостроении. В 1958 г. серьезным экзаменом была для него «переквалификация» с металлического судостроения на пластмассовое. Для корабелов, которые привыкли работать с металлами, исследования в данном направлении

были абсолютно новым делом. Но энергичность, настойчивость в достижении поставленной цели, эрудиция, отличные организаторские способности помогли Николаю Павловичу и здесь стать одним из ведущих специалистов отрасли по применению композиционных синтетических материалов в судостроении.

Н. П. Лукьянов явился одним из основных инициаторов разработок и создания отечественных судов с корпусом из стеклопластика. Постановлением правительства в 1958 г. была утверждена программа «Лазурит», предусматривавшая создание конструктивных стеклопластиков в качестве основного материала для корпусов кораблей противоминной обороны (ПМО), проведение комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обеспечение постройки первого отечественного корабля из этого материала. В 1959 г. приказом министра Минсудпрома Н. П. Лукьянов назначается главным инженером отделения института и руководителем темы «Лазурит». Осуществляя координацию работ, он непосредственно участвовал в проведении исследований физико-механических свойств стеклопластика, возможности обеспечения нормальных условий проживания личного состава в корабельных помещениях и т. д. В результате решения этой проблемы впервые не только в отечественной, но и зарубежной практике были созданы новые конструктивные стеклопластики, отвечающие требованиям судостроения.



Н. П. Лукьянов

Николай Павлович лично участвовал в строительстве кораблей-тральщиков типа «Изумруд» водоизмещением 320 т. Его расчеты и предложения по технологии и обитаемости судовых помещений подтверждены длительным опытом эксплуатации большой серии кораблей ПМО с корпусами из стеклопластика. Так появилось в отрасли новое направление — пластмассовое судостроение со своей спецификой и особенностями в организации производства. Именно отечественное судостроение явилось родоначальником создания боевых кораблей ПМО из конструктивного стеклопластика. Эти разработки защищены многими авторскими свидетельствами. В 1971 г. по их материалам Н. П. Лукьянов защитил кандидатскую диссертацию.

Более 18 лет Николай Павлович возглавлял секцию пластмассового судостроения и синтетических материалов научно-технического совета института, был председателем постоянной межведомственной

комиссии по испытаниям и приемке неметаллических материалов и изделий из них для судостроения, а также членом научно-технических советов в ряде организаций судостроительной и смежных отраслей промышленности. Его труд отмечен орденом Трудового Красного Знамени и медалями «За трудовое отличие», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.», «За оборону Ленинграда», «300 лет Российскому флоту». Активная и плодотворная работа Н. П. Лукьянова по внедрению в судостроение

высокоэффективных разработок отмечена и многими почетными знаками Министерства судостроительной промышленности СССР. В 1977 г. ему присуждено звание Лауреата государственной премии СССР за разработку технологии и освоение серийной постройки кораблей ПМО из новых конструктивных материалов — стеклопластиков. Результаты научно-производственной деятельности опубликованы в 40 печатных работах, получено 28 свидетельств на изобретения.

Инициатива, чувство ответственности за порученное дело, требовательность к себе, принципиальность, доброжелательность к коллегам по работе снискали Николаю Павловичу заслуженный авторитет и уважение. Сейчас он возглавляет Совет ветеранов ЦНИИТС.

**В. Д. Горбач, генеральный директор ЦНИИТС, докт. техн. наук,
В. С. Головченко,
докт. техн. наук, проф.**

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

«Зеленую» верфь для утилизации списанных судов планируется построить в Европе. Ежегодно около 600 старых судов разделяются на лом в основном в странах с очень дешевой рабочей силой и при весьма неблагоприятных условиях труда. Группа голландских компаний — Tanker and Platform Dismantling Foundation, P&Q Nedlloyd, AVR, Steenhuis Recycling, DDM — изучают возможность создания судоразборочного предприятия

в одном из голландских портов (Eemshaven). Ежегодно здесь могут утилизироваться 10—15 судов. Для снижения затрат рассматривается возможность использования роботов. Другое предложение — строить такие суда, которые впоследствии было бы легко разбирать.

Суда на «воздушной смазке» собираются строить в Голландии. В опытовом бассейне Морского научно-исследовательского института Ни-

дерландов (Maritime Research Institute Netherlands) проводятся буксировочные испытания моделей, под днище которых в специальные полости подается воздух, что обеспечивает образование воздушной прослойки, уменьшающей сопротивление воды движению судна. Консорциум голландских верфей (Damen Shipyards, Van der Giessen de Noord, Bodewes, Grave, DK Group) работает над опытным образцом судна для внутренних

**КОМПЛЕКСНОЕ
ОСНАЩЕНИЕ
КАМБУЗНЫМ
ОБОРУДОВАНИЕМ
КОРАБЛЕЙ И СУДОВ**



**СЕВЕР
ТРЕЙД**

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

Санкт-Петербург, ул. Яблочкова, 12
тел. (812) 449-1439, факс (812) 449-1438
Москва, ВВЦ (совхозный въезд), ДЦ СП Технопарк, оф. 33
тел./факс (095) 234-5012, 234-5013



Голландский буксир «Multratug 12» с «карусельной» системой крепления буксирного каната

водных путей. Данное решение предполагается сперва внедрить на речных судах, у которых экономия топлива составит 20%, а затем на морских судах, где можно сэкономить около 10% топлива.

«Карусельная» система крепления буксирного каната, разработанная фирмой Novatug BV (Роттердам), применена на буксире «Multratug 12». Она включает в себя вращающееся на 360° кольцо, расположенное у основания судовой надстройки, к которому крепится буксирный канат. Это обеспечивает большую устойчивость буксира, практически исключает возможность его опрокидывания, улучшает эксплуатационные характеристики буксира (*Made in Holland. Maritime Industry, 2003. IX*).

16 августа на американской верфи General Dynamics Electric Boat в Гротоне (шт. Коннектикут), через две недели после вывода из цеха,

состоялась церемония «крещения» головной многоцелевой атомной подводной лодки «Virginia» (SSN 774). Эта новейшая лодка призвана выполнять полный спектр задач в новых условиях, наступивших после окончания холодной войны. Ее подводное водоизмещение 7700 т, длина 114,9 м, диаметр корпуса 10,36 м, скорость 25 уз (+), глубина погружения 244 м (+), вооружение: торпеды «Mark 48», ракеты «Tomahawk», мины «Mark 60 CAPTOR», «мобильные мины», дистанционно управляемые подводные аппараты; общее количество единиц оружия — 38. Кроме того, в соответствии с новыми требованиями по обеспечению региональных и прибрежных операций АПЛ сможет брать на борт бойцов специального назначения и мини-субмарины для их доставки в заданный район. «Virginia» снабжена реакторной установкой, которая не требует за-

мены ядерного топлива в течение всего срока эксплуатации АПЛ.

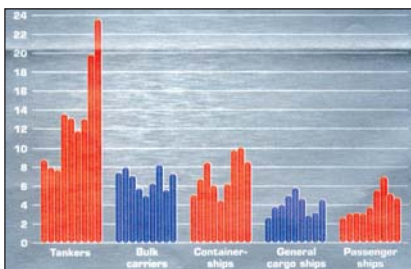
В 1998 г. компаниям Electric Boat и Northrop Grumman Newport News был выдан заказ на постройку четырех лодок типа «Virginia» стоимостью 4,2 млрд дол. В августе 2003 г. контракт увеличили до 6 ед. общей стоимостью 8,7 млрд дол. Ежегодно с 2003 по 2006 финансовый год должно строиться по 1 АПЛ, в 2007 г. — 2 АПЛ. Намечается продление серии до 8 ед. (www.gdeb.com).

Сингапурская компания Keppel FELS Ltd расширяет свою деятельность на побережье Каспийского моря. Первым совместным предприятием стала верфь Caspian Shipyard Co в Баку (Азербайджан). Сейчас создается предприятие Keppel Kazakhstan LLP вблизи морского порта Актау (Казахстан). Основные направления его деятельности — проектирование, постройка, переоборудование и ремонт плавучих буровых установок, а также специализированных судов, участвующих в освоении морских нефтяных и газовых месторождений. В ходе первой стадии создания предприятия планируется инвестировать 20 млн дол. (*Shiprepair and Conversion Technology. 2003. 3rd Quarter. P. 13*).

В 2002 г. в мире построено, по данным Lloyd's Register of Shipping, 1320 судов суммарной валовой вместимостью 31 354 000 рег. т (19 900 000 компенсированных рег. т). Лидером опять была Южная Корея (31,8%), немного опередившая Японию (31,7%). Китай и Германия заняли третье и четвертое места



Головная многоцелевая атомная подводная лодка «Virginia» во время церемонии «крещения» (www.gdeb.com)



Мировой портфель заказов на суда основных типов в 1995—2003 гг. (на 1 января, в комп. рег. т). Источник — ISL

с более скромными результатами (6% и 5,6%). Далее следуют Италия и Польша (3% и 2,5%). Остальные страны в десятке ведущих не превысили 2%-й рубеж.

Что же касается портфеля заказов, то в 2002 г. на первом месте была Япония (36,5% от суммарной вместимости в комп. рег. т), затем следовали Южная Корея (27,7%) и Китай (13%), который сделал резкий рывок к лидерам.

По данным института ISL в Бремене, на 1 января 2003 г. мировой торговый флот (суда валовой вместимостью 300 рег. т и выше) включал в себя 39 415 судов, суммарная валовая вместимость которых достигала 552 660 000 рег. т, а дедейт — 816 384 000 т. В числе этих судов — 7400 танкеров (170 000 000 рег. т) для перевозки нефти и нефтепродуктов, из которых, по оценке лондонских брокеров, только около 30% имеют двойные борты и днище (SMM News. 2003. N 1).

Британская фирма First Marine International проводит мониторинг судостроительной деятельности в мире в 2003—2005 гг. по контракту с комиссией Европейского союза (ЕС). Отчеты, в том числе ежемесячные, должны содержать показатели, характеризующие рыночную ситуацию в данной области: типы заказываемых судов, компании — заказчики, верфи-строители, сроки постройки, финансовые условия и др. Результаты данного анализа должны позволить оценить влияние конкурирующих верфей вне ЕС, прежде всего в Юго-Восточной Азии, на положение европейской судостроительной промышленности.

Чтобы противостоять «незаконной практике финансовой помощи» своим верфям со стороны государства в некоторых странах Юго-Восточной Азии, ЕС планирует разрешить в 2004 г. субсидии европейским верфям в размере 25% контрактной це-

ны на новое судно. До этого разрешалась финансовая помощь в 9% на определенные типы заказываемых судов. Планируется также выделять больше инвестиций с целью модернизации судостроительного производства. Среди других намечаемых мер поддержки европейских верфей — создание специального фонда в European Investment Bank в качестве финансовой гарантии размещаемых в Европе заказов на новые суда, обеспечение кредитного страхования экспортных контрактов (New Ships. 2003).

Новая верфь для постройки подводных лодок водоизмещением до 3000 т открыта в сентябре 2003 г. в Южной Корее. Она расположена в Ульсане и входит в состав Hyundai Heavy Industries Co, занимая площадь 14 850 м³. Первоначально она будет использоваться для проектирования и сборки подводных лодок по заказу министерства обороны страны. Первый контракт — три лодки водоизмещением по 1800 т — планируется выполнить к 2009 г. Возможно они будут оснащены воздушнонезависимыми энергетическими установками. Ранее постройку дизель-электрических подводных лодок водоизмещением 1200 т освоил южнокорейский концерн Daewoo.

Недостаток заказов вынудил немецкую верфь Aker MTW Werft GmbH сократить персонал (2471 чел.) сво-

Данные по сданным заказчиком судам в 2002 г. по ведущим судостроительным странам

Страна	Вместимость, млн комп. рег. т	Доля, %
1. Южная Корея	6,32	31,8
2. Япония	6,31	31,7
3. Китай	1,19	6,0
4. Германия	1,11	5,6
5. Италия	0,60	3,0
6. Польша	0,50	2,5
7. Финляндия	0,36	1,8
8. Нидерланды	0,35	1,7
9. Хорватия	0,32	1,6
10. о. Тайвань	0,32	1,6

Источник: Lloyd's Register of Shipping.

