

СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

**№ 1
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 ЦНИИТС

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

А. А. Андреев — директор издательства «Судостроение»

Ю. И. Бородин — директор ЦНИИ «Курс»

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

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

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

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

В. Л. Галка — директор ЦНИИ СЭТ

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

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

И. Г. Захаров — начальник I ЦНИИ МО РФ

А. Г. Иванов — директор ЦНИИ «Центр»

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

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

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

С. Д. Климовский — ученый секретарь ЦВММ

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

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

Ю. А. Корякин — ген. директор ЦНИИ «Морфизприбор»

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

В. Ю. Маринин — начальник управления Россудостроения

В. С. Никитин — директор НИПТБ «Онега»

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

В. П. Олеванов — директор ГМЗ «Салют»

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

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

В. Г. Пешехонов — директор ЦНИИ «Электроприбор»

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

С. Г. Прошкин — директор ЦНИИ «Гидроприбор»

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

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

Л. В. Струтов — начальник управления Россудостроения

В. 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 ЦНИИТС

© Журнал «Судостроение», 2003

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

«Русич» из Нижнего Новгорода

9

Старцев С. Б. Компьютерное моделирование вращательных колебаний судовых крыльевых конструкций

11

Каг А. R. Down flooding angle — a quasi-static method

14

Жинкин В. Б. Бироторный движитель — гидродинамический элемент многофункционального движительно-рулевого комплекса

17

Исаев А. А. Перспективные промысловые суда из полимерного композиционного материала

19

Дубровский В. А. Сверхскоростное судно как элемент паромной линии Санкт-Петербург-Калининград

21

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Петров Н. И., Перевошиков С. Г., Гаврилов Е. И. Техническое диагностирование оборудования - путь к повышению эффективности использования атомных ледоколов

22

Литаврин О. Г. Утилизация тепла отработавших газов газотурбинных двигателей при температуре поверхности теплообменных аппаратов ниже «точки росы»

26

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Валдаев М. М. Диагностика технического состояния гидравлических приводов судовых механизмов

31

Гольтраф В. И., Кобзев В. В., Нефедович А. В., Гончарова Т. А., Лемещенко Н. А. Эргономическая экспертиза перспективных корабельных средств отображения информации и управления

34

Куликов Н. В. Расчет кранцевых устройств при буксировке судов

39

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

Скачков Ю. В., Белоусов О. А. Перспективы применения электрохимического генератора в составе судовой ЭЭС

43

Власов А. Б. К вопросу о службе кабелей с резиновой изоляцией

45

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Багаев Г. В., Образцов А. С. Использование систем управления данными проекта в судостроении

48

Ковалев А. Ю. Опыт применения системы «Ритм-Судно» для решения машиностроительных задач

52

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Горбач В. Д., Хвалынский В. Н., Прокофьев И. В. Остаточные реактивные напряжения в сферической оболочке от сварки патрубка

55

Агунов А. В. Энергосберегающая модернизация сварочного оборудования судостроительных предприятий

58

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Баев А. С. Флот — основа компании (61). 100 лет кафедре проектирования судов СПб ГМТУ (63). **Лукьянов Н. П.** О жизни и деятельности В. В. Мещерякова (64). Зарубежная информация (65). Семинар по охране труда (30). Выставки и конференции в 2003 г. (42). Заседание НТС Россудостроения (60). Арктические траулеры из Николаева. (54).

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Головнин Ю. Н. 10-пушечные парусно-винтовые корветы типа «Боярин»

69

Козырь В. В. Из истории создания подводного флота КНР

73

Андрienко В. Г. Портовые ледокольные буксиры типа «Удалец»

77

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING**1•2003**

(746) January—February

CONTENTS

Published since September 1898

AT THE SHIPYARDS	3
SHIP DESIGN	
«Rusitch» from Nizhny Novgorod	9
Startsev S. B. Computer simulation of rotary vibrations of ship foil structures	11
Kar A. R. Down flooding angle — a quasi-static method	14
Zhinkin V. B. Bi-rotary propulsor — a hydrodynamic component of multi-functional propulsion-steering complex	17
Isaev A. A. Prospective polymer composite material fishing vessels	19
Dubrovsky V. A. Superfast vessel as a component of ferry line St-Petersburg—Kaliningrad	21
SHIPBOARD POWER PLANTS	
Petrov N. I., Perevoschikov S. G., Gavrilov E. I. Technical diagnosing of equipment — the way to increase the effectiveness of nuclear icebreakers use	22
Litavrin O. G. Utilization of gas turbine engine waste gases heat at heat-exchange apparatus surface temperature below dew-point	26
HULL GEAR AND ARRANGEMENTS	
Valdayev M. M. Diagnosing of hydraulic drive technical condition	31
Goltraph V. I., Kobzev V. V., Nefedovitch A. V., Goncharova T. A., Lemeschenko N. A. Ergonomic expertise of prospective shipboard means of data display and control	34
Kulikov N. V. Calculation of fender devices at towing of ships in ice conditions	39
MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	
Skachkov Yu. V., Belousov O. A. Prospects of utilization of electro-chemical generator in the complex of shipboard electric power system	43
Vlasov A. V. On the problem of life cycle of cables with rubber insulation	45
INFORMATION TECHNOLOGIES	
Bagaev G. V., Obratsov A. S. Application of project data management system in shipbuilding	48
Kovalyov A. Yu. Employment of «Ritm-Sudno» system for salvation of mechanical engineering tasks	52
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES	
Gorbach V. D., Hvalynsky V. N. Residual reactive stresses of spherical shell after welding-in of branch tube	55
Agunov A. V. Energy-saving modernization of shipyards welding equipment	58
INFORMATION SECTION	
Baev A. S. Fleet — the foundation of a company (61). 100 years of ship design department at SPb SMTU (63). Lukyanov N. P. About life and work activities of V. V. Mescheryakov (64). Foreign information (65). Seminar on labor protection (30). Exhibitions and conferences in 2003 (42). Session of Rossudostroenie Scientific and Technical Board. Arctic trawlers from Nikolaeв (54).	
HISTORY OF SHIPBUILDING	
Golovnin Yu. N. 10-cannon sail-motor corvettes of «Boyarin» type	69
Kozyr V. V. From the history of creation of CPR submarine fleet	73
Andrienko V. G. Harbor icebreaking tugs of «Udalets» type	77

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 — спуск корпуса автомобильно-пассажирского парома «Lobo Marinho 1», построенного ОАО «Балтийский завод» по заказу португальской верфи ENVC (фото А. Н. Хаустова); на 3-й стр. — зимовка линейных кораблей в Гельсингфорсе: на первом плане «Цесаревич», на втором — «Император Павел 1», «Слава» и др. (репродукция из альбома «Российский императорский флот», художник А. В. Ганзен); на 4-й стр. — ПСКР-494 на ходовых испытаниях (фото предоставлено предприятием-строителем ФГУП МП «Звездочка»)

Журнал выпущен при поддержке

**ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»,
ФГУП СПМБМ «Малахит»,
ГУП ЦНИИ «Гидроприбор»,
ФГУП «Мортеплотехник»,
ФГУП МП «Звездочка»,
ФГУП ЦНИИ «Электроприбор»**

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

Компьютерная верстка

Г. А. Князева
Л. П. Козлова

Цветоделение

О. И. Руденко

Перевод

К. Д. Могилюк

Графика

И. Б. Армеева

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 05.03.2003 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

ОАО СФ «АЛМАЗ»

24 января 2003 г. в самом крупном эллинге СФ «Алмаз» состоялась торжественная закладка десантного корабля на воздушной подушке пр. 12322 «Зубр» для ВМС Греции. Это уже третий КВП типа «Зубр», строящийся для этой страны — члена НАТО. Успешное завершение первого контракта на два таких КВП, заключенного с Министерством национальной обороны Греции (первый КВП «Кефалиния» был отправлен заказчику в декабре 2000 г., второй КВП «Закинтос» — в сентябре 2001 г.), высокая оценка греками боевых и технических возможностей кораблей позволили ФГУП «Рособоронэкспорт» подписать в ноябре 2002 г. дополнительное соглашение к упомянутому контракту еще на один КВП (по опциону); предусмотрена также возможность поставки и четвертого «Зубра».

Третий КВП будет модернизированным (проект разработан ЦМКБ «Алмаз»). Одно из наиболее существенных изменений — замена газотурбогенераторов марки ГТГ-100К, производимых ОАО «Энергия» (Украина), на дизель-генераторы шведской фирмы Volvo-Penta. Будут также установлены система формирования инфракрасного изображения и новая навигационная радиолокационная станция.

Основные характеристики КВП «Зубр»

Полное водоизмещение, т	550
Длина (с подушкой), м	57,3
Ширина (с подушкой), м	25,6
Высота наибольшая, м	21,9
Осадка наибольшая, м	1,6
Скорость полного хода при 50% топлива и 130 т груза, уз	60
Автономность по запасам, сут	5
Дальность плавания, миль	300
Экипаж, чел.	27

КВП может взять на борт три средних танка по 50 т или 10БМП (БТР), или 8 десантных транспортеров, или 500 десантников. При этом мореходность обеспечивается при высоте волн 3%-й обеспеченности 2 м и скорости ветра в любом направлении 12 м/с; высота преодолеваемой преграды — 1,6 м, уклон берега 5°.

Вооружение КВП включает в себя: четыре переносных ЗРК типа «Игла-1М»; две 30-мм автоматические артиллерийские установки типа АК-630 (боекомплект 3000 снарядов) и систему управления стрельбой МР-123-02; две пусковые установки МС-227 для 140 мм неуправляемых ракетных снарядов (боекомплект — 66 снарядов) и систему управления стрельбой ДВУ-3; комплект переносных устройств для постановки от 20 до 80 мин.

На закладной доске корабля написано: «24 января 2003 г. произведена закладка десантного корабля на воздушной подушке заказа зав. 108 для ВМС Греции».

ОАО «ЦМКБ «АЛМАЗ»

Патрульный катер нового поколения пр. 12200 «Соболь» спроектирован ЦМКБ «Алмаз» для охраны государственной границы, прибрежной и экономической зон, природных ресурсов, коммуникаций, судов, искусственных сооружений и т. д. 24 января 2003 г. одновременно с КВП «Зубр», в том же эллинге СФ «Алмаз» был заложен головной катер пр. 12200 для Федеральной пограничной службы РФ. Он будет оснащен принципиально новой системой умерения качки и повышения скорости на базе автоматически управляемых днищевых интерцепторов. Обеспечивая существенное снижение амплитуды килевой и бортовой качки, эта система

позволит успешно применять оружие при волнении до трех баллов, а мореходным судно будет и при пяти баллах.

Основные характеристики

Длина, м:	
габаритная	30,3
по КВЛ	25,1
Ширина, м:	
наибольшая	5,82
по КВЛ	4,87
Высота борта, м	3,27
Осадка, м	1,34
Максимальная скорость, уз	48
Дальность плавания, миль	500
Автономность, сут	3
Экипаж, чел.	6

Энергетическая установка — два дизель-редукторных агрегата Deutz TVD 616V16 по 1343 кВт, работающих через привод Арнесона на два гребных винта; два дизель-генератора мощностью по 30 кВт. Корпус изготавливается из алюминево-магниевого сплава.

Навигационное оборудование включает в себя лаг и эхолот ST60, приемник DGPS, навигационную РЛС ST72LCD, видеопроектор Transas ESPP12, гирокомпас ГКУ-5 «Гюйс», магнитный компас КМ69-М2. Средства связи: ПВ/КВ радиостанция Sailor 250В, УКВ радиостанция Sailor, приемник NAVTEX JMC NT900, три носимых УКВ радиостанции Sailor SR 100, радиолокационный ответчик SART RT-9, два аварийных радиобуя TRON 40S, аппаратура PA-System Steenhans.

Предусмотрено несколько вариантов вооружения:

1. Ракетно-артиллерийский комплекс «Вихрь-К» (восемь управляемых ракет «Вихрь» и 500 снарядов 30 мм), одна морская тумбовая пулеметная установка (МТПУ) калибра 14,5 мм.

2. АК-306 с системой управления К-219 и одна МТПУ — 14,5 мм.

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакцией предприятиями и организациями, а также материалы газеты «Судостроитель» и Интернета.

3. Две МТПУ — 14,5 мм. Возможна комплектация катера четырьмя ПЗРК «Игла»

На закладной доске головного катера начертано: «24 января 2003 г. произведена закладка патрульного катера проекта 12200 заказа зав. 501 для ФПС РФ».

ОАО КБ «ВЫМПЕЛ»

После сдачи в мае прошлого года автомобильно-пассажирского парома «Tallink», построенного на финской верфи Aker Finnyards по чертежам PI-Rauma и КБ «Вымпел», конструкторы «Вымпела» продолжают развивать сотрудничество с зарубежными фирмами в области судостроения на базе современных электронных методов подготовки и передачи проектной документации.

В октябре 2002 г. подписан контракт с немецкой фирмой Eurolog Engineering GmbH о совместной разработке классификационного проекта танкера дедвейтом 3400 т. КБ «Вымпел» выполняет чертежи корпуса, судовых устройств и систем, оборудования помещений, машинной установки. Постройка судна планируется на болгарской верфи Rousse Shipyard.

31 октября 2002 г. в Стамбуле заключен контракт с совместным предприятием Ahsel Holding Co Inc — Med Marine (Турция) и Национальной морской судоходной компанией «Казмортрансфлот» (Казахстан) на разработку для последней расширенного классификационного проекта танкера дедвейтом около 12 000 т. Серия из трех таких судов должна быть построена на турецких верфях для эксплуатации в Каспийском море. Вместе с проведением модельных испытаний в собственном опытовом бассейне разработка проекта заняла около 10 недель. При проектировании в бюро широко применяется система CAD/CAM Tribon.

www.vympel.ru

ОАО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД»

На стапеле завода осуществляется постройка корпуса речного танкера-химвоза для голландской компании Rensen B. V., контракт с которой был подписан 30 октября 2002 г. Проект судна представлен заказчиком. Его длина 110, ширина 13,5, осадка 5,32 м; масса корпуса около 1000 т. Постройка ведется под надзором классификационного общества Lloyd's Register of Shipping и должна быть завершена за 7 мес. Данный заказ учитывает опыт создания танкеров-химовозов на заводе. В 1995—1996 гг. для немецкой компании были построены два таких морских судна дедвейтом по 5800 т. Сейчас строятся еще два танкера-химовоза этого же проекта.

* * *

15 декабря 2002 г. в корпусо-обрабатывающем цехе завода введено в опытно-промышленную эксплуатацию новое оборудование: пять двухбалочных мостовых кранов, поставленных фирмами Fatak (Польша) и IMG (ФРГ), линия резки металлического профиля фирмы IMG. Стоимость внедренной техники около 3 млн дол. Мостовые краны оснащены поворотными магнитными траверсами; с их помощью листовой

прокат массой до 12,5 т сможет теперь не только перемещаться по цеху, но и поворачиваться на 180°. На складе стали кран осуществляет разгрузку платформ, перемещение профилей на транспортную систему. Кран участка резки профиля перемещает поддоны с профилем, обеспечивает комплектацию профильных деталей. С помощью крана участка тепловой резки листовой металлопрокат подается на рабочие столы машин тепловой резки. На завершающей стадии технологического процесса один кран перемещает готовые детали на участок комплектации, а второй — сортирует их и укладывает на тележки для подачи в сборочно-сварочный цех. Производительность линии резки стального профиля — 6 тыс. т в год. Она обеспечивает выполнение широкого спектра операций: резку и маркировку деталей, вырезку шпигатов, разделку кромок.

www.bz.ru

ООО «НЕПТУН—АЛЬФА»

Судостроительная компания «Нептун» (ООО «Нептун—Альфа»), зарегистрированная в Москве в 1991 г, вышла из состава ЦКБ «Нептун» Минсудпрома для выполнения работ в области проектирования и

производства амфибийных судов на воздушной подушке (АСВП). В настоящее время компания способна обеспечить создание АСВП грузоподъемностью от 250 кг до 30 т. В сентябре 2002 г. при участии ОАО «Свирская судостроительная компания» построен разработанный компанией головной АСВП типа «Аллигатор». При его создании учитывается опыт эксплуатации известных отечественных АСВП «Гепард», «Пума», «Ирбис».

«Аллигатор» — скоростное служебно-разъездное АСВП пр. 100, предназначенное для перевозки грузов или восьми пассажиров. Оно может круглогодично эксплуатироваться на



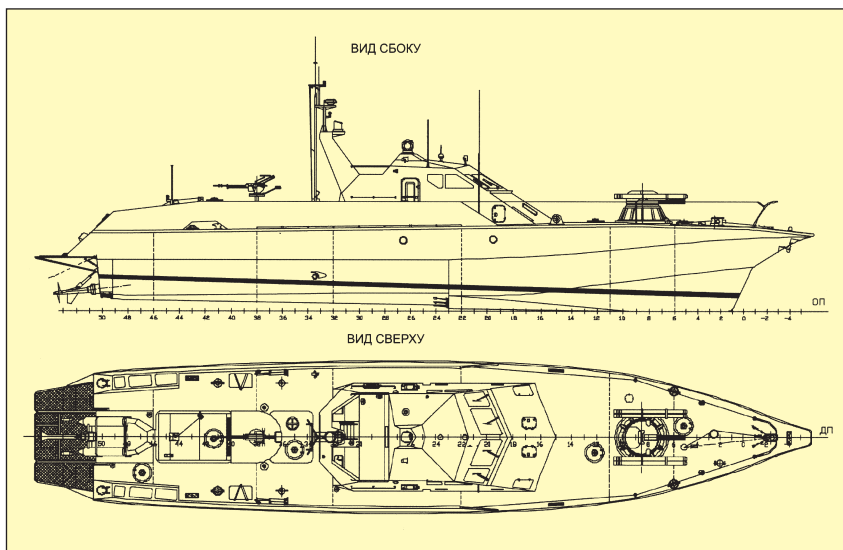
Один из десантных кораблей на воздушной подушке типа «Зубр», построенный ОАО СФ «Алмаз» для ВМС Греции

реках, озерах, в прибрежных зонах морей и водохранилищ в пределах прямой видимости от берега. На эксплуатационной скорости АСВП способно преодолевать затяжные уклоны на ровной твердой поверхности до 6° , на максимальной скорости — короткие (до 20 м) уклоны до 12° . Эксплуатация возможна при температурах от -40 до $+40$ $^\circ\text{C}$, при скорости ветра до 12 м/с.

Основные характеристики АСВП «Аллигатор»: наибольшая длина 8,5, полная ширина с навесными секциями 3,65, высота на твердой поверхности с мачтой 2,5 м, габариты салона 3,9 x 1,5 x 1,36 м, полное водоизмещение 2910 кг (порожнем — 2125 кг), масса полезной нагрузки (водитель, пассажиры, груз) 636 кг, масса топлива 250 кг, автономность по запасам топлива на эксплуатационном режиме (45 км/ч) составляет 10—12 ч, скорость на воде при штиле на максимальном режиме — 75 км/ч, средняя высота подушки 0,4 м. Энергетическая установка — два двигателя от ВА3-2112 (бензиновые, 16-клапанные инжекторные с распределенным впрыском) мощностью 2 x 59 кВт. Корпус изготовлен из алюминий-магниевого сплава, надстройка — из стеклопластика. АСВП «Аллигатор» имеет класс «Р» Речного Регистра России.
www.hovercraft.ru

ЗАО «СУДОВЕРФЬ»

Расположенное в Тюменской области ЗАО «Судоверфь» (Тобольск-5) специализируется на строительстве и ремонте речных судов, а также средств механизации, ориентированных на ловлю, хранение и транспортировку рыбы. В перечень освоённой продукции предприятия входят: стальной паром с аппарелью грузоподъемностью от 25 до 150 т, брандвахта пр. 6218, речной катер РГК-30, озерно-речное несамходное приемотранспортное судно пр. 70170 для перевозки свежей (или живой) рыбы, стальной буксир БС-70, тоневой бот ТБС-70, самодетный неводник пр. НС-5, самодетный паром пр. СП40-25 грузоподъемностью 25 т с аппарелью (может иметь холодильную секцию — пр. ХС-40), стальная рыбацкая моторная лодка грузоподъемностью 1 т. К выпускаемым средствам



Проектные виды сбоку и сверху патрульного катера пр. 12200 «Соболь» (ЦМКБ «Алмаз»)

механизации рыболовства относятся, например, неводо- и сетевыборочная машина стержневая ИВВ-1, турбоаэраторы Н-19-ИАК (01, 02), потокообразователи Н-19ИТА, холодильные секции (-14 $^\circ\text{C}$), ледобуры. Предприятие занимается также изготовлением гребных винтов и валов, насадок, перьев рулей и т. д.

<http://verf.hotbox.ru>

ООО «АЭРОХОД»

Тендер на поставку МЧС РФ шести катеров на воздушной подушке (КВП) типа «Хивус-10» грузоподъемностью 800 кг выиграло ООО «Аэроход» (Нижний Новгород). Они предназначены для поисково-спасательных служб Санкт-Петербурга, Ростова-на-Дону, Иркутска, Калининграда, Москвы и Нижнего Новгорода.

Основные характеристики КВП: габаритная длина 7,45, габаритная ширина /при транспортировке 3,3/2,5, габаритная высота 2,55 м,



АСВП «Аллигатор» (ООО «Нептун-Альфа»)

полное водоизмещение 1670 кг, пассажироместность 8—10 чел., двигатель — автомобильный ЗМЗ-409.10, мощность 105 кВт, крейсерская скорость по воде 50 км/ч (максимальная — 60 км/ч), по снегу — 70 км/ч (90 км/ч), угол преодолеваемого подъема 6° , клиренс 0,5 м, высота преодолеваемого препятствия 0,4 м, емкость топливных баков 120 л, дальность хода до 400 км, движитель — 6-лопастный малошумный винт в кольцевой насадке, допустимая скорость ветра 15 м/с, класс Речного Регистра РФ «Э + Р».

На КВП применена оригинальная схема воздушной подушки (патент РФ № 2097231). Ее ограждение состоит из трех надувных скегов (двух бортовых и диаметрального), носовой и кормовой «юбки». Каждый скег имеет двухъярусную конструкцию и разделен на четыре герметичных отсека. Материал ограждения — пятислойная ткань на основе ПВХ с добавкой полиуретана, армированная полиэстером. Все это обеспечивает высокий уровень безопасности, повышение маневренности и устойчивости, увеличенный ресурс ограждения, улучшение проходимости и мореходности. Нагнетательные вентиляторы — два осевых 12-лопастных.

Корпус и рубка изготавливаются из алюминий-магниевого сплава АМг-6М в основном методом клепки. Салон имеет размеры 3,5 x 1,85 x 1,34 м, в подволоке — два люка. Система управления КВП отличается простотой и эффективностью: по курсу — воздушным рулем с при-



КВП «Хивус-10» (ООО «Аэроход»)

водом от штурвала и изменением давления в камерах воздушной подушки с приводом от педалей; двигатель-двигательный комплекс автомобильного типа.

www.aerohod.r52.ru

ОАО «ВОЛГОГРАДСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Три танкера «Инта», «Тамбей» и «Покачи» грузоподъемностью по 6600 т построены в прошлом году заводом для компании ОАО «Лукойл-Арктик-Танкер». Суда предназначены для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов по рекам и морем, главным образом в Волго-Каспийском регионе, а также на экспортных маршрутах. Длина судов около 130, ширина 16,5, высота борта 6,8 м, дальность плавания 4000 миль, скорость 11,5 уз, экипаж до 13 чел. В 2003 г. планируется сдать еще два аналогичных судна.

ОАО «ЯРОСЛАВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

26 декабря 2002 г. был спущен на воду рыбоохранный корабль зав. № 706 (пр. 503М/РОС), строящийся по заказу ФПС РФ. Крепкий лед на Волге не оказался большой проблемой для судостроителей — буксир «Антей» заблаговременно взломал его и подготовил акваторию для нового судна. После достройки и испытаний корабль ПС-818 возьмет курс на Петропавловск-Камчатский.