их верфей в Ростове и Висмаре на 247 чел. С конца сентября эти работники переведены во «временную холдинговую компанию», где они смогут получать 70% своей зарплаты в течение определенного (нераскрываемого) периода. Первоначально планировалось сократить 550 чел., но под давлением профсоюза эта цифра была уменьшена. Оставшиеся на верфях работники не получают традиционную рождественскую премию (бонусы) и будут работать 38 ч в неделю вместо прежних 37 ч без соответствующей денежной компенсации. (New Ships, 2003). □



ЗАО «КАЛАНДР»

российский производитель искусственных материалов

**ПРЕДЛАГАЕТ
ДЛЯ ГИДРОЗАЩИТЫ
ИЗОЛЯЦИИ НА СУДАХ**

поливинилхлоридную
пластифицированную пленку

МАРКИ «Г»

толщиной 0,3 мм, шириной 1200 мм, в рулоне 40 м²

141200, Россия, Московская обл., г. Пушкино,
Кудринское шоссе, дом 6
E-mail : kalandr@slayk.ru www.kalandr.ru

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

РЕВЕЛЬСКИЕ ЛЕДОКОЛЫ «ТОРОС» И «ВОЙМА»¹

В. Г. Андриенко

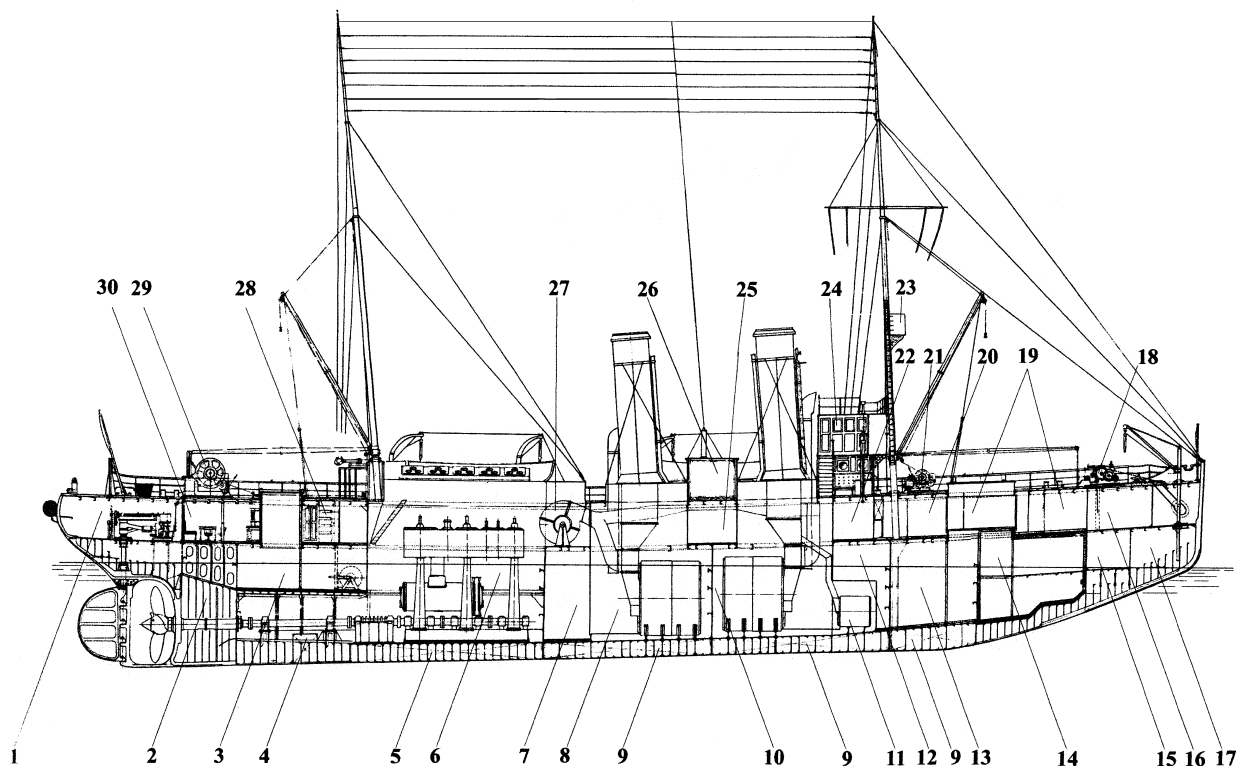
В феврале 1910 г. Совет министров утвердил «Десятилетнюю программу по развитию армии и флота». Вскоре по политическим и экономическим соображениям флотскую часть этой программы переработали, и уже в окончательном виде она стала именоваться «Программой спешного усиления Балтийского флота на 1912—1916 гг.» Кроме постройки 4 линейных крейсеров типа «Измаил», 4 легких крейсеров типа «Светлана», 36 эскадренных миноносцев типа «Новик» и 12 подводных лодок типа «Барс» для Балтийского моря [1; 2] эта программа предус-

матривала строительство и целого ряда вспомогательных судов для обслуживания будущих эскадр в море и военных портах. Суммы, выделяемые на это, были сравнительно небольшие и в конечном счете составили примерно 13,5 млн руб.

14 февраля 1913 г. начальник Морского генерального штаба (МГШ) вице-адмирал А. А. Ливен обратился к морскому министру И. К. Григоровичу с предложением созвать специальное совещание для выработки заданий на проектирование судов (вспомогательных и портовых плавучих средств), предпола-

гаемых по программе. Уже через месяц, 12 марта, в Главном управлении кораблестроения (ГУК) прошло заседание технического совета управления по рассмотрению результатов конкурса по вспомогательным судам (вызов на конкурс состоялся еще в сентябре 1912 г.).

На следующий день (13 марта) под председательством начальника МГШ вице-адмирала А. А. Ливена состоялось особое совещание, членами которого являлись вице-адмирал Н. О. Эссен (командующий Морскими силами Балтийского моря), контр-адмиралы А. Д. Сапсай (начальник Учебно-минного отряда), В. К. Гирс (командир Ревельского порта), П. П. Муравьев (начальник ГУК), генерал-майор Н. И. Янковский (помощник начальника кораблестроительного отдела ГУК) и др. Предпола-



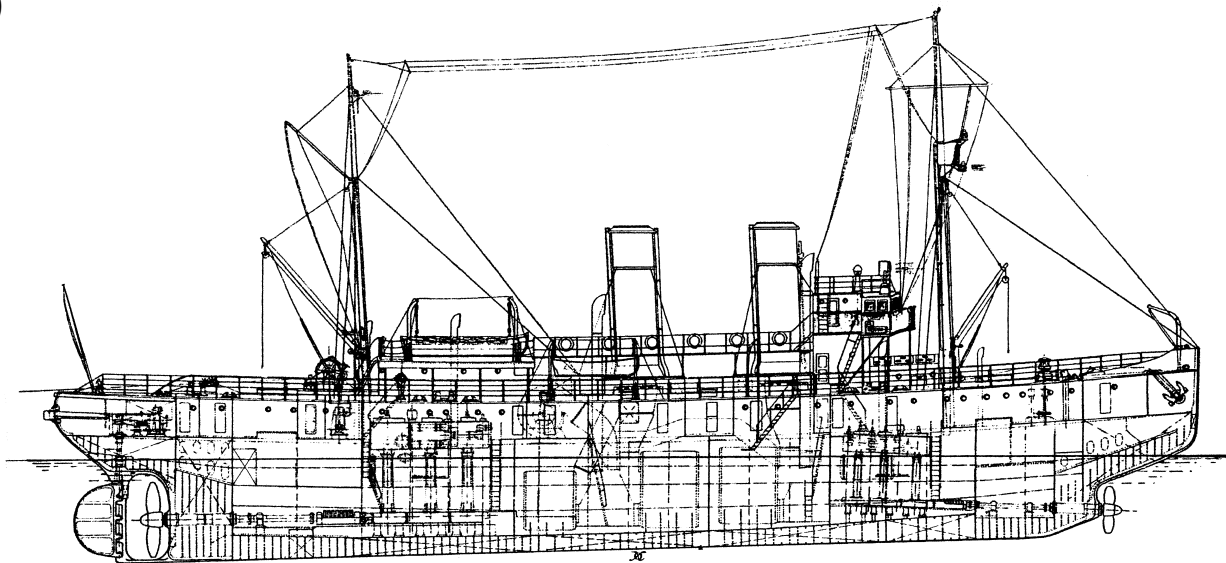
Проектный чертеж «ревельского ледокола». Продольный разрез:

1 — помещение рулевой машины; 2 — кормовая балластная цистерна; 3 — кормовой грузовой трюм; 4 — ледяной ящик; 5 — цистерна для питательной воды; 6 — машинное отделение; 7 — угольная яма; 8 — кормовое котельное отделение; 9 — балластная цистерна второго дна; 10 — носовое котельное отделение; 11 — вспомогательный котел; 12 — носовая угольная яма; 13 — носовой трюм; 14 — рефрижераторная камера; 15 — цепной ящик; 16 — коридор; 17 — носовая балластная система; 18 — брашпиль; 19 — командное помещение; 20 — коридор; 21 — грузовая лебедка; 22 — командная умывальня; 23 — «бочка»; 24 — рулевая рубка; 25 — камбуз и хлебопекарня; 26 — радиорубка; 27 — вентилятор; 28 — буфет; 29 — буксирная лебедка; 30 — кают-компания

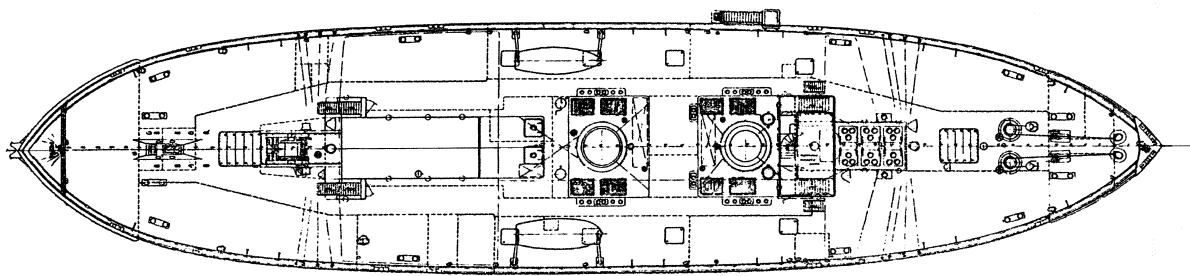
© Реконструкция и выполнение чертежей В. Г. Андриенко, 2003

¹По материалам РГАВМФ: ф. 418, оп. 1, д. 1660, 1790, 1791; ф. 401, оп. 1, д. 384, 568, 579, 700, 1266.

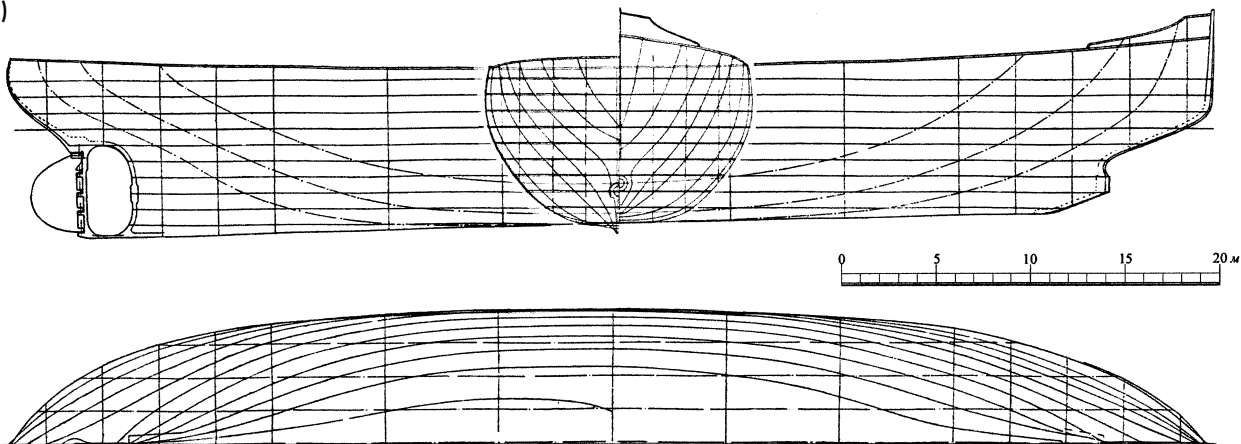
а)



б)



в)



Ледокол «Войма». Продольный разрез (а), вид сверху (б), проекции теоретического чертежа (в)

© Реконструкция и выполнение чертежей В. Г. Андриенко, 2003

гаемые к постройке суда разделили на шесть групп: суда для обслуживания эскадры, портовые плавучие средства, тральщики, вспомогательные суда учебных артиллерийских и минных стрельб, а также суда для обслуживания дивизиона подводных лодок. Ледоколы вошли в группу судов для обслуживания эскадры.