Между тем, траулер «Профессор Бойко» (см. «Судостроение», 2002 г., № 6, с. 4) пришлось все же оставить на зимовку на заводе, так как перегонять его в Таганрог, на Азовское море не стали из-за низкого уровня воды на Волго-Донской трассе.

ОАО «ОСЕТРОВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНО- СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД»

В середине октября этот завод, расположенный в г. Усть-Кут (Иркутская обл.), подписал договор с ОАО «Ленское объединенное речное пароходство» (Якутск) о постройке мелкосидящего танкера пр. ТО1400. Его закладка намечена на начало 2003 г. Завод — давний партнер пароходства; для него здесь построено свыше 260 судов, в том числе «река-море» плавания. Однако с 1992 г. после сдачи теплохода СК-2000К, судостроительных заказов не поступало. Выполнялись ремонтные работы и модернизация судов. Да и пароходство свой последний теплоход СК-2000КН построило на Качугской судовой верфи шесть лет назад. Несмотря на старение флота, оно не имело возможности заказывать новые суда. Сейчас, взяв кредит в Сбербанке, пароходство кроме танкера будет строить для него и баржу-приставку на Жатайском судостроительно-судоремонтном заводе. Нефтеналивной состав общей грузоподъемностью 3500 т с экипажем из семи человек сможет осуществлять по Лене бесперевалочные перевозки до Тикси. Срок сдачи состава — сентябрь 2004 г.

ОАО «ЗАВОД «НИЖЕГОРОДСКИЙ ТЕПЛОХОД»»

В октябре 2002 г. это предприятие сдало в эксплуатацию новый земснаряд пр. 82090. Этот одночерпаковый штанговый самоходный дизель-электрический земснаряд обеспечивает разработку всех категорий грунтов, включая тяжелые глины с валунами, засоренные топляками грунты, взорванные скалистые породы (грунты I—VII категории по классификации Главводпути). Производительность составляет 250 м³/ч при используемой мощности 1х500 кВт и 500 м³/ч при 2х500 кВт. Габаритная длина земснаряда в походном положении составляет 56,75 м, ширина 13,28 м, длина по КВЛ — 40 м. Глубина свайной стоянки — до 8,5 м, фронт копания 42 м, вместимость штатного ков-

ша 5 м³. Заказчик судна — Волго-Балтийское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства (Санкт-Петербург), проектант — ЦКБ НПО «Судоремонт». Завод приступил к постройке земснаряда для Азово-Донского ГБ УВПС; по условиям контракта корпус судна приобретен у чешской верфи Ceske Lodenice.

www.zavodteplohod.ru

ЗАО «МИНИБОТ»

Это нижегородская фирма, отметившая в прошлом году свое 10-летие (основана в марте 1992 г.), одной из первых стала разрабатывать проекты переоборудования малых судов в моторные яхты для частных судовладельцев. Это, например, превращение теплохода пр. Р376 «Ярославец» в моторную яхту класса «М», буксира пр. 18 — в пассажирский круизный теплоход для озера Байкал, теплохода пр. 279 — в моторную яхту «Боцман» и др. Создаются и проекты новых судов. При этом фирма тесно сотрудничает с кораблестроительным факультетом Нижегородского государственного политехнического университета и Волжской государственной академией водного транспорта.

Среди новых проектов — переоборудование теплохода пр. 780 в моторную 46-метровую яхту для семейного отдыха с заменой главных двигателей и дизель-генераторов, полным изменением внешнего вида (Московский ССЗ); переоборудование теплохода пр. 839 в 33-метровую моторную яхту с тремя двухместными каютами и каютой люкс (судовой верфь в Тольятти); переоборудование теплохода пр. 245 в прогулочное судно «Коралл», рассчитанное на 56 пассажиров (Сокольская судовой верфь); переоборудование теплохода пр. 839 «Мошка» в экскурсионное 34-метровое судно путем увеличения ширины на 2 м, высоты борта и надстройки (Сокольская судовой верфь); переоборудование теплохода пр. 1611 в моторную 27-метровую яхту «Жасмин» для служебных и прогулочных рейсов, использования в качестве плавучего офиса, для проведения деловых встреч и переговоров.

www.miniboat.ru



Проектное изображение прогулочного теплохода «Коралл» (ЗАО «Минибот»). Основные характеристики: размеры 30,4/24,2х5,35х2,8 м, осадка порожнем 1,93 м, водоизмещение порожнем 109,6 т (максимальные — 2,07 м и 122 т), мощность ГД 220 кВт, скорость 20 км/ч, автономность 3 сут, пассажироместимость от 12 до 56 чел.



Теплоход «Александр» (ВМК «Десант-1»)

ВМК «ДЕСАНТ-1»

Водно-моторный клуб «Десант-1», расположенный на берегу Москва-реки, является одним из старейших подобных клубов столицы. Кроме базирования более 100 катеров и моторных яхт, клуб занимается модернизацией и переоборудованием малых судов. Среди воплощенных в жизнь — интересные проекты переоборудования судов типа «Ярославец», «Заря», КС-100, МО, «Костромич», «Колхозница». Проекты разрабатываются в сотрудничестве с ЗАО «Минибот», ООО «Аквадизайн Инжиниринг» и др. Недавно создано и собственное конструкторское бюро — КБ «Катерок», первой самостоятельной работой которого стала серия проектов плавучих дач каютамаранного типа.

Клуб оказывает содействие в проектировании катеров, моторных яхт и плавдач; постройке, реконструкции и восстановлении судов; корпусных и отделочных работах; проведении испытаний и оформлении судовой документации. Так, один из реализованных проектов переоборудования сухогрузного теплохода пр. 16601 («Колхозница») предусматривал увеличение наклона форштевня с целью придания судну современного привлекательного вида, монтаж кормовой площадки для спуска к воде, полную замену надстройки с обо-

вованием новых рулевой рубки, бытовых помещений, гостевого салона, каюты судовладельца. Судно, названное «Александр», имеет длину 24, ширину 4,4, осадку 1,1 м, мощность двигателя 125 кВт, пассажироместимость 10 чел.

www.katerok.ru

ФГУП НИИ «НЕПТУН»

Это правопреемник СКБ, созданного в 1947 г. в составе ЛПО им. Козицкого и преобразованного в 1985 г. в НИИ автоматизированных систем и комплексов связи «Нептун», устав которого утвержден и зарегистрирован в октябре 1998 г. Основные направления деятельности — исследования и разработка новых информационных технологий; проектирование, созда-

ние и внедрение автоматизированных комплексов связи, радиопередающих устройств для кораблей, береговых объектов ВМФ и других ведомств. Среди созданного оборудования — комплексы связи «Тайфун-К», «Буря-К», «Смерч-2», «Смерч-3», «Микрон». Выполняя в настоящее время заказы судостроительной промышленности в рамках экспортного кораблестроения, НИИ «Нептун» ориентируется на возможность быстрой модернизации производимой аппаратуры по требованиям заказчиков. При этом предусматривается полный цикл: от исследований и проектирования до производства, поставки, наладки и обучения персонала.

ОАО «ВЫБОРГСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Закладка универсального спасательного судна проекта UT527 состоялась на заводе 6 февраля 2003 г.

Заказчик — норвежская фирма Navyard Leirvik AS. Судно, строящееся под наблюдением Det Norske Veritas, имеет длину 92,4 м, ширину 18 м и высоту борта 8 м. В Выборге будет сформирован корпус и осуществлено его частичное насыщение; достройку выполнят в Норвегии. Спасатель предназначен для обслуживания плавучих буровых установок в Северном море.

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ КАМБУЗИМ ОБОРУДОВАНИЕМ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ



СЕВЕР ТРЕЙД

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

Санкт-Петербург, Б.Морская 18
 тел./факс (812) 311-8166, 311-8147, 311-4200
 Москва, ВВЦ (совхозный въезд), ДЦ СП Технопарк, оф. 33
 тел./факс (095) 234-5012, 234-5013

**ПОСТОЯННАЯ ВЫСТАВКА
РОССУДОСТРОЕНИЯ**

На территории головной организации по выставочно-ярмарочной деятельности ОАО «Ритм» (Москва, ул. Шереметьевская, 47) на площади свыше 600 м² недавно открылась постоянно действующая выставка изделий гражданского и двойного назначения предприятий Россудостроения. Ее главная цель — показ возможностей судостроительных предприятий, продвижение их продукции и технологий на рынок.

В экспозиции — 10 основных разделов: гражданское судостроение и судоремонт; современные и перспективные технологии; судовое машино- и приборостроение; материалы и технологические процессы их производства; товары народного потребления; здравоохранение и медицинская техника; оборудование для предприятий торговли и общественного питания; техника для агропромышленного комплекса; конверсионные разработки и продукция двойного назначения; энерго- и ресурсосберегающие технологии; экология и техника безопасности.

Экспонаты представили 46 предприятий отрасли, среди которых «Альтаир», «Атолл», «Аврора», «Севмаш», Волгоградский и Ярославский судостроительные заводы, Алтайский и Калужский приборостроительные заводы, Зеленодольский завод им. А. М. Горького, ЦНИИТС, ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, «Гранит», «Прометей», «Электроприбор», «Морфизприбор» и др.

В. М. Чиков,
пресс-секретарь Россудостроения

ФГУП МП «ЗВЕЗДОЧКА»

17 октября 2002 г. подписан акт приемки построенного ФГУП МП «Звездочка» по заказу Федеральной пограничной службы России сторожевого корабля ПСКР-494. Это пятое серийное судно пр. 16900 и четвертое для пограничников. Его водоизмещение 748 т, наибольшая длина 45,45 м, ширина 8,8 м, скорость 9,5 уз, дальность автономного плавания 4200 км. Корабль позволяет доставлять грузы и технику по внутренним водным путям, вдоль морского побережья с возможностью работы на «обсушке», связанной с приливами и отливами.

**ФГУП ЦНИИ
«ЭЛЕКТРОПРИБОР»**

5 февраля 2003 г. в Государственном научном центре РФ ФГУП ЦНИИ «Электроприбор» состоялась пресс-конференция, на которой директор института академик РАН В. Г. Пешехонов рассказал и продемонстрировал журналистам новейшие разработки института, которые впервые будут представлены широкой публике на Первом международном военно-морском салоне в Санкт-Петербурге 25—29 июня этого года.

ЦНИИ «Электроприбор» сегодня — это одно из немногих отечественных предприятий, которое достигло реальных экономических успехов за счет собственных научных разработок. В последние годы в общем объеме работ института доля собственных работ составляет 80% при среднеотраслевом показателе 20—50%. Затраты на техническое перевооружение достигают 2,5—3 млн дол. в год. Средняя зарплата (12,5 тыс. руб.) — одна

из самых высоких в судостроении, а минимальная (4,5 тыс. руб.) — самая высокая в отрасли.

Сотрудники института выполняют полный цикл работ — от фундаментальных исследований до мелкосерийного производства в таких областях, как морская навигационная техника, перископные комплексы, инерциальные системы, гироскопические приборы, системы для управления движением и стабилизации судна, авиагравиметрические системы ориентации космических аппаратов, антенно-фидерные и коммутационные устройства, автоматизированные комплексы радиосвязи, приборы точной электромеханики, ветроэнергетические установки, медицинская техника. Институт входит в число 58 российских организаций, ведущих критические технологии федерального уровня. В качестве материнской компании ЦНИИ «Электроприбор» объединяет КБ «Связьморпроект», завод «Азимут—Электроприбор», а также филиалы в Гатчине и пос. Лебяжье.

Ежегодно ЦНИИ «Электроприбор» проводит международную конференцию по интегрированным навигационным системам и конференцию молодых ученых на тему «Навигация и управление движением», а раз в два года — традиционную конференцию по гироскопической технике памяти Н. Н. Острякова.