Собственно ледоколов было всего два. Именовались они «ревельскими» или ледоколами типа

«Тармо» (см. «Судостроение». 2003. № 5). Первое нарицательное название объяснялось предназначением — обслуживанием Ревельского военного порта и конвоированием в этом районе легких крейсеров и эсминцев; а второе — конструкцией судов, набор и обшивка которых должны были выполняться по типу ледокола «Тармо».

На совещании адмирал Эссен предложил строить более крупные

и мощные морские ледоколы, предназначенные для проводки во льдах линейных кораблей-дредноутов. Однако большинство участников совещания это предложение не поддержало, посчитав, что «стоимость такого ледокола [морского] превышает имеемые средства, а [подводные] линкоры допускают возможность самостоятельного плавания во льдах в западной части Финского зали-

Технические характеристики ледоколов типа «Тармо»			
Характеристика	«Ревельский ледокол» — «Торос»	«Тармо»	«Войма» — «Малыгин»
Длина, м:			
наибольшая	64,20	66,92	64,22
по ГВЛ	61,20	64,13	61,50
между перп.	59,40		
Ширина, м:			
наибольшая	14,20	14,32	14,20
по ГВЛ	—	14,15	14,0
Высота борта	8,2		8,75
Осадка средняя, м:	5,1*		
нормальная	5,8	5,54	5,11
максимальная	5,9	6,10	5,90
Водоизмещение нормальное/максимальное, т	2000/•	2300/•	2070/2180
Валовая вместимость, рег. т	1396*	1574	1510
Силовая установка	1 паровая машина тройного расширения	2 паровые машины тройного расширения	
Мощность машин норм./макс., л.с.:	2650*/3000*	3500/3850	3700/4150
носовая		1300/1660	1100/1280
кормовая	3000/•	2200/2190	2600/2870
Скорость, уз.	14,0	14,0	14,0
Нормальный запас угля, т	72	385 (390)	405
Дальность плавания, полн./эконом. ходом, миль	•/•	1558/1452	1625/•
Экипаж, чел.	65*	7/34 (43)	•

* Данные только для ледокола «Торос».

ва». В результате решили ограничиться двумя портовыми ледоколами типа «Тармо». Они должны были иметь скорость хода 14 уз, рельсовые дорожки на палубе для установки мин заграждения и съемные приспособления для траления и буксировки артиллерийских щитов.

До конца 1913 г. двенадцать предприятий (в том числе 6 иностранных), представили 13 проектов, окончательное рассмотрение которых проходило 3 февраля 1914 г. на заседании технического совета ГУК.

Наиболее выгодным оказалось предложение германской судостроительной фирмы «Ф. Шихау», бравшейся построить оба судна по 675 тыс. руб. (без пошлины и доставки) в течение 18—20 мес. Причем в ходе переговоров стоимость постройки снизилась до 660 тыс. руб., а сроки выполнения до 15—17 мес. В то же время по техническим характеристикам лучшими были признаны проекты российского общества «Бекер и К°» и английской верфи «Сван Хантер». После некоторых колебаний в ГУК решили отказаться от услуг иностранных предприятий и

передать заказ ревельскому заводу «Бекер и К°».

Конкурсное предложение этого завода предусматривало строительство ледоколов водоизмещением по 1575 т с машиной мощностью 2600 л. с. за 890 тыс. руб. каждый. Срок постройки первого судна составлял 20, второго — 22 мес. Но уже в ходе переговоров водоизмещение ледокола и мощность его силовой установки заметно возросли (1800 т, 2800 л. с.), а срок постройки сократился на 2 мес. В случае необходимости, завод обещал довести мощность машины до 3000 л. с. без увеличения стоимости каждого судна (990,5 тыс. руб.), что и реализовали в феврале, представив новый проект судна водоизмещением 2000 т с мощностью машины 3000 л. с. После обсуждения этого проекта в ГУК судостроители довели водоизмещение до 2380 т, а мощность до 3500 л. с., при этом толщина ледового пояса составила 25 мм.

В марте 1914 г. окончательно было решено передать заказ на постройку двух ледоколов фирме «Бекер и К°». Еще 3 месяца ушло на

согласование проекта и контракта, который был подписан 6 июня. Стоимость каждого ледокола составляла 990,5 тыс. руб. Их сдача должна была проводиться в Ревеле: первого — к 10 июля, а второго — к 10 сентября 1915 г.

Внешний вид каждого напоминал «Тармо», но с одним кормовым винтом. Корпус по длине делился на отсеки семью поперечными водонепроницаемыми переборками. В носу и корме находились дифференциальные балластные цистерны. Кроме того, в оконечностях судна по бортам были предусмотрены три креновые цистерны. Двойное дно, простиравшееся от 30 до 108 шп., имело высоту 0,9 м, и разделялось на четыре водонепроницаемые цистерны. Они использовались для балласта и запаса пресной воды для котлов.

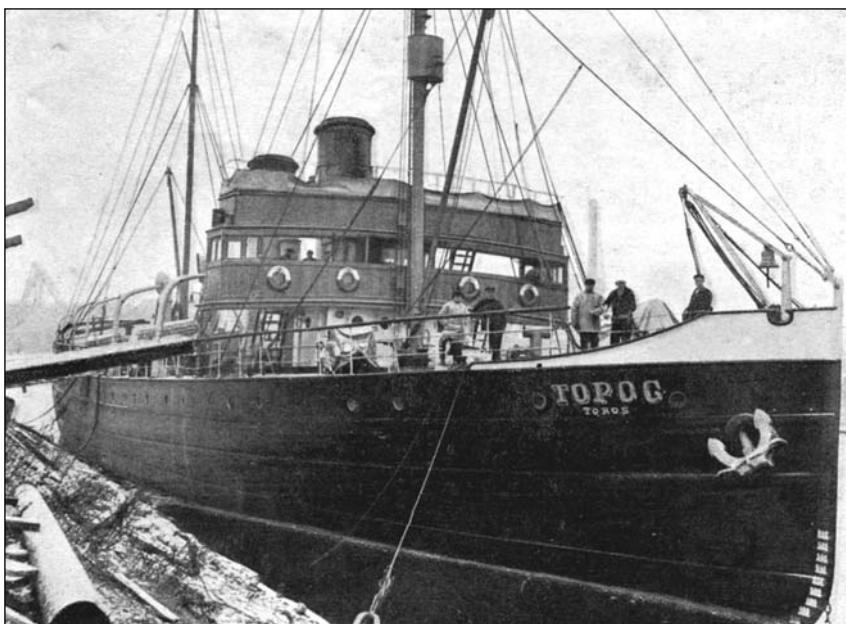
Литые штевни судна ниже главной ватерлинии (ГВЛ) имели ледокольную S-образную форму. Шпация в носовой и кормовой части судна составляла 400, в средней части (30—122 шп.) — 450 мм.

Наружная обшивка имела девять поясьев, которые набирались в средней части из листов толщиной 10—17 мм и в оконечностях 12—19 мм. Ледовый (6-й) пояс шириной 1,9 м простирался по всей длине судна в районе ГВЛ, в том числе на 1,4 м ниже ватерлинии. Толщина стальных листов этого пояса составляла 25 мм в оконечностях и 22 мм в средней части корпуса. По условию контракта прочность корпуса ледокола должна была быть такой, чтобы «ходить в гладком ледяном поле толщиной до 3 фут (0,91 м. — Авт.) без повреждений».

Все жилые помещения располагались на главной палубе. Каюты находились в корме и в средней части по бортам; в носовой оконечности размещались кубрики для матросов и кочегаров.

Энергетическая установка включала в себя паровую машину тройного расширения пара и четыре цилиндрических огнетрубных котла. Котлы располагались эшелонно в двух отдельных котельных отделениях. Установка должна была развивать мощность не менее 3000 л. с., что позволяло судну идти со скоростью 14 уз при состоянии моря до четырех баллов.

Надстройка на верхней палубе состояла из дежурной и штурманской рубок и двух мостиков —



Ледокол «Торос» после достройки на заводе им. А. Марти в Ленинграде

«большого» над дежурной рубкой и «летучего» — над штурманской рубкой. У фок-мачты устанавливалась грузовая паровая лебедка. В кормовой части имелось развитое буксирное устройство с «буксир-лебедкой», которую можно было использовать и для грузовых операций. На отдельных шлюпбалках размещались моторный катер, спасательный вельбот, рабочая шлюпка и ял.

Ледокол имел два небольших грузовых трюма, рефрижераторный трюм (100 м³) и две бортовые угольные ямы, вмещающие 180 т топлива.

Вооружение ограничивалось противоминным устройством, монтируемым на носу, и проложенными на верхней палубе вдоль бортов рельсами для установки мин заграждения (в кормовой части эти рельсовые пути были съемными).

Экипаж состоял из 65 чел. (6 строевых офицеров, включая командира, механик, 5 машинистов, радист, боцман, повар и 50 человек команды).

В снабжение каждого ледокола предполагалось включить спасательный насос и четыре водолазных аппарата.

После подписания контракта в Опытном бассейне Морского ведомства были проведены модельные испытания типового «ревельского» ледокола.

Ревельский завод, на стапелях которого должны были строиться оба судна, вскоре вошел в состав «Акционерного общества металлургичес-

ких, механических и судостроительных заводов (бывших «Бекер и К^о»), которое в значительной мере обновило устаревшее оборудование [2]. Тем не менее, на этом заводе собирали только корпуса, причем фор- и ахтерштевни пришлось заказать Коломенскому заводу, гребные винты — Сорновскому. Большую часть оборудования поставляли из Англии. Например, паровые рулевые машинки заказали фирме «Донкин и К^о», гребные валы изготавливались фирмой «Браун, Мак Фарлен».

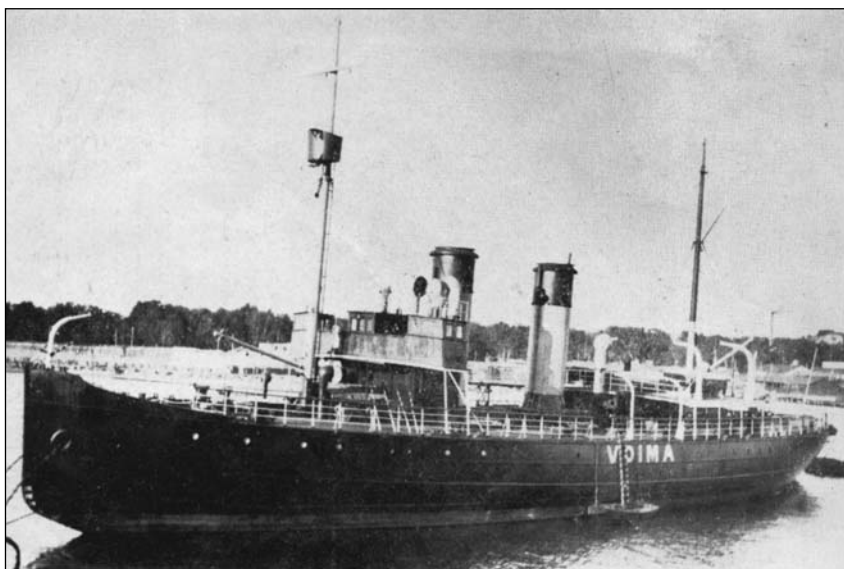
Такая же «кооперация» существовала и для частей силовой установки. Паровые котлы изготавливались на месте, но их днища и жаро-

вые трубы были заказаны английскому заводу «Данкс», дымогарные трубки изготавливались на Ижорском заводе. Английская фирма «Ричардсон Уэстгарс Гартлепуль» взялась поставить главные паровые машины.

После начала первой мировой войны постройка ледоколов осуществлялась очень медленно и из-за срыва поставок ни в какие контрактные сроки не укладывалась. Так, готовность первого ледокола по корпусу на август 1915 г. составляла лишь 23%, и срок сдачи ледоколов пришлось сдвинуть на год: на июнь—август 1916 г. [3]. Но и в эти сроки уложиться не удалось. Докладывая в конце 1916 г. императору Николаю II о ходе выполнения программы строительства вспомогательных судов, морской министр сообщил, что первый ледокол типа «Тармо» будет закончен весной, а второй лишь летом 1917 г. [4].

22 апреля 1916 г. наконец приступили к испытаниям на водонепроницаемость «ледокола № 1 в 2000 т». Несмотря на различные задержки с поставками и даже забастовку, 14 сентября «ледокол № 1» наконец-то сошел на воду. Следил за ходом строительства ледоколов «наблюдающий за постройкой судов на заводах в Ревеле» капитан Корпуса корабельных инженеров Н. В. Чикалин.