ЦНИИ «Электроприбор» имеет лицензии на разработку и производство оборонной и космической техники, входя в пятерку мировых фирм — производителей гироскопического и навигационного оборудования. Его продукция востребована в России и за рубежом. Клиентами и партнерами являются Индия, Китай, а также страны Центральной и Южной Америки, Финляндия, Норвегия, Германия, Япония, Эстония. □

Морская документальная видеостудия (Санкт-Петербург)

Более 10 лет создает видеофильмы и телепередачи о военно-морском и гражданском флоте на основе постоянного и долговременного сотрудничества с предприятиями и учреждениями Министерства обороны, Военно-Морского Флота и Российского агентства по судостроению

Студия создала видеофильмы:

- «Океан. Служба безопасности или... "За тех, кто в море"»
- «Корабелы» (ФГУП «Северное ПКБ»)
- «На службе Отечеству» (ОАО «Пролетарский завод»)
- «50 лет в военной политике» (ГУ МО МВТС)
- «Гибель АПЛ "Комсомолец"»
- «Колыбель для субмарины»
- «Комсомолец - 95» (Отчет об экспедиции)
- «На вахте - радиолокация "Салюта"»
- «Первый в России» (УКОПП)
- «ОАО "Компрессор"»
- «Святой воин адмирал Федор Ушаков» и другие.



Студия создает и производит:

- видеофильмы, рекламные ролики
 - с версиями на иностранных языках
 - с использованием компьютерного монтажа;
 - видеосъемку в форматах DV и Betacam;
 - тиражирование видеокассет и CD дисков.
- Студия размещает в эфире рекламные ролики и телепередачи.

Контактная информация:

Руководитель студии Рассохо-Анохина Валентина Николаевна
Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., 64, тел./факс (812) 3277212, тел./факс (812) 2456900, E-mail: docfilm@mail.ru

«РУСИЧ» ИЗ НИЖНЕГО НОВГОРОДА

ОАО КБ «Вымпел»

УДК 681.322:62.001.6:629.552

18 октября 2002 г. в Нижнем Новгороде на стапеле ОАО «Завод "Красное Сорново"» состоялась официальная церемония закладки универсального сухогрузного теплохода смешанного плавания дедвейтом 5190 т (пр. 00101). Серия этих судов строится по заказу ОАО «Судоходная компания "Волжское пароходство"». Проект судна (проектное наименование «Русич») разработан нижегородским конструкторским бюро «Вымпел».

Судно предназначено для транспортировки генеральных и навалочных грузов, зерна, минеральных удобрений, металла, бумаги, лесоматериалов, овощей и фруктов, хлопка, угля. Эксплуатация предусматривается на внутренних водных путях европейской части Российской Федерации с проходом по Волго-Донскому каналу и Волго-Балтийскому водному пути, а также в морских районах в соответствии с классом судна.

Проект судна разработан на класс КМ ★ ЛУ2 □ I A1 Российского Морского Регистра Судоходства и удовлетворяет требованиям отечественных надзорных органов и международных конвенций, действующим на момент закладки.

Главные размеры и основные характеристики

Длина наибольшая, м	128,2
Ширина наибольшая, м	16,74
Высота борта, м	6,1
Осадка расчетная, м:	
в реке	3,6/3,75
в море	4,20
Грузоподъемность, т:	
в реке	3770/4050
в море	4960
Дедвейт, т:	
в реке	3855/4135
в море	5190
Вместимость грузовых трюмов, м ³	8090
Контейнеровместимость, шт.:	
всего (в том числе 20 шт. рефрижераторных)	267
в трюмах	180
Мощность главных двигателей, кВт	2x1140
Скорость, уз	11
Мощность носового подруливающего устройства, кВт	160
Автономность плавания, сут	20
Экипаж/количество мест	10/12

Архитектурно-конструктивный тип — однопалубное, двухвинтовое судно с баком и ютом, двойным дном и двойными бортами,

тремя грузовыми трюмами, надстройкой и машинным отделением в кормовой части.

Все три трюма имеют прямоугольную в плане форму, удобную для проведения погрузоразгрузочных работ и размещения груза. Габариты каждого грузового трюма 26,98 x 12,6 м при высоте, гарантирующей размещение трех ярусов контейнеров высотой 8 футов 6 дюймов. Грузовые трюмы оборудованы складывающимися люковыми закрытиями, обеспечивающими 100%-е раскрытие трюмов. Расчетная нагрузка на люковые крышки составляет 17,16 кПа для трюма № 1 и 12,75 кПа для трюмов № 2 и 3, что дает возможность размещения на них лесных грузов с высотой каравана 2,6 м или одного—двух ярусов контейнеров. Конструкция люковых закрытий обеспечивает их нормальную эксплуатацию даже при наличии в трюме взрывоопасной атмосферы (например, при перевозке угля, выделяющего метан).

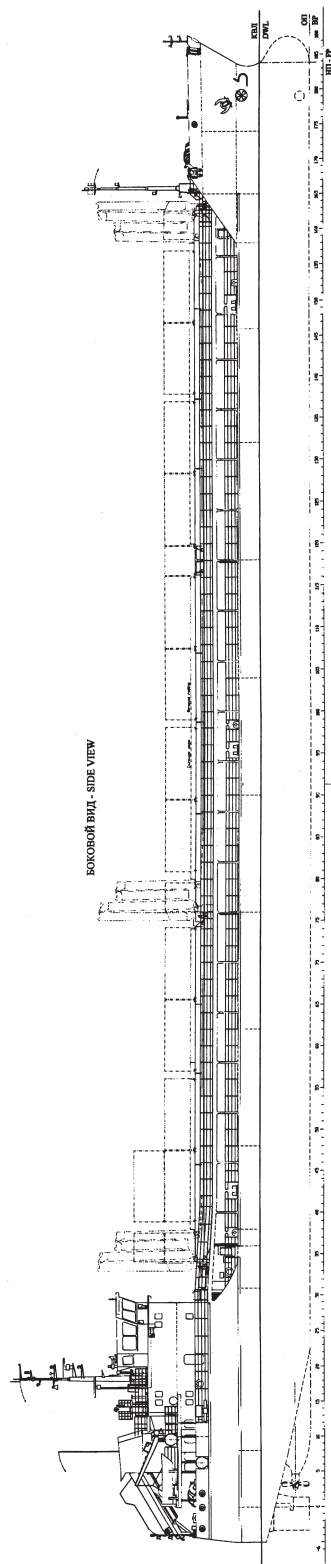
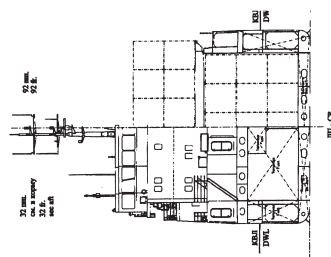
Учитывая пожелание заказчика судна, конструкция люкового закрытия разработана с использованием технического проекта и стандартов фирмы MacGregor, что обеспечит возможность наилучшего обслуживания в любом районе эксплуатации судна.

Обводы корпуса выбраны на основе анализа буксировочных испытаний серии моделей судна, проведенных в опытовом бассейне ОАО КБ «Вымпел». Судно имеет носовой бульб и плавные обводы кормы с небольшой килеватостью и двумя кормовыми обтекателями, выполненными как основные корпусные конструкции и предназначенными для размещения гребных валов и создания благоприятных условий работы гребных винтов фиксированного шага.

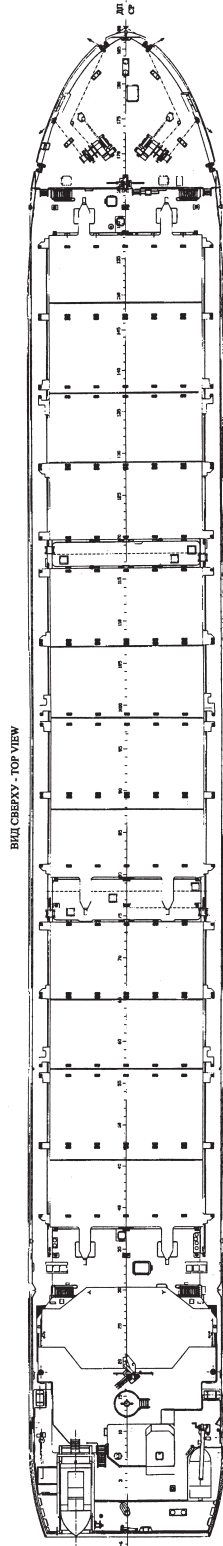
Корпус судна выполнен по смешанной системе набора: продольной — в средней части по всем корпусным связям, корме набора по наружному борту ниже платформы; поперечной — в оконечностях, машинном отделении и по наружному борту ниже платформы в средней части. Продольные комингсы грузовых трюмов установлены в плоскости продольных переборок трюмов.

Для основных конструкций корпуса применены судостроительные стали марок РСВ, РСД32, РСД40, РСА32.

Настил второго дна рассчитан на интенсивность распределенной нагрузки до 100 кН/м², что делает возможным использование при погрузоразгрузочных работах грейфера грузоподъемностью 16 т. Прочность и остойчивость судна в процессе погру-



Общее расположение универсального сухогрузного теплохода специального плавания пр. 00101 («Русич»). Проект разработан ОАО КБ «Вымпел»



зоразгрузочных работ контролируется персональной ЭВМ с набором соответствующих программ.

Защита корпуса от коррозии гарантируется применением короткозамкнутой протекторной защиты и эффективного лакокрасочного покрытия.

Предусмотренные судовые устройства обеспечивают выполнение требований надзорных органов к данному типу судна.

В качестве приводов полубалансирных рулей применены рулевые машины роторного типа, дающие возможность переключать рули на каждый борт на угол до 46°, что обеспечивает судну повышенную маневренность. Для этой же цели, особенно при подходе и отходе от причала, при проходе узкостей и движении по речным фарватерам, на судне предусмотрено носовое подруливающее устройство, расположение оси которого позволяет использовать его при минимальных осадках носом.

Спуск и подъем носовых и кормовых якорей выполняется якорно-швартовыми лебедками. Лебедки правого носового и кормового якорей оборудованы устройствами дистанционной — из рулевой рубки — отдачи якорей.

В кормовой оконечности судна по левому борту установлена одна закрытая спасательная шлюпка вместимостью 12 чел. Ее спуск на воду производится как методом свободного падения, так и обычным способом — при помощи спускового устройства с гидроприводом. Кроме того, на судне предусмотрены дежурная шлюпка с подвесным мотором и необходимое количество спускаемых и сбрасываемых плотов.

Для приема и отдачи балласта на судне имеется балластно-осушительная система, обслуживаемая двумя электроприводными центробежными насосами и водоструйным эжектором. Одновременная работа этих средств дает возможность откачать весь балласт за время не более 6 ч. В целях уменьшения длины трубопроводов балластной системы и улучшения условий труда экипажа на судне предусмотрена установка дистанционно управляемой арматуры, расположенной в коффердамах между грузовыми трюмами. Управление арматурой осуществляется из машинного отделения.

Комплекс противопожарных систем, обычно имеющийся на подобных судах, дополнен пожарными системами местного применения, наличие которых с июня 2002 г. требуется в соответствии с главой II конвенции СОЛАС.

На судне максимально сокращено применение забортной воды для хозяйственно-бытовых нужд, что позволяет увеличить срок службы соответствующих трубопроводов.

Учитывая требования заказчика, а также для улучшения условий обитаемости и ремонтпригодности, на судне применена водяная система отопления помещений, за исключением жилых и служебных, где используется система круглогодичного комфортного кондиционирования воздуха.

Остальные общесудовые системы предусмотрены в полном соответствии с требованиями класса судна.

Энергетическая установка теплохода — дизель-редукторная двухвальная. В качестве главных двигателей устанавливаются два среднеоборотных реверсивных судовых дизеля фирмы Wartsila марки 6L20 с реверс-редукторами. Максимальная длительная мощность каждого дизеля 1140 кВт. Главные двигатели работают на топливе MDO вязкостью до 14 сСт (при 40 °С) и дизельном топливе. Вместо традиционной систе-

мы охлаждения двигателей (с применением насосов забортной воды для прокачки охладителя пресной воды внутреннего контура охлаждения) применена система с охладителями, размещенными за бортом судна в специальных ящиках. Это решение позволило отказаться от насосов забортной воды и части трубопроводов, что упрощает систему и повышает ее надежность.

Для снабжения электроэнергией судно оборудовано тремя основными дизель-генераторами и одним аварийным мощностью 3 x 160 кВт и 85 кВт соответственно, эксплуатирующимися на дизельном топливе.

В соответствии с присвоенным классом управление всеми судовыми техническими средствами осуществляется из рулевой рубки с помощью интегрированной автоматизированной системы управления. На пульте в рулевой рубке — сигнализация по всем механизмам, контролируемым системой. Информация по всем параметрам поступает и на резервный пост управления в машинном отделении. В нормальных условиях эксплуатации управление движением судна и работой технических средств осуществляется одним человеком из рулевой рубки без вахты в машинном отделении.

Судно оснащено комплексом аппаратуры навигации и связи, обеспечивающим его эксплуатацию в морских районах А1, А2 и А3 по классификации ГМССБ, а также дополнительными средствами обеспечения

безопасности мореплавания, требующимися в соответствии с XV главой конвенции СОЛАС: прибором регистрации данных рейса, автоматической идентификационной системой, звукоприемной системой.

Высокая степень автоматизации технических средств судна обеспечивает его нормальную эксплуатацию экипажем из 10 чел. Экипаж размещается в трех блок-каютах, состоящих из кабинета, спальни и санузла, и семи одноместных каютах с индивидуальными санузлами. Во все каюты предусмотрена подача воздуха от круглогодичной системы кондиционирования воздуха. Имеется отдельная каюта лоцмана.

Разработка проекта судна выполнена с использованием системы автоматизированного проектирования Tribon. Заводу передана математическая модель поверхности судового корпуса, что позволяет в кратчайшие сроки разработать программы резки металла и отказаться от разбивки корпуса на плазе. Учитывая значительную трудоемкость работ по изготовлению судовых трубопроводов, для наиболее сложного и насыщенного помещения — машинного отделения — разработана электронная модель, дающая возможность получить эскизы, позволяющие изготавливать трубы в цехе без снятия шаблонов с места.

Главное судно проекта 00101 предполагается передать заказчику — ОАО СК «Волжское пароходство» — в октябре 2003 г. □

ОБ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ

Освоение месторождений углеводородов на шельфе России предусмотрено Морской доктриной РФ на период до 2020 г. и является важной стратегической задачей, от решения которой в значительной степени будет зависеть экономическое положение и обороноспособность страны.

В настоящее время организацию работ по строительству буровых платформ и созданию оборудования для освоения месторождений на шельфе предполагается осуществлять в соответствии с утвержденной Правительством РФ (Постановление № 623 от 20.08.2002 г.) подпрограммой «Шельф» ФЦП «Мировой океан». В реализации этой подпрограммы участвуют Государственный российский центр атомного судостроения, ряд НИИ и КБ судостроительной отрасли, в том числе по концептуальному проектированию и разработке принципиальных технологий для объектов, связанных с освоением Приразломного, Штокмановского и сахалинских месторождений нефти и газоконденсата.

Учитывая важность поставленных задач, Россудостроение недавно провело заседание коллегии по вопросу: «О совершенствовании организации работ по строительству буровых платформ для освоения месторождений на континентальном шельфе Арктики». Председательствовал на нем первый зам. генерального директора Россудостроения Л. М. Клячко.

С основным докладом выступил зам. генерального директора ФГУП ПО «Севмаш» В. В. Бородин. Его содокладчиками были: генеральный директор ФГУП ЦНИИТС В. Д. Горбач, генеральный директор ФГУП МП «Звездочка» Н. Я. Калистратов и начальник отдела ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» А. А. Малютин.

Сделовыми предложениями по совершенствованию работ и разработке передовых технологий строительства буровых платформ, а также более четкого распределения функций между надзорными органами за проектированием, строительством и эксплуатацией морских нефтегазовых платформ выступили В. И. Евенко, А. М. Лазарев, В. В. Рыбин.

Подводя итоги коллегии, Л. М. Клячко отметил, что предприятиями судостроения накоплен значительный опыт в проектировании и строительстве морских платформ для освоения месторождений углеводородного сырья на шельфе. Реализация решений коллегии будет способствовать развитию судостроения в целом.

Пресс-служба Россудостроения

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СУДОВЫХ КРЫЛЬЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

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

УДК 681.3.06:629.11.012.814:629.5

Корабельные крыльевые конструкции должны иметь определенные характеристики эффективности и прочности для выполнения своих основных функций при эксплуатации. Влияние возмущающего потока на них вызывает обратное восстанавливающее действие, которое определяется их жесткостью.

Взаимодействие возмущающих и восстанавливающих сил приводит

к динамическим изменениям положения, деформации конструкции, что в совокупности можно представить суперпозицией поступательных, вращательных и изгибающих перемещений с собственными амплитудно-частотными параметрами [1].

Вращательные колебания — один из сложных видов движения крыльев, трудно учитываемый при расчетах нестационарных аэрогид-

родинамических нагрузок на стабилизаторы, рули, лопасти гребных винтов, вентиляторов, лопасти турбин и другие подобные крыльевые конструкции.

С целью прогнозирования нестационарных моментно-силовых нагрузок на вращательно колеблющиеся крылья создана компьютерная программа расчета нестационарных аэрогидродинамических характеристик (АГДХ) крыльев с учетом влияния геометрии конструкции и амплитудно-частотных параметров колебаний. Решение подобных задач аэрогидродинамики осуществляется на базе наиболее достоверного и практичного панельно-вихревого метода, основанного на решении системы уравнений для произвольных перемещений крыльев:

$$\begin{cases} F_{11} \bar{\Gamma}_1 + \dots + F_{1n} \bar{\Gamma}_n = -4\pi \bar{V}_1(t) + f_{c1} \\ \dots \\ F_{1n} \bar{\Gamma}_1 + \dots + F_{nn} \bar{\Gamma}_n = -4\pi \bar{V}_n(t) + f_{cn} \end{cases} \quad (1)$$

где $\bar{\Gamma}_i$ — безразмерная циркуляция i -го вихря; F_{ij} — коэффициент взаимного расположения j -го вихря и i -й точки; $\bar{V}_i(t)$ — безразмерная вертикальная скорость i -й точки; t — текущее время, c ; f_{ci} — интегральная функция влияния вихревой пелены, n — общее количество панелей.

В качестве характерных величин для безразмерной формы составляющих системы уравнений (1) использовались средние значения хорды крыла b_{cp} и скорости набегающего потока U_∞ .

Теоретическими исследованиями были определены нестационарные АГДХ крыльев различной формы в плане при исходном расположении под нулевым углом атаки по отношению к вектору скорости U_∞ [2]. Моментно-силовые нагрузки на крыльях рассчитывались при вращательных колебаниях относительно оси X_0Z_0 , расположенной в их плоскости.

Компьютерная модель расчета АГДХ крыла включает: коэффициенты F_{ij} , определяемые взаимным расположением панельных вихрей и контрольных точек модели; циркуляции скоростей системы присоединенных вихрей модели $\bar{\Gamma}_i$; свободные члены системы уравнений, описывающие динамику движения крыла (функции изменения вертикальных скоростей контрольных точек); функции вихревого следа.

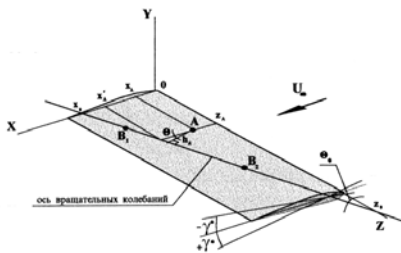


Рис. 1. Схема вращательных колебаний крыла относительно произвольной оси в плоскости XOZ:

A — контрольная точка; $\pm\gamma$ — амплитуда колебаний; U_∞ — скорость набегающего потока; x_A, z_A — координаты контрольной точки A ; $B_1 (x_{B1}, z_{B1}), B_2 (x_{B2}, z_{B2})$ — координаты двух произвольных точек, через которые проходит ось колебаний; γ_0 — амплитуда угла поворота крыла при колебаниях

Для расчета АГДХ крыльев при вращательных колебаниях определяются зависимости вертикальной ско-

рости произвольной точки на поверхности крыла V_A при произвольном расположении оси его колебаний в плоскости XOZ (рис. 1) и при исходных данных.

Общий вид функции прямой текущего положения оси вращения крыла: $z = Cx + b$, где C и b — свободные параметры, определяемые координатами двух произвольных точек оси:

$$\begin{cases} z_{B1} = Cx_{B1} + b \\ z_{B2} = Cx_{B2} + b \end{cases} ; \quad C = \frac{z_{B1} - z_{B2}}{x_{B1} - x_{B2}} ;$$

$$b = \frac{z_{B2}x_{B1} - z_{B1}x_{B2}}{x_{B1}x_{B2}} .$$

Функция $z = f(x)$ определяет координаты точек на осях OX и OZ , через которые проходит ось вращения:

$$x_0 = -\frac{b}{C} = \frac{z_{B2}x_{B1} - z_{B1}x_{B2}}{x_{B1} - x_{B2}} ;$$

$$z_0 = b = \frac{z_{B2}x_{B1} - z_{B1}x_{B2}}{z_{B1} - z_{B2}} .$$

Расстояние h_A — перпендикуляр из точки A к оси поворота крыла. Вертикальная скорость перемещения точки A при вращательных колебаниях крыла с временной функцией амплитуды $\gamma(t) = 0,5\gamma_0 \cos(2\pi ft)$ равна

$$V_A = 2\pi f h_A \operatorname{tg}(0,5\gamma_0) \sin(\omega t), \quad (2)$$

где γ_0 — амплитуда угловых колебаний крыла, рад; ω — угловая частота колебаний, рад/с.

При определении V_A неизвестным параметром является плечо вращения контрольной точки h_A , рассчитываемое по зависимости

$$h_A = \left(x_A' - \frac{(z_A - b)}{C} \right) \cos \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{x_0}{z_0} \right) \right]. \quad (3)$$

С помощью преобразований временная функция вертикальной скорости точки A (2) принимает вид

$$V_A(t) = 2\pi f \operatorname{tg}(0,5\gamma_0) \cdot \left[\frac{z_{B2}x_{B1} - z_{B1}x_{B2} - z_A + x_A(z_{B1} - z_{B2})}{\sqrt{(x_{B1} - x_{B2})^2 + (z_{B1} - z_{B2})^2}} \right] \sin(\omega t). \quad (4)$$

Выражение (4) применимо для определения вертикальной скорости любой расчетной точки крыла

при произвольно заданных параметрах колебаний относительно оси, расположенной в его плоскости. Тогда, если:

1) ось вращения крыла параллельна оси OZ ($x_{B1} = x_{B2}, h_A = x_A - x_{B1}$),

$$V_A(t) = 2\pi f \operatorname{tg}(0,5\gamma_0) (x_A - x_{B1}) \sin(\omega t);$$

2) ось вращения крыла параллельна оси OX ($z_{B1} = z_{B2}, h_A = z_{B1} - z_A$),

$$V_A(t) = 2\pi f \operatorname{tg}(0,5\gamma_0) (z_{B1} - z_A) \sin(\omega t).$$

Расчет вертикальных скоростей контрольных точек модели вращательно колеблющегося крыла производится по полученным выражениям.

На основе разработанной модели рассчитаны гармонические колебания прямоугольного крыла в плане с симметричным профилем НАСА-0016 с различными частотами относительно оси, расположенной перпендикулярно вектору скорости набегающего потока U_∞ (рис. 2).

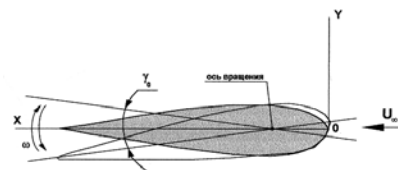


Рис. 2. Колебания крыла относительно оси, расположенной поперек потока: γ_0, ω — амплитуда и угловая частота колебаний

Приведенный пример является характерным для колебаний корабельного руля относительно оси баллера [3]. Принимается, что в исходный момент времени крыло расположено под нулевым углом атаки $\alpha_0 = 0$.

Амплитуда угла поворота плоскости крыла γ_0 имеет постоянное значение. Для расчета изменения величины подъемной силы за весь период вращения крыла необходимо определить функцию изменения угла атаки во всех его контрольных точках.