Недоставки комплектующего оборудования в 1916 г. приняли хронический характер. Часть необходимого оборудования завод вынужден был приобретать частным



Ледокол «Войма»

образом и где придется, но заказанные в Англии части силовых установок заменить было невозможно. Первую машину для «ледокола № 1» все-таки привезли в Россию через Архангельск. Судя по сохранившейся переписке о строительстве «ревельских ледоколов» вторая паровая машина в Россию так и не попала. Но и в 1917 г. довести до готовности спущенный на воду первый ледокол не удалось. Сборка механизмов задерживалась из-за недопоставки топок для котлов, которые не прибыли из-за границы. Второй ледокол спустили на воду только в ноябре 1917 г. в связи с предстоящей эвакуацией ревельского завода.

Однако во время эвакуации из Ревеля в Петроград на буксире удалось привести только «ледокол № 1». Второй, недостроенный (без паровой машины, но с установленными котлами), оказался у немцев. Они дали ему рабочее наименование «Ганза» («Hansa»), но в строй не вводили.

КРЕЙСЕР «АЛМАЗ»

(К 100-летию первого плавания)

Л. А. Кузнецов

28 июля 1899 г. временно управляющий Морским министерством начальник Главного морского штаба (ГМШ) вице-адмирал Ф. К. Авелан распорядился запросить начальника Балтийского завода старшего судостроителя С. К. Ратника о возможности предоставления к 4 августа предварительных соображений по постройке «посыльного судна для Тихого океана, без палубной брони, с одним только артиллерийским вооружением, состоящим из весьма ограниченного числа 75-мм пушек, со скоростью хода в 20 уз и возможно большими удобствами для жилья» и водоизмещением не более 2500 т. Посыльное судно предназначалось для представительских целей в связи с предстоящим назначением вице-адмирала Е. И. Алексеева (приказ был подписан 9 августа) на должность Главного начальника и командующего войсками Квантунской области и морскими силами Тихого океана.

В свою очередь, С. К. Ратник направил в ГМШ для получения до-

полнительных сведений будущего строителя нового корабля — корабельного инженера А. И. Моисеева, который в личной беседе с вице-адмиралом Е. И. Алексеевым, выяснил о желательном увеличении водоизмещения (на 500 т) проектируемого корабля для большего запаса угля, с дальностью плавания в 3000 миль при скорости в 15 уз.

В апреле 1923 г. корпус ледокола купили финны. Решено было достроить судно по типу «Тармо», т. е. установить не только кормовую, но и носовую машины, соответственно перепланировав эту часть корпуса. Проект реконструкции составил инженер К. А. Иогансен [5]. Все работы выполнялись в Гельсингфорсе (Хельсинки) на заводе «Сандвикенс Шипсдока» («Sandvikens Skeppsdocka»). 15 декабря ледокол назвали «Войма» («Voima» в переводе с финск. — сила). В марте 1924 г. он вступил в строй. Приобретение и достройка судна обошлись Финляндии в 17 млн марок [6].

До 1944 г. этот ледокол использовался для гражданских и военных целей (в годы второй мировой войны он был вооружен). В 1945 г. его передали СССР и переименовали в «Малыгин».

Далеко не новый ледокол работал на Балтике до 1963 г., затем был отправлен на разделку.

К намеченному сроку завод представил свои первые выкладки основных кораблестроительных элементов будущего посыльного судна (с двухвальной энергетической установкой, с паровыми котлами системы Бельвилля и легким рангоутом) в двух вариантах — водоизмещением 2500 и 3000 т, с дальностью плавания соответственно 2000 и 2500 миль. Предусматривалось достижение и дальности 3000 миль, но за счет приема дополнительных (в перегруз) 120 т угля.

Ознакомившись с предложениями Балтийского завода, управляющий Морским министерством вице-

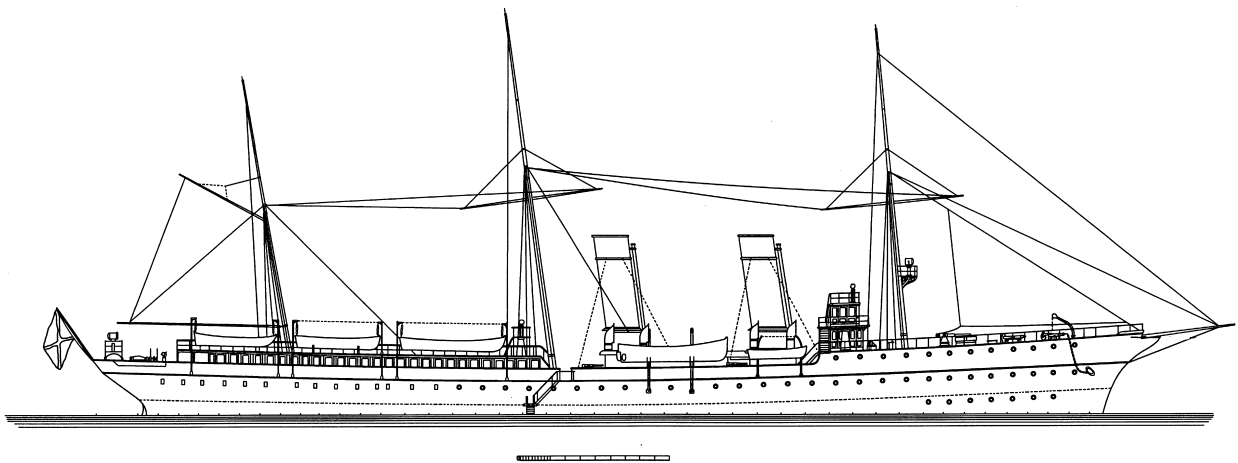
адмирал П. П. Тыртов распорядился «ограничиться наибольшим ходом в 19 уз и районом действия при 15-узловом ходе не более 2000 миль», осадку предусмотреть в пределах 4,57—4,88 м, а вооружение — из шести 75-мм орудий. К 18 сентября чертежной завода были составлены три первых предварительных чертежа эскизного проекта (таблица).

Литература

1. Шацилло К. Ф. Русский империализм и развитие флота. М.: Наука, 1968.
2. История отечественного судостроения. Т. III. Судостроение в начале XX в. СПб.: Судостроение, 1995.
3. Всеподданнейший доклад по Морскому министерству за 1915 г. СПб., 1915.
4. Всеподданнейший доклад по Морскому министерству за 1916 г. СПб., 1916.
5. Seppo Laurell. Hoiryymurtajien aika. Jyvaskyla, 1992.
6. Jorma Pohjanpalo. 100 vuotta Suomen talvimeren kulkua, julkaisija Merenkulkuhallitus, painatus Valtion painatuskeskus. Helsinki, 1978.

Однако Е. И. Алексеев во время визита на завод перед отъездом на Дальний Восток высказал свои требования как по размещению штаба, так и по рангоуту и шлюпочному вооружению. По рекомендации главного инспектора кораблестроения Н. Е. Кутейникова необходимо было придать судну большую остойчивость, а по приказанию Ф. К. Авелана, лично курировавшего разработку, были заменены два средних 75-мм орудия (по одному с борта) на четыре 47-мм пушки (по две с борта), как более удобные для салютования. В итоге получился проект «небоевого посыльного судна» водоизмещением 2500 т.

Умеренная метацентрическая высота (0,85 м) гарантировала, по мнению С. К. Ратника, достаточную остойчивость и спокойную бортовую качку, а ходкость против зыби



Крейсер II ранга «Алмаз». Вид сбоку. Сентябрь 1901 г.

обеспечивалась высоким надводным бортом с «соответствующим образованием грузовой ватерлинии и с развитием обводов надводной части», а также значительным развалом шпангоутов в носу.

Представительские и личные помещения Е. И. Алексеева сосредоточили в обширной кормовой рубке, покрытой сверху навесной (от борта до борта) палубой с естественной вентиляцией и освещением. Под ней, на жилой палубе, находились штабные и командирское помещения, а офицерские каюты (вопреки традициям, чтобы не стеснять своим соседством адмирала и его свиту) расположили на полубаке перед мостиком (так в документе. — Авт.). Для матросов отводилась вся жилая палуба перед машинным отделением, а кормовая платформа под ней — судовым чиновникам.

Пока отделы Морского технического комитета (МТК) занимались изучением представленного проекта, П. П. Тыртов в начале января 1900 г. приказал выдать Балтийскому заводу наряд на постройку на открытом стапеле крейсера—посыльного судна водоизмещением около 3000 т.

Однако на заключительном заседании МТК 22 февраля 1900 г. этот проект подвергся критике, касающейся главным образом мореходных качеств будущего судна. Имелись опасения и за остойчивость, метацентрическая высота (0,85 м), вычисленная для среднего углубления в 4,57 м, при пересчете на осадку в полном грузу (4,88 м) оказалась равной лишь 0,75 м. Несколько большим (2595 т) оказалось и водоизмещение.

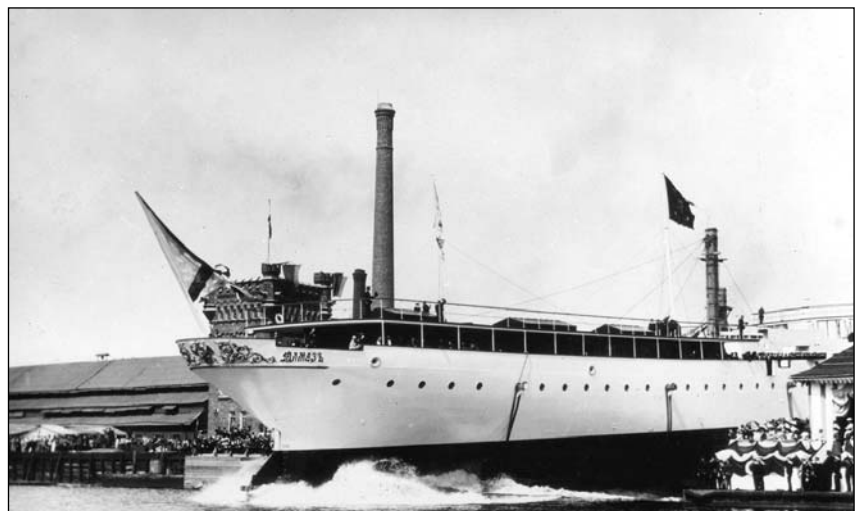
Неприемлемым также признавалось размещение главных и вспомогательных механизмов в одном машинном отделении, лишенном к тому же и продольных водонепроницаемых переборок, что при повреждении наружной обшивки привело бы к его затоплению, лишив судно одновременно и хода, и электроэнергию.

В связи с этим, пожалуй впервые в истории российского кораблестроения, МТК предложил разнести главные паровые машины по длине корпуса, поместив в двух смежных отсеках, что позволяло к тому же установить их несколько ниже (в то время при двухвальной энергетиче-

но и позволило бы улучшить непотопляемость судна за счет установки в машинных отделениях бортовых водонепроницаемых переборок.

В итоге МТК потребовал от завода переработать проект, обратив внимание на изменение обводов корпуса, придание палубам седловатости, присущей судам яхтенного типа, а также понизить центр тяжести машин и котлов, расположив их как можно ниже.

Вместе с тем в кораблестроительном отделе МТК пришли к выводу, что обусловленное заданием водоизмещение 2500 т при скорости 19 уз явно недостаточно для выпол-



Спуск на воду крейсера «Алмаз» 20 мая 1903 г.

ской установке типовым считалось размещение главных машин в одном отсеке, разделенным продольной переборкой на два машинных отделения). По мнению специалистов МТК это не только повысило бы живучесть энергетической установки,

но и позволило бы улучшить непотопляемость судна за счет установки в машинных отделениях бортовых водонепроницаемых переборок.

В итоге МТК потребовал от завода переработать проект, обратив внимание на изменение обводов корпуса, придание палубам седловатости, присущей судам яхтенного типа, а также понизить центр тяжести машин и котлов, расположив их как можно ниже.