Для произвольно расположенной на плоскости крыла точки A функция изменения угла атаки во времени $\alpha(t)$ определяется суммой квазистатического $\alpha_{ст}$ и динамического α_d углов атаки

$$\alpha(t) = \alpha_{ст}(t) + \alpha_d(t, Sh).$$

Функция $\alpha_{ст}(t)$ зависит только от геометрического расположения

крыла по отношению к вектору набегающего потока в произвольный момент времени и является функцией времени. При гармонических колебаниях крыла квазистатический угол атаки определяется зависимостью

$$\alpha_{ст}(t) = \alpha_0 + 0,5\gamma_0 \sin(\omega t), \quad (5)$$

где α_0 — исходный угол атаки, рад; $0,5\gamma_0$ — максимальный угол поворота крыла от исходного положения, рад; ω — угловая скорость вращения, рад/с; t — текущее время, с.

Значение динамического угла атаки α_d в отличие от статического $\alpha_{ст}$ зависит от места расположения точки А и от значений числа Струхала

$$\alpha_d(t, Sh) = \arctg[V_A(t, Sh)/U_\infty].$$

При колебаниях крыла гармоническое изменение функции $\alpha_d(t)$ происходит с временным сдвигом на четверть периода по отношению к $\alpha_{ст}(t)$, поэтому изменения величин $\alpha_d(t)$ и $\alpha_{ст}(t)$ происходят во временной противофазе

$$V_A(t) = V_{Amax} \sin(\omega t + \pi/2) =$$

$$= \pi \gamma_0 f P_A \cos(\omega t),$$

где V_{Amax} — максимальное значение вертикальной скорости в точке А за период, м/с; f — частота колебаний крыла, Гц; P_A — плечо вращательного перемещения точки А, м.

Таким образом, функция изменения динамического угла атаки имеет вид

$$\alpha_d(t, Sh) = \arctg[\pi \gamma_0 f P_A / U_\infty] \cos(\omega t).$$

С учетом соотношений определяется величина динамического угла атаки:

$$\alpha_d(t, Sh) = \arctg[0,5\gamma_0 Sh \bar{P}_A \cos(Sh \bar{t})]. \quad (6)$$

В соответствие с (5) и (6) окончательное выражение для суммарного угла атаки потоком принимает вид:

$$\alpha(t, Sh) = 0,5\gamma_0 \sin(Sh \bar{t}) + \arctg[0,5\gamma_0 Sh \bar{P}_A \cos(Sh \bar{t})].$$

Максимальное значение динамического угла атаки в точке А равно

$$\alpha_{dmax} = \arctg[0,5\gamma_0 Sh \bar{P}_A].$$

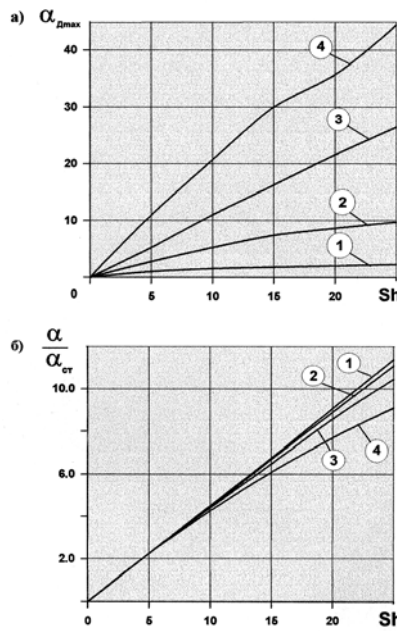


Рис. 3. Зависимость динамического угла атаки α_d (а) и его относительного значения $\alpha_{dmax}/\alpha_{ст}$ (б) от числа Струхала Sh при различных амплитудах вращательных колебаний крыла γ_0 : 1 — $\gamma_0 = 0,2^\circ$; 2 — $\gamma_0 = 1^\circ$; 3 — $\gamma_0 = 2,5^\circ$; 4 — $\gamma_0 = 5^\circ$

При относительно малых значениях угла поворота крыла γ_0 и числа Струхала Sh значение α_{dmax} имеет приблизительно линейную зависимость от плеча поворота контрольной точки (рис. 3, а).

При увеличении числа Струхала возрастает относительное значение динамического угла атаки. Например, при его значении, равном 7,5, динамический угол атаки в 3—4 раза превышает величину статического угла. В диапазоне малых чисел Струхала от 0 до 7,0 амплитуда колебаний крыла γ_0 влияет относительно слабо на величину $\alpha_{dmax}/\alpha_{ст}$ (рис. 3, б).

При расчете АГДХ вращательно колеблющихся крыльев диапазон чисел Струхала условно разделяется на три зоны, в которых целесообразно учитывать только изменение статического угла атаки; необходимо учитывать влияние статического и динамического углов атаки, соизмеримых по величине; возможен учет только динамического угла атаки, существенно превышающего статический угол.

Границы зон зависят от задаваемой расчетной точности. Так, при допустимой погрешности вычислений $\delta = 5\%$ перечисленные зоны имеют границы: 1) $Sh = 0 \div 0,4$; 2) $Sh = 0,4 \div 22$; 3) $Sh > 22$.

Модель нестационарного взаимодействия крыла с потоком при вращательных колебаниях (1) с учетом полученной функции $\alpha(t, Sh)$ определяется системой уравнений

$$\begin{cases} F_{11} \bar{\Gamma}_1 + \dots + F_{1n} \bar{\Gamma}_n = \\ -4\pi[\text{tg}(0,5\gamma_0(\sin(Sh \bar{t})) - \\ -0,5\gamma_0 Sh \bar{P}_1 \cos(Sh \bar{t})) + f_{c1} \\ \dots \dots \dots (7) \\ F_{1n} \bar{\Gamma}_1 + \dots + F_{nn} \bar{\Gamma}_n = \\ = -4\pi[\text{tg}(0,5\gamma_0(\sin(Sh \bar{t})) - \\ -0,5\gamma_0 Sh \bar{P}_n \cos(Sh \bar{t})) + f_{cn} \end{cases}$$

В качестве примера с использованием разработанного компьютерного моделирования рассчитаны два характерных варианта колебаний прямоугольного крыла в плане: ось вращения проходит по передней кромке; по задней кромке с амплитудой углового отклонения $\gamma_0 = 5^\circ$.

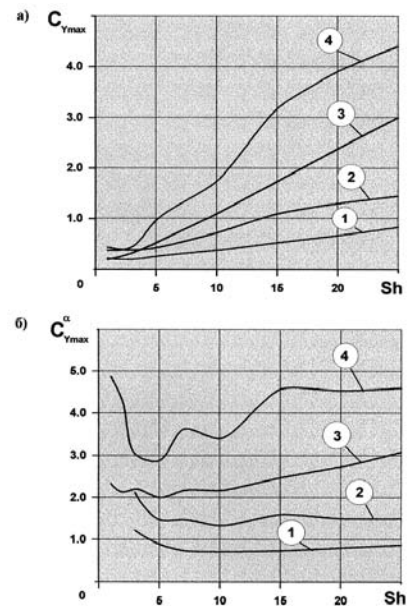


Рис. 4. Функции коэффициента подъемной силы C_{Ymax} (а) и его производной по углу атаки C_{Ymax}^α (б) вращательно колеблющегося прямоугольного крыла: относительно задней (1 — $\lambda_{кр} = 2$; 2 — $\lambda_{кр} = 10$) и передней кромки (3 — $\lambda_{кр} = 2$; 4 — $\lambda_{кр} = 10$)

Результаты расчетов коэффициента подъемной силы крыла C_Y в зависимости от числа Струхала и ее производной по углу атаки C_Y^α показали, что амплитуда изменения подъемной силы при вращательных колебаниях относительно передней кромки в 2—3 раза превышает аналогичные значения при колебаниях

крыла относительно задней кромки в зависимости от числа Струхала (рис. 4, а, б).

Заключение. На основе разработанного компьютерного моделирования созданы расчетная модель и компьютерная программа определения нестационарных АГДХ крыльев при различных видах колебаний и оценки переменных моментно-силовых нагрузок на судовых крыльевых конструкциях, обеспечивающие выбор характеристик прочности конструкций и

прогнозирование уровня интенсивности генерации ими шумоизлучения на базе оптимального выполнения требований эксплуатации [4].

Проведенные расчеты по разработанной программе доказали эффективность ее использования для создания судовых и корабельных крыльевых конструкций любой формы.

Литература

1. Старцев С. Б. Перспективы комплексного решения проблем нестационарной гидроаэродинамики судовых крыльевых конструкций

на основе компьютерного прогнозирования // Судостроение. 2000. № 4.

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. Проблемы снижения интенсивности вибрации корабельного руля // Судостроение. 2000. № 6.

4. Старцев С. Б. Программа расчета гидродинамических нагрузок на рулях и стабилизаторах в пограничном слое корпуса корабля // Вестник технологии судостроения. 2000. № 7.

DOWN FLOODING ANGLE — A QUASI-STATIC METHOD

A. R. Kar, Indian Register of Shipping, Mumbai, India

Журнал «Судостроение» имеет подписчиков и читателей не только в России и бывших республиках СССР, но и в дальнем зарубежье. Редакция получает от иностранных фирм и организаций информационные материалы, пресс-релизы, научные статьи.

А. Р. Кар, автор публикуемой ниже статьи «Угол заливания — квазистатический метод» — сотрудник Индийского Регистра Судоходства.

Как отмечают в своем отзыве на статью специалисты ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, описанный алгоритм расчета угла заливания неповрежденного судна через нижнюю кромку открытого отверстия является упрощенным частным случаем более общего метода, изложенного в статье В. А. Маркова, Ю. М. Фишкиса и Я. М. Элиса «Расчеты статики судна на бортовой ЭВМ» (Труды ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. 1997. Вып. 4 (288)). Этот метод реализован в виде программ, входящих в САПР «Проект 1» и используемых в отечественной судостроительной отрасли более десяти лет. Метод используется также в программах, предназначенных для оперативного контроля остойчивости на борту судна.

С практической точки зрения создание предлагаемой автором весьма громоздкой программы для решения одной частной задачи вряд ли целесообразно. Ведь, если предварительно вычислять не только водоизмещение и продольную координату центра величины, как предлагает автор, но еще и две другие его координаты, то с помощью полученной матрицы чисел можно вычислять не только углы входа точек в воду, но и строить диаграммы остойчивости судна и более точно определять его равновесные положения, не прибегая к упрощенному методу, который использует автор, приравнивая продольные координаты центра тяжести и центра величины. Кстати, это допущение лишает программу универсальности, так как для таких плавучих сооружений, как разного рода платформы, влиянием вертикальной координаты центра тяжести на величину дифферента при заданном угле крена ни в коем случае пренебрегать нельзя...

Имея в виду международный характер нашего журнала, как и судостроения в целом, статья печатается на английском языке.

ABSTRACT. Determination of down flooding angle as defined later in this paper, is essentially required for demonstration of the compliance of IMO criteria for intact and damaged stability of floating vessels.

In many occasion as observed by the author, being a surveyor of ship classification society, this parameter (i. e. down flooding angle) is ascer-

tained under various assumptions, the reason may be to simplify the exercise or due to lack of adequate understanding of the physics associated with the phenomenon.

This paper describes an algorithm for determination of the down flooding angle by quasi-static method based on the principle of physics of free floating body.

The method, presented here, is able to do away with the assumptions which are very commonly resorted to in practice such as the waterline rotates about the point on the centre line of the ship at the water level in up-right condition (i.e. constant displacement is not maintained) or the trim does not alter when the ship heels (i.e. defy the fixed location of the longitudinal center of gravity).

INTRODUCTION. The IMO Resolution No. A.749(18) refers to the term 'angle of down flooding q_f ' in relation to the stability criteria mentioned therein.

The 'angle of down flooding' is defined as angle of heel at which openings in the hull, superstructures or deck-houses which cannot be closed weathertight immerse.

There may exist several openings in the ship's hull which are not closed weathertight and ingress of water may take place through those. Here, the problem is to determine the angle of heel at

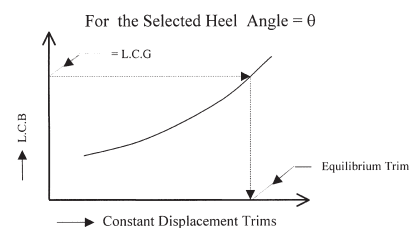


Fig. 1

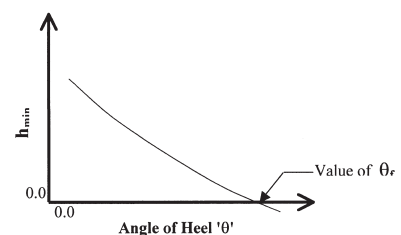


Fig. 2

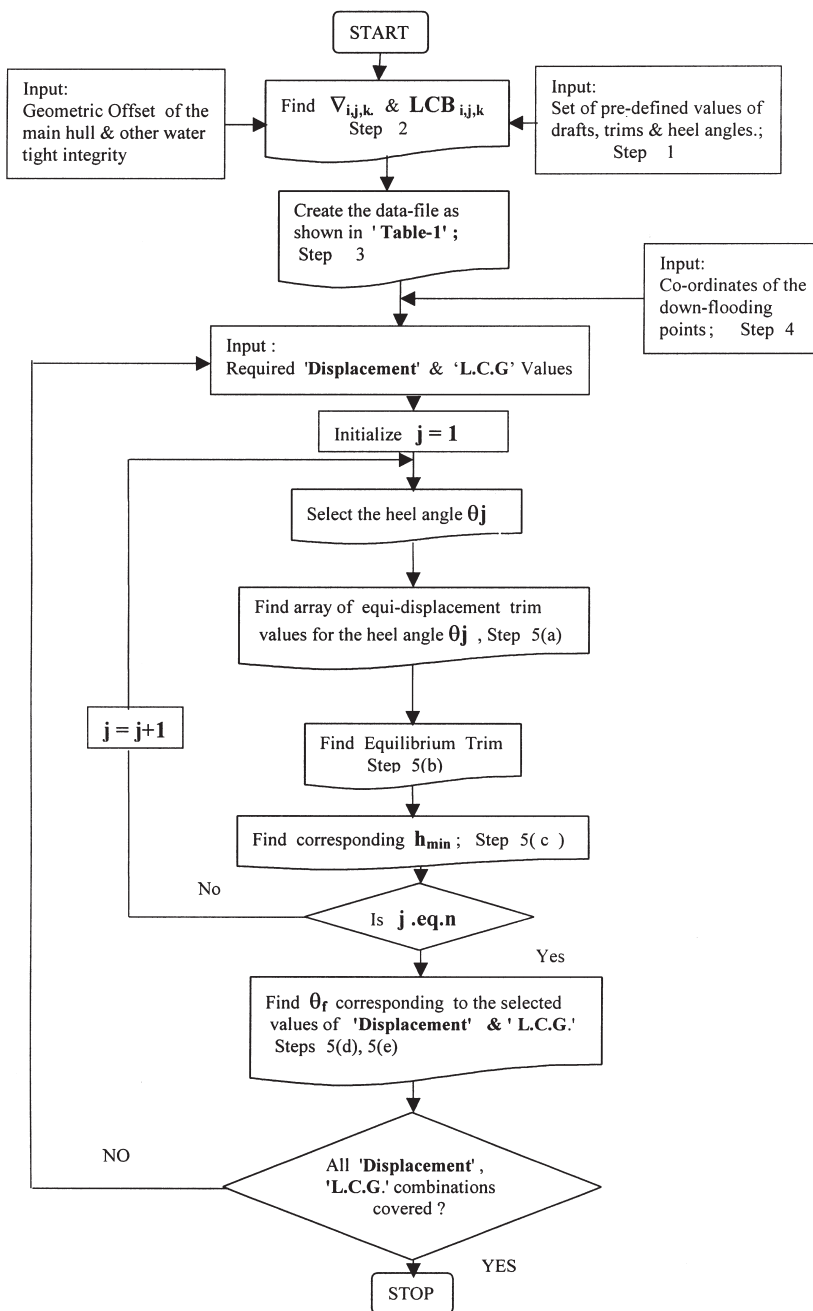


Fig. 3

which any one or more of such openings does/do get immersed under free floating condition. It may please be noted that determination of this angle of heel is a prerequisite for demonstration of compliance of the IMO stability criteria, e.g. one is quoted here as under.

«The area under the righting lever curve should not be less than 0.055 metre-radian up to $\theta = 30^\circ$ angle of heel and not less than 0.09 metre-radian up to $\theta = 40^\circ$ or the angle of flooding if this angle is less than 40° . Additionally, the area under the right-

ing lever curve between the angles of heel of 30° and 40° or between 30° and θ_f , if this angle is less than 40° , should not be less than 0.03 metre-radian.»

METHOD. The algorithm proceeds as follows.

Step 1. A set of predefined values of drafts, angle of heels, angle of trims are considered — e. g. No. of drafts = m ; No. of heels = n ; No. of trims = r .

Step 2. Displacement and Longitudinal Center of Buoyancy are determined for the vessel in the orien-

tation to each combination of pre-defined drafts, heel and trim values. Needless to mention here that the computation involved in this step is quite large (i. e. Total No. of Sets = No. of Drafts x No. of Heels x No. of Trims) and therefore suggested to be carried out by appropriate computer routine as the manual calculation will be extremely tedious to accomplish. Also the accuracy of the calculation will be enhanced by using a good computer routine. This routine may be integrated as a subroutine to the main program of complete stability calculations.

The calculation can be carried out by integration in either vertical or longitudinal direction.

In case of vertical integration, the offset of the horizontal section (i. e. waterlines) is obtained from ship's geometry and then the area of the waterplane (WP_{area}) and its Longitudinal Center of Floatation (WP_{lcf}) are determined at various vertical levels.

$$y = f_1(x, z);$$

$$\text{Width of waterline} = f_2(y, \theta, \phi) = f_2(x, y, z, \theta, \phi);$$

$$WP_{area} = \int_{-L/2}^{L/2} f_2(x, y, z, \theta, \phi) dx = f_3(z, \theta, \phi);$$

$$\nabla_{T, \theta, \phi} = \int_0^T f_3(z, \theta, \phi) dz = f_4(T, \theta, \phi);$$

$$WP_{lcf} = \left\{ \int_{-L/2}^{L/2} x * f_2(x, y, z, \theta, \phi) dx \right\} \div$$

$$\div \left\{ \int_{-L/2}^{L/2} f_2(x, y, z, \theta, \phi) dx \right\} =$$

$$= f_3(z, \theta, \phi);$$

$$LCB_{T, \theta, \phi} = \left[\int_0^T \{ f_3(z, \theta, \phi) * f_5(z, \theta, \phi) \} dz \right] \div$$

$$\div f_4(T, \theta, \phi) = f_5(T, \theta, \phi).$$

In Case of Longitudinal Integration, the sectional area of transverse sections (TS_{area}) are determined at various longitudinal positions

$$TS_{area} = f(x, T, \theta, \phi);$$

TABLE 1

No. of Drafts = m; No. of Heels = n; No. of Trims = r

Draft	Heel	Trim	Displacement	L.C.B.
$T_{(i)}$ $i = 1, m$	$\theta_{(i,j)}$ $i = 1, m; j = 1, n$	$\phi_{(i,j,k)}$	$\nabla_{(i,j,k)}$	$lcb_{(i,j,k)}$
$i = 1, m; j = 1, n; k = 1, r$				
T_1	$\theta_{(1,1)}$	$\phi_{(1,1,1)}$	$\nabla_{(1,1,1)}$	$lcb_{(1,1,1)}$
T_1	$\theta_{(1,1)}$	$\phi_{(1,1,2)}$	$\nabla_{(1,1,2)}$	$lcb_{(1,1,2)}$
T_1	$\theta_{(1,1)}$	.....	.....	.....
T_1	$\theta_{(1,1)}$	.....	.....	.....
T_1	$\theta_{(1,1)}$	$\phi_{(1,1,r)}$	$\nabla_{(1,1,r)}$	$lcb_{(1,1,r)}$
T_1	$\theta_{(1,2)}$	$\phi_{(1,2,1)}$	$\nabla_{(1,2,1)}$	$lcb_{(1,1,1)}$
T_1	$\theta_{(1,2)}$	$\phi_{(1,2,2)}$	$\nabla_{(1,2,2)}$	$lcb_{(1,2,2)}$
T_1	$\theta_{(1,2)}$	$\phi_{(1,2,3)}$	$\nabla_{(1,2,3)}$	$lcb_{(1,2,3)}$
T_1	$\theta_{(1,2)}$	.....	.....	.....
T_1	$\theta_{(1,2)}$	.....	.....	.....
T_1	$\theta_{(1,2)}$	$\phi_{(1,2,r)}$	$\nabla_{(1,2,r)}$	$lcb_{(1,2,r)}$
T_1	.....	.....	.....	.....
T_1	.....	.....	.....	.....
T_1	$\theta_{(1,n)}$	$\phi_{(1,n,1)}$	$\nabla_{(1,n,1)}$	$lcb_{(1,n,1)}$
T_1	$\theta_{(1,n)}$	$\phi_{(1,n,2)}$	$\nabla_{(1,n,2)}$	$lcb_{(1,n,2)}$
T_1	$\theta_{(1,n)}$	.....	.....	.....
T_1	$\theta_{(1,n)}$	.....	.....	.....
T_1	$\theta_{(1,n)}$	$\phi_{(1,n,r)}$	$\nabla_{(1,n,r)}$	$lcb_{(1,n,r)}$
=====				
T_m	$\theta_{(m,1)}$	$\phi_{(m,1,1)}$	$\nabla_{(m,1,1)}$	$lcb_{(m,1,1)}$
T_m	$\theta_{(m,1)}$	$\phi_{(m,1,2)}$	$\nabla_{(m,1,2)}$	$lcb_{(m,1,2)}$
T_m	$\theta_{(m,1)}$	.....	.....	.....
T_m	$\theta_{(m,1)}$	.....	.....	.....
T_m	$\theta_{(m,1)}$	$\phi_{(m,1,r)}$	$\nabla_{(m,1,r)}$	$lcb_{(m,1,r)}$
T_m	.....	.....	.....	.....
T_m	.....	.....	.....	.....
T_m	$\theta_{(m,n)}$	$\phi_{(m,n,1)}$	$\nabla_{(m,n,1)}$	$lcb_{(m,n,1)}$
T_m	$\theta_{(m,n)}$	.....	.....	.....
T_m	$\theta_{(m,n)}$	.....	.....	.....
T_m	$\theta_{(m,n)}$	$\phi_{(m,n,r)}$	$\nabla_{(m,n,r)}$	$lcb_{(m,n,r)}$

$$\nabla_{T,\theta,\phi} = \int_{-L/2}^{L/2} f(x, T, \theta, \phi) dx = f_4(T, \theta, \phi);$$

$$LCB_{T,\theta,\phi} = \left[\int_{-L/2}^{L/2} x * f(x, T, \theta, \phi) dx \right] \div f_4(T, \theta, \phi) = f_6(T, \theta, \phi).$$

Step 3. A data file as shown in Table 1 is created compiling the results of all previous computation done in step 2.

Step 4. Another data file is created having information of all the down flooding points (e. g. air pipe opening, door opening etc.) along with their respective co-ordinates i.e. positions w.r.t. longitudinal, transverse and vertical directions — $dx_l, dy_l, dz_l; l = 1, p$; where 'p = Total no. of down flooding points'.

Step 5. Now, the down-flooding angle for a specified Displacement and L.C.G. combination is determined as follows:

a) for each pre-defined value of angle of heel q , all the possible angle of trims which satisfy the equality of the specified displacement (i.e. constant displacement) are determined and the corresponding L.C.B. values are obtained by interpolating appropriately the data from Table 1 of step 3. These values are plotted as shown in Fig. 1;

b) from the array of 'Constant Displacement Trim' values obtained from (a) above, the value of the trim for which the equality 'L.C.B.= L.C.G.' holds good is ascertained. — this provides the value of trim corresponding to statically equilibrium condition in the selected heel angle and for the specified Displacement and L.C.G. values;

c) in the orientation of statically equilibrium trim condition, as determined in (b), the vertical height (hl) above waterline for each of the down flooding point is determined:

$$H_l = [\{ (dz_l - T) - dx_l * \tan\phi \} - dy_l * \tan\theta] * \cos\theta .$$

Then the minimum value (h_{min}) of all such heights is obtained.