Изменение тактико-технических элементов в ходе проектирования посыльного судна для Тихого океана				
Наименование элементов	Даты составления проектов			Проект, утвер- жденный МТК 9 ян- варя 1901 г.
	сентябрь 1899 г.	20 декабря 1899 г.	10 июня 1900 г.	
Артиллерийское вооруже- ние: количество ору- дий — калибр, мм	6—75	4—75 4—47	4—75 4—47	4—75 4—47
Водоизмещение нормаль- ное, т	2500	2595	3011	3285
Главные размерения, м:				
длина по ГВЛ	92,66	94,49	95,09	99,06
длина наибольшая	•	•	•	110,64
ширина наибольшая	11,58	12,19	12,8	13,26
осадка: нос/корма	4,27/5,49	3,81/5,33	4,42/5,33	4,42/5,33
осадка средняя	4,88	4,57	4,88	4,88
Отношения:				
длины к ширине	8,0	7,75	7,43	7,47
ширины к осадке (сред.)	2,37	2,67	2,62	2,72
Дифферент на корму	1,22	1,52	0,91	0,91
Масса корпуса от водоиз- мещения, %	42,0	43,5	46,25	48,0
Число паровых котлов	•	•	•	16
Тип котлов	Бельвиля			
Число паровых машин	2	2	2	2
Тип машин	Тройного расширения			
Суммарная мощность, л. с.	6500	6500	7500	7500
Наибольшая скорость, уз	19	19	19	19
Нормальный запас угля, т	430	430	450	445
Дальность плавания при нормальном запасе угля, миль/уз	2000/15 1300/19	1250/19	2000/15 •	2900/10 1270/19
Примечание. В ходе детальной разработки рабочих чертежей ряд элементов и расчетных дан- ных, утвержденного проекта претерпели незначительные изменения. Так, масса корпуса от водо- измещения снизилась до 46%, а нормальный запас угля увеличился до 476 т; проектное нормаль- ное водоизмещение достигло 3295,5 т. В результате во время определения остойчивости 2 де- кабря 1903 г. в ревелской гавани с нормальным запасом угля на борту углубление крейсера «Алмаз», составило: носом — 4,69 м, кормой — 5,26 м (среднее 4,97 м).				

вые пространства шириной до 1,22 м. Жилую палубу относительно ГВЛ удалось понизить на 0,406 м, а глубину трюма уменьшить на 0,1 м.

Но и переработанный к 10 июня проект из-за отступлений от требований МТК при разработке нового теоретического чертежа вновь не получил одобрения. Достижение надежной остойчивости для судна при заданном водоизмещении 3000 т считалось довольно проблематичным. Поэтому П. П. Тыртов, «не допуская мысли об увеличении водоизмещения», разрешил уменьшить не только массу надстроек, но и даже механизмов, не считаясь с потерей в скорости. Но МТК все же удалось убедить П. П. Тыртова в необходимости доведения водоизмещения до 3300 т. Тогда при среднем углублении 4,87 м масса корпуса достигла бы требуе-

мых 48% от водоизмещения, а метацентрическая высота 0,99 м. Причем, кораблестроительный отдел МТК, не желая затягивать и без того долгое проектирование, разработал собственный вариант теоретического чертежа (водоизмещение 3285 т), который 9 января 1901 г. МТК одобрил для разбивки на плазе, сохранив общее расположение судна, выполненное Балтийским заводом еще 10 июня 1900 г. (см. табл.).

К 26 сентября корректировка проекта завершилась, а 4 февраля 1902 г. МТК одобрил его для руководства при постройке корабля, уже почти год (приказ от 16 апреля 1901 г.) числящегося в списках флота под наименованием «Алмаз» в классе крейсеров II ранга. К этому времени уже были выполнены плазовые работы, изготовлена часть стро-

ительных шаблонов, а некоторые части механизмов уже готовились для сборки.

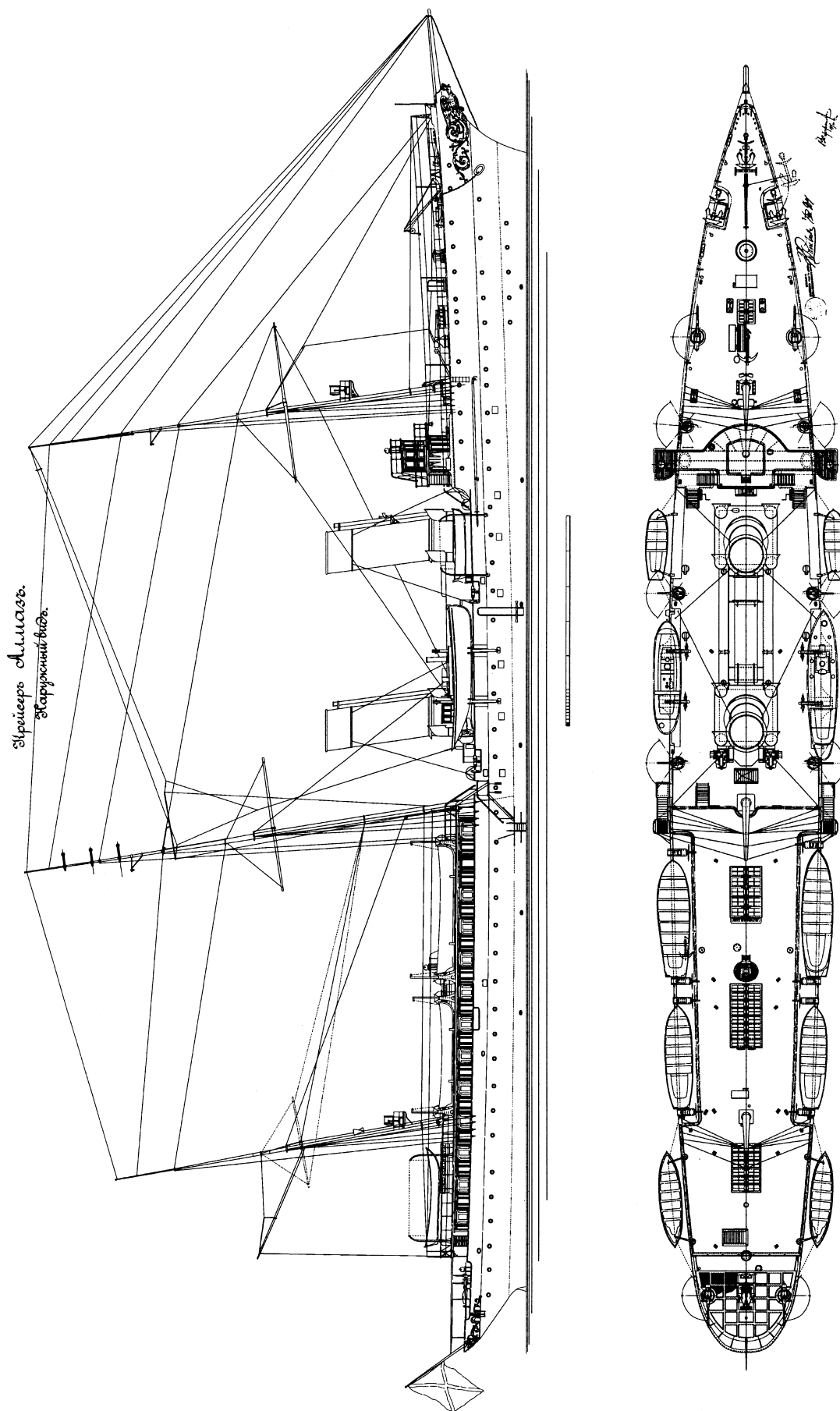
Согласно спецификации, одобренной 9 января 1901 г., основу продольного набора корпуса составлял вертикальный киль (высота 0,91 м, собирался из стальных 11-мм листов и непосредственно соединялся со стальными коваными штевнями) и горизонтальный киль (толщина листов 17,5 мм в средней части на протяжении около 36,6 м с уменьшением к оконечностям до 11 мм).

Толщина листов наружной обшивки (девять поясьев) составляла 10—15 мм при ширине в средней части судна 1,22—1,52 м. Для уменьшения бортовой качки снаружи в средней части корпуса на протяжении около 30,5 м предусматривались скуловые кили высотой около 0,6 м. Верхняя палуба на протяжении 45,7 м в районе котельных отделений настилась 8,7-мм стальными листами (далее к оконечностям их толщина уменьшалась), жилая (по всей площади) 6,3-мм, платформы — 5,5-мм. Из них первая, а также палуба полубака и мостики покрывались сверху квадратными в сечении (76,2 x 76,2 мм) сосновыми брусками, а вторая — линолеумом. Под основания станков 75-мм орудий и якорные цепи укладывались тиковые подушки.

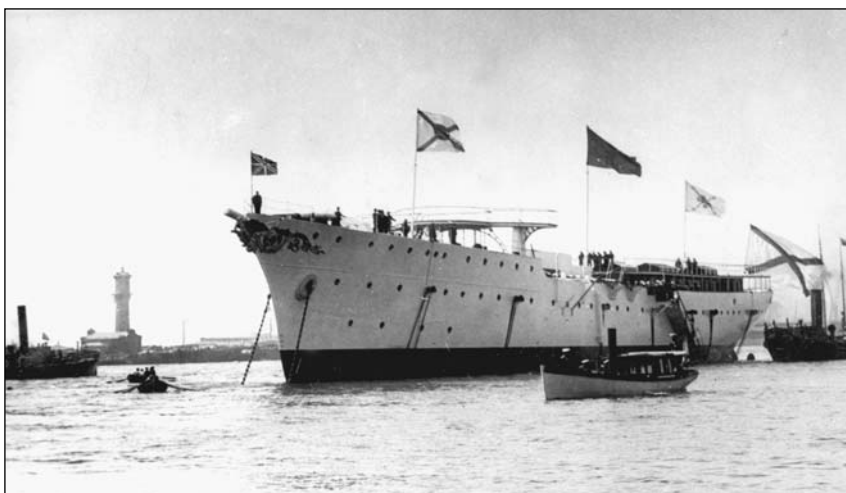
Непотопляемость судна обеспечивалась двойным дном (в пределах 18—64 шп.) и девятью главными поперечными водонепроницаемыми переборками. Всего же на судне насчитывалось 44 водонепроницаемых отсека.

Энергетическая установка включала в себя 16 водотрубных паровых котлов Бельвиля без экономайзеров (рабочее давление пара 18,3 кг/см²), расположенных в двух котельных отделениях, и две главные паровые трехцилиндровые (диаметры цилиндров высокого, среднего и низкого давления соответственно 755,6, 1168,4 и 1752,6 мм, ход поршней 914,4 мм) машины тройного расширения мощностью по 3750 л. с., вращавшие два латунных трехлопастных гребных винта диаметром 4,27 м.

Нормальный запас топлива составлял 476 т (полный 560 т), из которых 60 т размещались в носовой поперечной угольной яме, остальные — в бортовых.



Крейсер II ранга «Алмаз» (с отчетных чертежей Балтийского завода. Июль 1904 г.)



«Алмаз» после спуска на воду

Электроэнергия для всех судовых потребителей вырабатывалась тремя динамо-машинами (105 В, 320 А) завода «Вольта» с приводом от паровых двигателей.

Управление судном осуществлялось полубалансирным рулем с приводом от паровой рулевой машины, золотники которой имели как электрическое, так и ручное управление.

В якорно-швартовное устройство входили два шпиля (кормовой с электроприводом, носовой — паровым), паровой брашпиль, два станковых и один запасной якоря Холла со штоком (масса каждого 2,62 т), три якорных цепных каната (два станковых длиной по 276 м, третий, запасной — 184 м), один стоп-анкер (737 кг) и два верпа (459 и 197 кг).

Основу водоотливной системы составляли семь центробежных насосов с электроприводом: пять подачей по 350 т/ч и два — по 250 т/ч, а также три помпы системы Стона с ручным приводом.

Судно оборудовалось нагнетательной и вытяжной вентиляцией, водопроводом и паровым отоплением. Внутрикорабельная связь обеспечивалась 14 телефонами системы Колбасьева, переговорными трубами, звонками и колоколами громкого боя, а внешняя — беспроволочным телеграфом (радиостанцией), сигнальными фонарями.

Облегченный рангоут включал в себя три стальные мачты с деревянными стеньгами, реями, гафелями и бушприт. На фок- и бизань-мачтах имелись площадки для 75-см прожекторов.

Все представительские помещения и личные апартаменты адмирала

были сосредоточены в кормовой рубке (длина около 36,6 м), где лишь в одном обеденном зале могли одновременно разместиться 72 чел.

Шлюпочное вооружение состояло из двух паровых катеров длиной 13,36 и 10,36 м (скорость 9 уз), 16-весельных адмиральской парадной «баржи» (легкая узкая шлюпка катерной постройки с эллиптической кормой) и барказа, 12-весельных легкого и рабочего катеров и 6-весельных вельботов и ялов (по два).

По предварительным подсчетам общая стоимость постройки на конец декабря 1901 г. составляла 2 062 600 руб., из которых 956 800 руб. приходилось на корпус, 1 005 800 руб. — на механизмы и 100 тыс. руб. — на вооружение.

К постройке крейсера «Алмаз» приступили 23 апреля 1902 г., когда на открытый стапель Балтийского завода поступил первый стальной лист горизонтального киля корабля. Темпы работ поначалу были невелики, и к моменту официальной церемонии закладки, состоявшейся 12 сентября, на стапеле выставили всего 298,12 т корпусных конструкций будущего крейсера.

Спуск на воду крейсера «Алмаз» состоялся 20 мая 1903 г. При готовности около 72% его спусковая масса составила 1428,61 т. К концу июня, после успешных испытаний проворачиванием в мастерской предприятия, стали готовить к погрузке на корабль его главные паровые машины.

Ходовые испытания корабля начались 8 октября. Стремление завершить приемные испытания до наступления холодов и скорее отправить

«Алмаз» к месту службы сказались на качестве работ. Так, из-за незаконченной электропроводки часть оборудования пришлось запитать от временных трасс судового освещения, что привело к отказам в работе ряда из них. Не прошел корабль и положенного докования для осмотра руля, гребных винтов и забортной арматуры. Этот осмотр проводился водолазами лишь один раз — после спуска крейсера на воду.

Более того, почему-то лишь в Ревеле нашлось время для снятия с наружной обшивки приклепанных к ней кронштейнов, поддерживавших носовые копылья при сходе корабля со стапеля. Причем, оставшиеся от срубленных заклепок 70 отверстий заглушили железными пробками, прижав их изнутри тиковыми брусками.

Ночью 12 ноября, во время сильного шторма, «Алмаз» сорвало с якорей в Ревельской гавани и прижало бортом к стенке, повредив одну из лопастей левого гребного винта. Однако это не помешало проведению 20 ноября официальных 6-часовых испытаний главных механизмов корабля. Из четырех пробегов на мерной линии при состоянии моря 3 балла средняя скорость крейсера (при водоизмещении 3175 т, углублении носом 4,16, кормой 5,36 м и среднем 4,76 м) составила 19 уз (наибольшая 19,3 уз). Главные машины при частоте вращения 124,31 (левая) и 124,4 об/мин (правая) развили мощность соответственно 3858,7 и 4086,5 л. с. (общая 7945,2 л. с.), превысив суммарную проектную на 445,2 л. с.

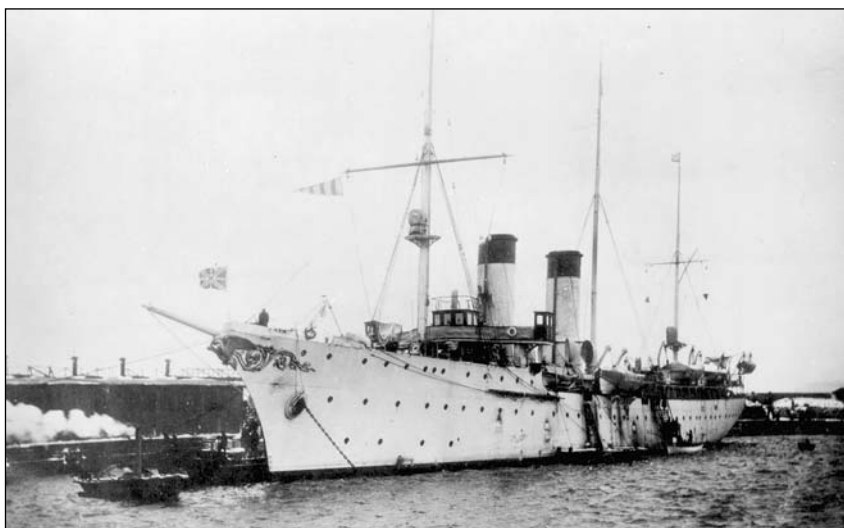
Однако в ходе испытаний отмечались как пропуски воды в котлах, так и нагревание в трущихся частях машин (в отдельных местах «докрасна с выплавкой белого металла»). После устранения отмеченных недостатков потребовалось провести еще одно пробное двухчасовое испытание механизмов форсированным ходом. Оно состоялось 6 декабря, но из-за сильного ветра (5—6 баллов), временами переходящего в снежную метель, и волнения (3—4 балла) район его проведения ограничили Ревельской бухтой, хотя и здесь на волнении крен корабля доходил до 7°. Средняя скорость крейсера при водоизмещении 3285 т и суммарной мощности машин 7531,2 л. с. по лагу составила около 19 уз.

Для дополнительной проверки работоспособности механизмов перед дальним походом «Алмаз» с 7 по 9 декабря совершил пробег по маршруту Ревель—о. Борнхольм—Либав, покрыв расстояние в 613 миль за 49 ч со средней скоростью 12,5 уз. Этот экзамен механизмы выдержали вполне успешно, и разрешение на переход на Дальний Восток наконец было получено. 16 декабря 1903 г. в 22 ч «Алмаз» покинул аванпорт порта Императора Александра III.

Первым серьезным испытанием стал переход через зимний и неспокойный Бискайский залив. Идя против ветра и при сильной зыби, «Алмаз» из-за недостаточной плавучести носовой оконечности зарывался бушпритом в воду, теряя скорость. Бортовая качка, по свидетельству командира корабля капитана 2-го ранга И. И. Чагина, отличалась плавностью (около 10 размахов), но и она сделала свое дело — две трети экипажа укачало, в том числе и машинную команду.

Считая дальнейшее плавание рискованным, И. И. Чагин решает переждать шторм в испанском порту Ферроль. Но каждый раз, при попытке изменить курс, «Алмаз» становился неуправляемым, при свежем боковом ветре парусность, создаваемая его кормовой рубкой (чего так опасался МТК), возвращала корабль к ветру. Не помог в создавшейся ситуации (из-за своей излишней величины для штормовой погоды) и поставленный стаксель, как не позволил уменьшить проявившуюся в этом случае рыскливость и выпущенный за корму 203-мм перлинь. Только дав правой машине самый полный вперед, а левой — назад, командиру крейсера все же удалось перевести «ветер в корму» и лечь на новый курс.

Утром 1 января 1904 г. «Алмаз» покинул Ферроль и через четыре дня



Крейсер II ранга «Алмаз» вступил в строй. Зима 1903 г.

бросил якорь на рейде Алжира. Здесь И. И. Чагин намеревался исправить все обнаруженные и полученные за время плавания повреждения, а также провести окраску надводного борта и подводной части в доке, куда крейсер поставили 16 января.

При осмотре подводной части перо руля, по словам А. И. Моисеева, выглядело «совершенно ошеломляюще» — у него начисто отсутствовала вся нижняя половина. По версии И. И. Чагина, ее отрыв произошел во время шторма 12 ноября 1903 г. в Ревеле, и свое первое плавание «Алмаз» совершил лишь с одной верхней половиной пера руля, поэтому крейсер так плохо и слушался его во время шторма в Бискайском заливе.

Утраченную часть руля срочно заказали на одном из заводов в Марселе, и уже вечером 30 января ее доставил в Алжир лейтенант Н. М. Григоров. После установки ее на место «Алмаз» 2 февраля покинул док. Однако в связи с начавшейся 27 января русско-японской войной дальнейшее плавание крейсера до Порт-Артура было признано нецелесооб-

разным, и его командир получил приказ возвращаться в Россию.

4 февраля «Алмаз» покинул Алжир. С полными угольными ямами (500 т), водой, маслом и другими судовыми запасами углубление крейсера носом составило 4,55 м (кормой — 5,33 м). Как отмечал И. И. Чагин, крейсер в случае превышения осадки носом 4,3 м начал «тяжело всходить на волну и терять ход». Поэтому уголь до Гибралтара расходовали исключительно из носовых угольных ям, и по мере их опустошения скорость корабля возрастала. Зайдя по пути на два дня в Шербур (10—12 февраля), «Алмаз» 16 февраля прибыл в порт Императора Александра III, где и остался до окончания зимы.

Далее последовали поход со 2-й Тихоокеанской эскадрой, цусимская трагедия, прорыв «Алмаза» (как оказалось, единственного из крупных кораблей эскадры) во Владивосток, служба в Балтийском и Черноморском флотах, участие в первой мировой войне. Последним причалом крейсера (с конца 1920 г.) стала далекая Бизерта в Тунисе.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5.023.4.001.24

Ключевые слова: проектирование, математическая модель, программные средства, алгоритм, метод конечных элементов.

Сутырин В. И. Возможности повышения эффективности метода конечных элементов при проектировании корпусных конструкций // Судостроение. 2003. № 6. С. 9—12.

Рассказывается о разработке алгоритма, основанного на комбинации процедуры статически эквивалентного уплотнения ма-

триц жесткости и фронтального метода решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Такой подход позволяет избежать формирования матрицы жесткости всей расчетной модели и уменьшить время общения с винчестером, но при этом увеличивается время использования оперативной памяти ПЭВМ. Предложенная схема многофронтальной вихревой конденсации реализована на 2-процессорной ПЭВМ. Рассматриваемая схема «заменяет» метод суперэлементов, уменьшая время счета при решении СЛАУ. Ил. 4. Библиогр.: 12 назв.

- УДК 629.5.025.1.001.24 **Ключевые слова:** судно, крыло, турбулентность, спектры нестационарных нагрузок.
- Старцев С. Б. Новый метод спектральных пульсационных нагрузок на крыльевых конструкциях корабля//Судостроение. 2003. № 6. С. 13—16.**
Представлены результаты разработки нового метода расчета и компьютерной программы для прогнозирования спектров нестационарных моментно-силовых нагрузок на крыле конечного размаха при взаимодействии с турбулентным потоком на базе разработанной полуэмпирической методики определения пульсационных аэрогидродинамических характеристик. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.
- УДК 629.566:623.827 **Ключевые слова:** ПЛ, поисково-спасательные средства, характеристика.
- Ильин Н. А., Жмури Д. В. Состояние и перспективы развития спасательных судов подводных лодок//Судостроение. 2003. № 6. С. 17—22.**
Рассматриваются зональная и глобальная организация поисково-спасательного обеспечения ПЛ, приводятся основные характеристики наиболее совершенных спасательных судов ПЛ стран мира и средств спасения экипажей аварийных ПЛ, лежащих на грунте. Ил. 10. Табл. 2.
- УДК 629.561.5:621.039 **Ключевые слова:** ледокол, атомная энергетическая паротурбинная установка.
- Кузнецов В. А. Атомные энергетические установки ледоколов XXI века//Судостроение. 2003. № 6. С. 23—27.**
Приводятся особенности АЭУ для перспективных атомных ледоколов XXI века. Предлагаются мероприятия для увеличения КПД перспективных АЭУ. Ил. 3. Табл. 3.
- УДК 623.827:621.039.58 **Ключевые слова:** ледокол, атомная энергетическая установка, принципиальная схема, комплектующее оборудование.
- Болгаров С. П., Воронцов А. В., Седаков Л. П. Особенности АЭУ для перспективных ледоколов//Судостроение. 2003. № 6. С. 27—31.**
Даются предложения по составу и схемам атомных энергетических установок для ледоколов трех типов, создание которых наиболее вероятно в XXI веке. Рекомендуются применение унифицированных реакторных установок и турбогенераторов, а также пароводяных тепловых аккумуляторов. Ил. 2.
- УДК 662.957.8:[629.561.5.02-81:621.039] **Ключевые слова:** атомный ледокол, энергетическая установка, тепловой аккумулятор.
- Щеголев Л. И. Аккумуляторы тепла в составе энергетических установок перспективных атомных ледоколов//Судостроение. 2003. № 6. С. 31—34.**
Отмечается, что при частых маневрах энергетической установки (ЭУ) ледокола поддержание баланса по пару (генерируемому и потребляемому) невозможно. Это приводит к потере 15—20% энергии, выделяющейся в реакторах, из-за травления свежего пара помимо турбогенераторов в конденсаторы. Предложено предусмотреть в составе ЭУ будущих атомных ледоколов пароводяные тепловые аккумуляторы, заряжающиеся при наличии «избыточного» в данный момент пара и частично восполняющие потребность в нем при быстром увеличении внешней нагрузки. Ил. 6. Библиогр.: 3 назв.
- УДК 629.5.024.620.197.5 **Ключевые слова:** электрохимическая катодная защита, коррозия, междукоковый период, аноды, источники питания.
- Новая система электрохимической катодной защиты судов от коррозии/Ю. Л. Кузьмин, В. Н. Трощенко, Т. Е. Медяник, Г. В. Тарандо, Л. Д. Ротц, Н. Н. Купцова//Судостроение. 2003. № 6. С. 35—37.**
Предлагается усовершенствованная система катодной защиты, включающая платино-ниобиевые аноды с текстурированным платиновым покрытием, на наружную поверхность изоляционной основы которых наносится специальный защитный слой, стойкий к активному хлору. В отличие от ранее применявшихся аноды имеют в 3—4 раза меньшую скорость анодного растворения, которая обеспечивает больший междукоковый срок службы корпусов судов. Ил. 4. Табл. 2.
- УДК 681.31 **Ключевые слова:** качество, программное обеспечение, АСУ, корабль.
- Лямов Г. В., Нидзиев И. И. Анализ современного состояния проблемы оценки качества программного обеспечения корабельных АСУ//Судостроение. 2003. № 6. С. 38—39.**
Анализируется современное состояние проблемы оценки качества программного обеспечения корабельных АСУ. Описаны существующие в России стандарты в данной области. Показывается зависимость качества программной продукции от «зрелости» организации разработчика. Предложены пути решения проблемы создания качественного программного обеспечения. Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.
- УДК 621.391.82:681.586 **Ключевые слова:** радиоэлектронная заметность, электромагнитная совместимость, электромагнитная обстановка, «стелс»-технология.
- Азаров Б. В. «Стелсовские» аспекты в проблеме электромагнитной совместимости корабельных технических средств//Судостроение. 2003. № 6. С. 40—44.**
Рассматривается взаимосвязь направлений по снижению радиоэлектронной заметности морских подвижных объектов с электромагнитной обстановкой на них. Предлагаются некоторые меры по улучшению электромагнитной обстановки. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.
- УДК 621.981.1:629.5.023.2 **Ключевые слова:** ротационно-локальная гибка, технология, диффузоры нагнетателей, многофункциональный гибочно-правильный станок.
- Шуныгин В. Ю. Ротационно-локальная гибка листов диффузоров нагнетателей//Судостроение. 2003. № 6. С. 45—48.**
Приводятся технология, результаты и оценка эффективности и преимуществ применения прогрессивных ресурсосберегающих процессов ротационно-локальной гибки при формообразовании тонколистовых малогабаритных деталей из алюминиевых сплавов, являющихся частями обшивки диффузоров нагнетателей ДКВП типа «Зубр» и имеющих двоякую кривизну поверхности, в условиях серийного производства. Ил. 8.
- УДК 629.563.2.002.54 **Ключевые слова:** шельф, плавучая буровая установка, добывающая платформа, технология.
- Соколов О. Г. Новые технологии и оборудование для освоения ресурсов морского шельфа//Судостроение. 2003. № 6. С. 48—50.**
Кратко рассматриваются научно-исследовательские и проектно-технологические работы, выполненные ФГУП ЦНИИТ в рамках программы создания плавучих буровых установок и нефтегазодобывающих платформ для шельфа России. Ил. 3.
- УДК 681.518.001.33.002:629.5.083.5 **Ключевые слова:** планирование, верфь, оперативное управление, технологическая подготовка производства, программное обеспечение.
- Ханданян Э. С. Система подготовки и оперативного управления производством «Антон» для судоремонтного предприятия//Судостроение. 2003. № 6. С. 51—55.**
Рассказывается о результатах внедрения автоматизированной системы технологической подготовки производства и управления производством судоремонтного предприятия. Для этого использовано программное обеспечение, разработанное технологической службой предприятия. Система представляет собой альтернативу зарубежным аналогам подобных систем. Ил. 5.

ABSTRACTS

Sutyryn V. I. Possibilities of increase of finite-elements method efficiency during design of hull structures

The author tells about development of algorithm based upon combination of procedure of statically equivalent compacting of stiffness matrix and frontal method for solution of system of linear algebraic equations (SLAE). Such approach allows to avoid formation of stiffness matrix of the whole design model and decrease the time of work with hard disk, but at that, time of PC main memory use increases. Considered scheme «replaces» the method of super-elements decreasing calculation time during solution of SLAE.

Startsev S. B. New method of spectral pulse loads upon ship foil structures

The author presents the results of development of new method for calculation and computer program for forecasting of spectrums of non-stationary torque-force loads at a foil of finite span during interaction with turbulent flow based on elaborated half-empirical procedure of determination of pulse aerohydrodynamic features.

Ilyin N. A., Zhmurin D. V. State and prospects of development of submarine rescue ships

The authors consider zone and global organization of search and rescue support of submarines, give main features of the most advanced submarine rescue ships in the world and means for rescue of crews of submarines that lie on the bottom.

Kuznetsov V. A. Nuclear power plants of XXI century icebreakers

Particulars of NPP for prospective nuclear XXI century icebreakers are given. Measures for increase of efficiency factor of prospective NPP are proposed.

Bolgarov S. P., Vorontsov A. V., Sedakov L. P. Particulars of NPP for prospective icebreakers

Proposals for composition and schemes of nuclear power plants for icebreakers of three types, creation of which is most possible in XXI century, are given. Utilization of unified reactor installations and turbogenerators, as well as water-steam heat accumulators is recommended.

Schyogolev L. I. Heat accumulators as part of power plants of prospective nuclear icebreakers

It is pointed out that at frequent maneuvers of power plant (PP) of an icebreaker maintaining of balance of steam (generated and consumed) is impossible. This results in losses of 15–20 % of energy generated in reactors due to release of working steam past turbogenerators to condensers. It is proposed to envisage water-steam heat accumulators as part of PP of future nuclear icebreakers that will be

charged in case of availability of excess of steam at the given moment and partially will compensate for its necessity during fast increase of external load.

Kuzmin Yu. L., Troschenko V. N., Medyanik T. E., Tarando G. V., Rots L. D., Kuptsova N. N. New system of electrochemical cathode anticorrosion protection of ships

The authors propose an improved system of cathode protection that includes platinum-niobium anodes with textured platinum coating upon outer surface of insulation base of which a special protective layer is applied that is resistant to active chlorine. In contrast to previously used anodes the new ones have 3–4 times lesser speed of anodic dissolution that provides longer inter-docking service life of ship hulls.

Lyamov G. V., Nidziev I. I. Analysis of modern state of problem of shipboard automated control systems software quality evaluation

Modern state of problem of shipboard automated control systems software quality evaluation is analyzed. Standards in this region that act in Russia are described. Dependence of software quality from «maturity» of designer-organization is shown. Ways of solving of the problem of high-quality software creation are proposed.

Azarov B. V. «Stealth» aspects within the problem of electromagnetic compatibility of shipboard technical facilities

Interconnection of ways of decrease of radioelectronic signal of marine movable objects with electromagnetic situation aboard them is considered. Some measures for improvement of electromagnetic situation are proposed.

Shungin V. Yu. Rotary-local bending of blower diffuser sheets

The author describes technology, results and evaluation of efficiency and advantages of use of advanced resource-saving processes of rotary-local bending during forming of thin-sheet small-size parts made of aluminum alloys that are components of shell of blower diffuser of LACS «Zubr» and have double curvature of surface in conditions of serial manufacture.

Sokolov O. G. New technologies and facilities for developing of offshore resources

The author briefly considers scientific and design-technologic works made by FSUE CRIST within the program of creation of floating drilling rigs and oil-and-gas production platforms for offshore regions of Russian.

Handanyan E. S. System «ANTON» for preproduction and on-line production control at shiprepair yard

The author tells about the results of implementation of automatic system of technological preproduction preparation and production control of a shiprepair yard. For this purpose, software is used that is developed by technological service of the yard. The system is an alternative for foreign analogues of such systems.

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА «СУДОСТРОЕНИЕ» ЗА 2003 ГОД

Международный военно-морской салон, № 3, с. 4.
Санкт-Петербург. Три века с морем, № 2, с. 3.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

- Бойцов Г. В. Новые принципы нормирования прочности судов, № 4, с. 9.
Веселков В. В., Векслер В. Я., Зайнуллин О. Ф. Методология геометрического моделирования поверхностей подводных лодок при проектировании и подготовке производства, № 2, с. 18.
Гольтраф В. И., Кобзев В. В., Курило А. И., Нефедович А. В. Эргономическая экспертиза при проектировании кораблей, № 5, с. 19.
Дубровский В. А. Сверхскоростное судно как элемент паромной линии Санкт-Петербург—Калининград, № 1, с. 21.
Жинкин В. Б. Бироторный движитель — гидродинамический элемент многофункционального движительно-рулевого комплекса, № 1, с. 17.
Исаев А. А. Перспективные промысловые суда из полимерного композиционного материала, № 1, с. 19.
Kag A. R. Down flooding angle — a quasi-static method, N 1, с. 14.
Кобзев В. В., Плахов Н. Н., Нефедович А. В. Архитектурно-художественный проект корабля как основа проектирования его служебных помещений и автоматизированных рабочих мест, № 3, с. 11.
Ковтун Л. И., Поляков В. Н., Семенов С. В. Человеческий фактор и техногенные аварии на кораблях, № 5, с. 11.
Овсянников С. И., Шишкин А. Д., Буянов С. И., Никольский Б. И. Многоцелевой автомобильно-пассажирско-железнодорожный паром для Балтийского бассейна, № 4, с. 16.
Русский А. А. Опыт применения газоводометных движителей и оценка их эффективности, № 5, с. 16.
«Русич» из Нижнего Новгорода, № 1, с. 9.
Семенова В. Ю. Расчет нелинейной поперечной качки судна, расположенного лагом к регулярному волнению, № 4, с. 10.
Сорочкин В. А. Сухогрузный теплоход смешанного «река—море» плавания «Борис Щербина», № 2, с. 15.
Старцев С. Б. Компьютерное моделирование вращательных колебаний судовых крыльевых конструкций, № 1, с. 11.

Старцев С. Б. Новый метод расчета спектральных пульсационных нагрузок на крыльевых конструкциях корабля, № 6, с. 13.

Сутырин В. И. Возможности повышения эффективности метода конечных элементов при проектировании корпусных конструкций, № 6, с. 9.

Тер-Акопов А. М. Универсальное грузопассажирское судно, № 4, с. 14.

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

- Дронов Б. Ф. Вклад СПМБМ «Малахит» в научно-технический потенциал морской столицы России, № 2, с. 24.
Ильин Н. А., Жмурич Д. В. Состояние и перспективы развития спасательных судов подводных лодок, № 6, с. 17.
Кузин В. П., Русецкий А. А. История создания сторожевых кораблей проекта 159, № 3, с. 18.
Лукиянов Н. П., Рохлин А. В., Савченко В. П. Основные этапы развития Средне-Невского судостроительного завода, № 2, с. 27.
Новиков А. Ф. Оптимизация систем регенерации воздуха подводных лодок, № 5, с. 24.
Романова Н. С. Санкт-Петербургский центр морского оружия, № 3, с. 15.
Ярошенко А. В. Метод автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем, № 5, с. 25.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

- Болгаров С. П., Воронцов А. В., Седаков Л. П. Особенности АЭУ для перспективных ледоколов, № 6, с. 27.
Иванов Р. А., Тимофеев В. В., Шитков В. Н. О перспективах использования газотурбинных установок на морских судах и сооружениях, № 5, с. 34.
Карагодина В. Д. Особенности автоматизации главных энергетических установок перспективных надводных кораблей, № 4, с. 20.
Кузнецов В. А. Атомные энергетические установки ледоколов XXI века, № 6, с. 23.
Литаврин О. Г. Утилизация тепла отработавших газов газотурбинных двигателей при температуре поверхности теплообменных аппаратов ниже «точки росы», № 1, с. 26.
Петров Н. И., Перевошиков С. Г., Гаврилов Е. И. Техническое диагностирование оборудования — путь к повышению эффективности использования атомных ледоколов, № 1, с. 22.
Стаценко В. Н., Якубовский Ю. В. Перспективы повышения экологической безопасности судовых энергетических установок, № 5, с. 28.
Тихомиров Г. И. Физическое моделирование процесса разделения нефтеводных смесей в коалесцентной ступени очистки на основе зернистой загрузки из полимерных материалов, № 5, с. 37.

- Туркин В. А.** Влияние конструктивных особенностей на безопасность эксплуатации судовых вспомогательных котлов, № 4, с. 23.
- Туркин В. А.** Учет факторов безопасности судового оборудования при оценке вероятности возникновения аварийных происшествий, № 5, с. 31.
- Сударев А. В., Тихоплав В. Ю.** О создании корабельных керамических ГТУ, № 3, с. 28.
- Чачко В. С.** Основные уравнения теплофизического расчета судовых конденсационных установок в нестационарных режимах, № 3, с. 24.
- Чачко В. С.** Особенности тепловых и гидравлических процессов в судовых конденсационных установках при развитии и аварийном прекращении циркуляции охлаждающей воды, № 2, с. 34.
- Шмаков Р. А., Ивакин Н. Г.** Атомные энергетические установки для подводных лодок, спроектированных СПМБМ «Малахит», № 2, с. 30.
- Щеголев Л. И.** Аккумуляторы тепла в составе энергетических установок перспективных атомных ледоколов, № 6, с. 31.

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

- Валдаев М. М.** Диагностика технического состояния гидравлических приводов судовых механизмов, № 1, с. 31.
- Гольтраф В. И., Кобзев В. В., Нефедович А. В., Гончарова Т. А., Ламещенко Н. А.** Эргономическая экспертиза перспективных корабельных средств отображения информации и управления, № 1, с. 34.
- Кузьмин Ю. Л., Троценко В. Н., Медник Т. Е., Тарандо Г. В., Ротц Л. Д., Купцова Н. Н.** Новая система электрохимической катодной защиты судов от коррозии, № 6, с. 35.
- Куликов Н. В.** Расчет кранцевых устройств при буксировке судов, № 1, с. 39.
- Лоза А. В.** Новое оборудование в системе судового питания, № 2, с. 38.

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- Агунов А. В.** Активная фильтрация напряжения в судовых электроэнергетических системах ограниченной мощности с нелинейными нагрузками, № 4, с. 26.
- Лямов Г. В., Нидзиев И. И.** Анализ современного состояния проблемы оценки качества программного обеспечения корабельных АСУ, № 6, с. 38.
- Шамбаров В. Н.** Исследование влияния сухого трения на точность и устойчивость судовых автоматических систем, № 4, с. 28.

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

- Азаров Б. В.** «Стелсовские» аспекты в проблеме электромагнитной совместимости корабельных технических средств, № 6, с. 40.
- Власов А. Б.** К вопросу о службе кабелей с резиновой изоляцией, № 1, с. 45.
- Гайдай Б. В., Грек А. Б., Кладовщиков С. Б.** Создание электроэнергетических систем надводных кораблей судостроителями Ленинграда—Санкт-Петербурга, № 3, с. 32.
- Муровченко В. Л.** Резерв повышения мощности корабельных широкополосных радиопередатчиков, № 5, с. 44.
- Одинов В. А.** Математическая модель пространства состояний корабельной электроэнергетической системы. Принятие оперативных решений, № 5, с. 42.
- Скачков Ю. В., Белоусов О. А.** Перспективы применения электрохимического генератора в составе судовой ЭЭС, № 1, с. 43.

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- Бабий В. И.** Алгоритмический метод повышения точности корабельных гидроакустических измерителей скорости звука, № 4, с. 31.
- Борисов Ю. И.** О реализуемости трактов приема и обработки пассивных систем подводного акустического наблюдения на основе специализированных микропроцессоров отечественного производства, № 5, с. 46.
- Марков В. Г.** Широкополосные средства калибровки измерителей напряженности электромагнитного поля в проводящих средах, № 3, с. 44.
- Прикот А. С., Верба М. Т.** Особенности современной системы управления корабельной газотурбинной установкой, № 3, с. 40.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

- Здорнов В. А., Новохацкий В. А.** Моделирование жизненного цикла корабля методами оценки эффективности инвестиций, № 3, с. 49.
- Исаев А. А., Поляков Ю. И., Руднев А. И.** Обоснование стоимости постройки судов, № 4, с. 36.
- Рогозин В. А., Рябенский Л. М.** Создание системы автоматизированного управления трудоемкостью на ФГУП «Адмиралтейские верфи», № 2, с. 48.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Багаев Г. В., Образцов А. С.** Использование систем управления данными проекта в судостроении, № 1, с. 48.
- Голованов В. С., Краснов Н. М., Краснов М. В.** Система Unigraphics для плазменной подготовки судокорпусного производства, № 2, с. 45.
- Ковалев А. Ю.** Опыт применения системы «Ритм-Судно» для решения машиностроительных задач, № 1, с. 52.
- Липис А. В., Рыжов В. А., Сизов В. А.** Возможности применения ERP-систем в судостроении, № 2, с. 41.
- Одегова О. В., Суслев А. Н., Головкин Е. А.** MasterLoad — интегрированный программный комплекс для судового компьютера, № 3, с. 47.
- Рудой К. В.** Расчет прочности спонсона левого борта при воздействии внешнего давления, № 4, с. 34.

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

- Агунов А. В.** Энергосберегающая модернизация сварочного оборудования судостроительных предприятий, № 1, с. 58.
- Бурмистров Е. Г.** Повышение экологической безопасности судостроительного производства методами инженерной оптимизации, № 5, с. 49.
- Ганов Э. В., Смирнова И. А.** Применение ЭВМ для выполнения чертежей и подготовки производства изготовления судовых трубопроводов, № 5, с. 51.
- Горбач В. Д., Хвалынский В. Н., Прокофьев И. В.** Остаточные реактивные напряжения в сферической оболочке от вварки патрубка, № 1, с. 55.
- Гуткин Ю. М.** Определение жесткости свайных оснований продольных наклонных ступелей при воздействии на них базовых нагрузок, № 4, с. 40.
- Крушенко Г. Г., Буров А. Е., Козлов А. А., Талдыкин Ю. А.** Повышение точности изготовления рабочего колеса водометного движителя, № 4, с. 43.
- Лифсон В. Э.-Я.** Мобильная высокочастотная установка для демонтажа резиновых покрытий при разделке корпусов подводных лодок, № 3, с. 52.
- Соколов О. Г.** Новые технологии и оборудование для освоения ресурсов морского шельфа, № 6, с. 48.
- Шуньгин В. Ю.** Ротационно-локальная гибка листов диффузоров нагнетателей, № 6, с. 45.

СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Баршников А. П., Гага В. В., Грищенко Л. В.** Материалы для сварки конструкций буровых установок, работающих в условиях Арктики, № 4, с. 47.
- Кудряцева И. В., Башаева Е. Н., Павлов В. Н.** Высокопрочная коррозионно-стойкая сталь марки 07X16H4Б и перспективы ее использования на морском шельфе, № 4, с. 45.
- Сударева Н. Г., Смыслова Л. А., Носырева Г. В.** Новые теплоизоляционные и декоративно-отделочные материалы для судостроения, № 4, с. 48.
- Фролов С. Е.** Методы создания новых макронеоднородных композиционных материалов и технологические решения при изготовлении из них корпусных конструкций, № 3, с. 55.

РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ

- Демченко А. П., Смирнов А. Г.** Проблемы контроля прочности корпуса плавучего дока, № 4, с. 52.
- Орлов И. А.** Стратегическое партнерство в области военно-технического сотрудничества, № 3, с. 60.
- Ханданян Э. С.** Система подготовки и оперативного управления производством «Антон» для судоремонтного предприятия, № 6, с. 51.
- Хоменков В. Б.** «Звездочка» и «Рубин» — годы сотрудничества, № 2, с. 51.

УТИЛИЗАЦИЯ СУДОВ

- Александров Н. И., Анитропов В. А., Розинов А. Я., Тарасов И. Н.** Основные организационно-технологические принципы утилизации судов АТО, № 5, с. 53.
- Майоров А. П.** Моделирование производственного процесса утилизации АПЛ, № 3, с. 63.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

- Александрова Н. А.** «Севморзавод» — 220 лет, № 3, с. 62.
- Арктические траулеры из Николаева, № 1, с. 54.
- Баев А. С.** Флот — основа компании, № 1, с. 61.
- Блиц-новости, № 4, с. 13, 19, 39, 44; № 5, с. 48; № 6, с. 39, 55.
- Бот шоу, № 4, с. 64; № 5, с. 48.
- Бугаенко Б. А., Галь А. Ф.** Нарком судостроения И. И. Носенко, № 3, с. 67.
- Бычковский А. Г.** Гражданское судостроение на ФГУП МП «Звездочка», № 4, с. 62.
- Васильева С. И.** Адмиралтейцы — Санкт-Петербургу, № 2, с. 67.
- Выпуск трудов НТО, № 2, с. 40.
- Выставки и конференции в 2003 г., № 1, с. 42; № 2, с. 37.
- Газете «Корабел» — 60 лет! № 5, с. 23.
- Горбач В. Д., Головаченко В. С.** Николаю Павловичу Лукьянову — 85 лет, № 6, с. 64.
- Горбач В. Д., Лукьянов Н. П.** Василию Семеновичу Головаченко — 75 лет, № 4, с. 51.
- Елгина Н. Н.** Новая научно-техническая секция Регистра, № 6, с. 44.
- Зарубежная информация, № 1, с. 65; № 3, с. 68; № 4, с. 65; № 5, с. 63; № 6, с. 55.
- Заседание НТС Росоудостроения, № 1, с. 60; № 3, с. 68; № 4, с. 65; № 5, с. 63.
- Из портфеля заказов, № 2, с. 49; № 5, с. 45.
- Красницкий А. Д.** О научном наследии профессора К. К. Федяевского, № 3, с. 51.
- Кутяникова Н. С.** Морские храмы Санкт-Петербурга, № 2, с. 62.
- Лукьянов Н. П.** Вспомяна М. В. Орлова, № 5, с. 61.
- Лукьянов Н. П.** О жизни и деятельности В. В. Мещерякова, № 1, с. 64.
- Международная конференция по интегрированным навигационным системам, № 4, с. 57.
- «Морская биржа», № 4, с. 61.
- Морской вокзал — к 300-летию Санкт-Петербурга, № 4, с. 59.
- «Морскому сборнику» — 155 лет! № 3, с. 14.
- На выставке Росоудостроения, № 2, с. 60.
- На судостроительных предприятиях, № 1, с. 3; № 2, с. 7; № 3, с. 6; № 4, с. 3; № 5, с. 3; № 6, с. 3.
- На Международном военно-морском салоне, № 4, с. 55.
- «Нева 2003», № 4, с. 60.
- Новая книга о «Курске», № 6, с. 34.
- Новые заказы «Балтии», № 4, с. 58.
- Новые кораблестроительные планы ВМС США, № 5, с. 56.
- Новые программные продукты, № 4, с. 59.
- Пашин В. М.** Национальному судостроению и судоходству — экономическую поддержку, № 5, с. 57.
- Поздравляем! № 4, с. 19, 39; № 6, с. 5.
- Российскому морскому регистру судоходства — 90 лет, № 6, с. 16.
- Рохлин А. В.** Старейший кораблестроитель отрасли, № 2, с. 23.
- Румянцева Ю. Н., Фокин А. П.** Результаты российско-украинского сотрудничества в области судостроения, № 5, с. 59.
- «Севморнефтегаз» осваивает арктический шельф, № 6, с. 59.
- Семинар по охране труда, № 1, с. 30.
- 100 лет кафедре проектирования судов СПбГМТУ, № 1, с. 63.
- Судостроителям — общественное признание, № 2, с. 70; № 4, с. 57.
- Суздальев И. В.** Передовые технологии сварки в судостроении, № 2, с. 58.
- ТВ: путь к морю, № 2, с. 59.
- Хаустов А. Н.** Первый инвестиционный налоговый кредит — Балтийскому заводу, № 2, с. 12.
- Чиков В. М.** О разработках интеллектуальной собственности, № 4, с. 57.
- Чиков В. М.** Премьера МВМС состоялась, № 6, с. 56.
- Чиков В. М.** Состояние и перспективы развития Росоудостроения, № 2, с. 54.
- Шлычков С. А.** Большой судомодельный сезон в Санкт-Петербурге, № 6, с. 62.

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

- Андриенко В. Г.** Первые балтийские зимние навигации, № 2, с. 77.
- Андриенко В. Г.** Первые портовые ледоколы «американского типа» на Балтике: «Сампо», «Тармо» и «Петр Великий», № 5, с. 76.
- Андриенко В. Г.** Первые портовые ледоколы Морского ведомства на Балтике, № 4, с. 72.
- Андриенко В. Г.** Портовые ледокольные буксиры типа «Удалец», № 1, с. 77.
- Андриенко В. Г.** Ревельские ледоколы «Торос» и «Войма», № 6, с. 68.
- Васильев А. М.** Экспериментальная отработка бортовой подводной защиты для кораблей отечественного флота 1907—1941 гг., № 3, с. 73.
- Головин Ю. И.** 10-пушечные парусно-винтовые корветы типа «Боярин», № 1, с. 69.
- Емелин А. Ю., Дружинин Ю. О.** Крейсер II ранга «Русь», № 5, с. 67.
- Зуев Г. И.** Санкт-Петербург сто лет назад, № 2, с. 73.
- Козырь В. В.** Из истории создания подводного флота КНР, № 1, с. 73.
- Кузнецов Л. А.** Крейсер «Алмаз», № 6, с. 72.
- Рассол И. Р.** «Наводный и подводный миноносец» инженера С. К. Джевешко, № 4, с. 66.
- Смирнов К. Д.** Немагнитная шхуна «Заря», № 4, с. 77.
- Черников И. И.** Речные канонерские лодки первой мировой войны, № 5, с. 72.