$H_{min} = \min [h_l; l = 1, \dots, p]$; where p = total no. of down flooding points;

d) Similarly for each pre-defined value of angle of heel the procedures of sub-steps (a) through (c) are repeated and the corresponding value of minimum height of the down flooding points (h_{min}) is obtained;

e) now, the angle of heel ' θ_s ' Vs. corresponding ' h_{min} 's are plotted, as shown in Fig. 2, from which the angle of heel corresponding to ' $h_{min} = 0$ ' is found. This gives the desired 'down flooding angle θ_f ';

f) similarly for any desired combination of 'Displacement' and 'L.C.G.' values, the corresponding down flooding angle can be determined by following the steps (a) through (e) above.

A flow chart of the above procedure is given in Fig. 3.

CONCLUSION. The author is hopeful that the readers would agree with the view that that the algorithm as described in this paper involves no assumption in the determination of down flooding angle for hydro-statically supported free floating vessel. However, the accuracy of the results depend very much on the consideration of interval and range of the values of the initial parameters, indicated in 'step 1' and also on the accuracy

cy of the values of displacement and longitudinal centre of buoyancy as stated in step 2. The computer coding as required for this algorithm is quite straight forward involving only interpolation and integration routines. Of course, one should take adequate care in developing the codes effective enough to provide guidance to the user to select appropriate range of the input parameter values for dependable and reliable output result. A good program would require negligible time to output the desired result by the

widely available personal computer of present age.

NOMENCLATURE: IMO — 'Inter Governmental Maritime Organization'; X — Longitudinal Distance from Midship; Y — Breadths of Waterplane normal to Z-axis (i. e. corresponding to upright condition); Z — Height above base line along the center line of the ship; (i. e. Height in upright condition); T — Mean Draft at Midship (mean of port & stbd. drafts); θ — Angle of Heel; ϕ — Angle of Trim; $f_n()$ — Function of (.....); ∇ —

Volume of Displacement; LCB — Longitudinal Centre Of Buoyancy; LCG — Longitudinal Centre Of Gravity; (dx,dy, dz) — Co-ordinate of the down flooding points w.r.t. X-Y-Z axes; i — Suffix for No. of Drafts; j — Suffix for No. of Heels; k — Suffix for No. of Trims; l — Suffix for No. of Down Flooding Points; h — Vertical Height of Down Flooding Points above Waterline; h_{min} — Minimum of the values of heights (i.e. 'h',s) of down flooding points.; θ_f — Down Flooding Angle; * — Multiplication Sign. □

БИРОТОРНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ — ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВОГО КОМПЛЕКСА

В. Б. Жинкин, канд. техн. наук (СПб ГМТУ)

УДК 629.12.03

В Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете разработана концепция многофункционального движительно-рулевого комплекса (МФ ДРК). Кратко идея сводится к следующему: возможности подводного аппарата (ПА) многократно расширяются, если обеспечить ему способность перемещения не только в толще воды и по ее поверхности, но и по дну водоема, а

также самостоятельного выхода на берег и движения по нему [1].

Наиболее простым решением задачи является создание совмещенного движителя, одни элементы которого служат для движения в воде, другие — по дну и на суше. При этом желательно, чтобы с помощью движителей можно было осуществлять и маневрирование без использования специальных рулевых устройств. Оба элемента совмещенного движителя — сухопутный и гидродинамический — должны быть соосными и иметь один и тот же механический привод.

Известно, что простейшим и самым надежным сухопутным движителем является колесный. Если его принять в качестве соответствующего элемента совмещенного движителя, то гидродинамический движитель, отвечающий приведенным выше требованиям, должен иметь ось, нормальную к направлению движения. При этом МФ ДРК будет представлять собой самоходное шасси, имеющее четыре совмещенных движителя, расположенных по два по борту. Как минимум два из них, симметричные относительно диаметральной плоскости ПА, должны быть ведущими, приводимыми в движение автономными двигателями.

Известны два судовых движителя, оси которых перпендикулярны к направлению движения: гребное колесо и крыльчатый движитель. Пер-

вый из них — полупогруженный и в силу этого обстоятельства не подходит, второй, крыльчатый, вообще-то удовлетворяет необходимым требованиям, однако он имеет весьма сложную конструкцию, значительные габариты и массу. В [1] в качестве гидродинамического элемента совмещенного движителя было предложено модифицированное гребное колесо. В настоящей работе для использования в тех же целях рассматривается бироторный движитель (БРД).

Конструкция БРД напоминает хорошо известный крыльчатый движитель. Однако рабочими элементами его являются вращающиеся цилиндры — роторы. При этом используется эффект Магнуса — на расположенном в поперечном по-

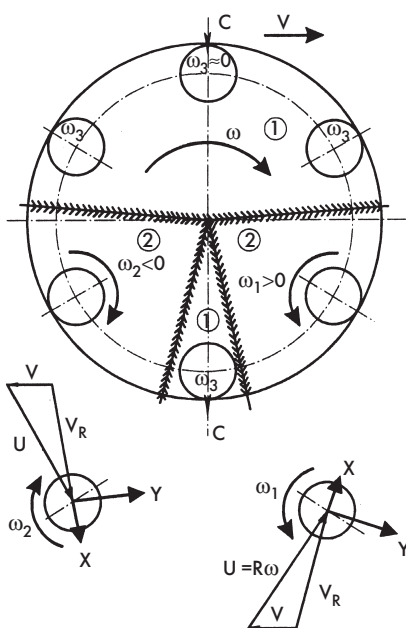


Рис. 1. Принципиальная схема бироторного движителя

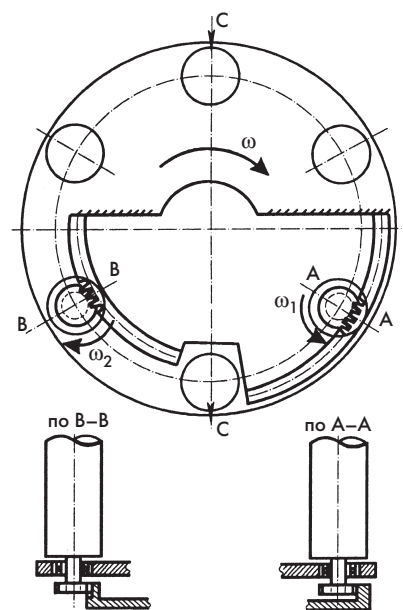


Рис. 2. Вариант технической реализации бироторного движителя

токе роторе возникает подъемная сила. Значительное увеличение этой силы достигается установкой шайб — соосных дисков большего, чем ротор, диаметра [2].

Принципиальная схема БРД приведена на рис. 1. По окружности радиуса R диска ведущего колеса установлены вертикальные цилиндры — роторы. Колесо вместе с роторами поступательно движется со скоростью V и вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω , а роторы вращаются относительно колеса с угловой скоростью ω_r . Имеются две нерабочие 1 и две рабочие 2 зоны. В симметричных рабочих зонах роторы принудительно вращаются в противоположные стороны. Они обтекаются поперечным потоком, скорость которого V_R равна сумме скоростей поступательной V и окружной $U = \omega R$. При этом на роторах возникают подъемная сила Y и сила сопротивления X . В нерабочих зонах роторы движутся в режиме автототации, и на них действуют только силы сопротивления. Этот вариант простейший, однако, в принципе, может быть рассмотрен и другой, когда роторы принудительно подкручиваются до частоты, соответствующей минимальным суммарным потерям энергии на работу БРД.

Задача определения гидродинамических характеристик БРД решается в квазистационарной постановке теми же методами, как и при расчете обычного гребного колеса [3] либо модифицированного [1]. В каждый момент времени, т. е. для каждого по окружности положения ротора, рассматриваются мгновенные значения скорости его обтекания и возникающие на роторе мгновенные силы — подъемная и сопротивления движению (см. рис. 1). Проектируя эти силы на соответствующие направления, находят создаваемые рассматриваемым ротором составляющие упора T самого движителя и момента Q сопротивления его вращению. Интегрируя указанные составляющие на всех роторах в рабочей зоне, добавляя сопротивление роторов в нерабочей зоне, затем можно определить упор и момент движителя в целом. При этом сила упора T всегда нормальна к линии, делящей диск ведущего колеса на две симметричные части (на рис. 1 — вертикальный диаметр $S-C$). Поворот этой линии

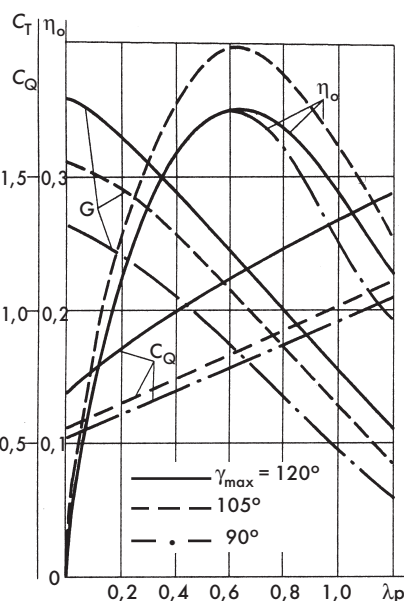


Рис. 3. Гидродинамические характеристики бироторного движителя

симметрии будет приводить к соответствующему изменению направления упора, т. е. придаст БРД свойство средства управления. Действительно, изменение величины и направления сил упора на симметрично расположенных относительно ДП бироторных движителях позволит осуществлять маневрирование подводного аппарата в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Чтобы конструкция БРД была в максимальной степени простой, принудительное вращение роторов в необходимом направлении обеспечивается с помощью соосных с ними шестерен, которые перемещаются по неподвижным зубчатым секторам (рис. 2). Последние, связанные с корпусом ПА, могут поворачиваться относительно оси БРД и устанавливаться в заданном положении, изменяя соответственно направление упора БРД и превращая его в средство управления.

Гидродинамические характеристики (ГДХ) бироторного движителя определяются большим числом независимых величин. В первую очередь это геометрические характеристики различных элементов БРД: диаметр ведущего колеса по осям роторов $D = 2R$; диаметр d_r и высота l_r ротора; диаметр d_d шайб, установленных на роторе; количество роторов Z_r и шайб Z_d на одном роторе; передаточное число i пары: шестерня ротора — зубчатый сектор; γ_{min} и γ_{max} — углы, со-

ответствующие началу и концу рабочей зоны; протяженность рабочей зоны: $\gamma_w = \gamma_{max} - \gamma_{min}$.

В свою очередь, режим работы БРД определяется следующими кинематическими характеристиками: относительная поступь $\lambda_p = V/U$; относительная скорость ротора $\bar{U}_r = U_r/V_R$; относительная скорость ротора на швартовах $\bar{U}_{r0} = U_r/U$ при $V = 0$.

Была произведена оценка ГДХ для БРД, имеющего следующую геометрию: $D = 0,4$ м; $d_r/D = 0,1$; $d_d/d_r = 2,0$; $l_r/d_r = 4,5$; $Z_d = 2$; $Z_r = 4$.

Коэффициенты упора C_T и момента C_Q , а также КПД в зависимости от относительной поступи определялись по формулам:

$$C_T = T/\rho n^2 D^2 F_p; C_Q = Q/\rho n^2 D^3 F_p;$$

$$\eta_0 = (C_T/C_Q) (\lambda_p/2),$$

где n — частота вращения БРД; $F_p = (D + d_d) \cdot l_r$ — площадь гидравлического сечения БРД.

Необходимые для расчета ГДХ БРД значения коэффициентов подъемной силы C_Y и сопротивления C_X роторов с концевыми шайбами рассчитывались в функции от U_r . Момент сопротивления вращению ротора с концевыми шайбами находился в функции от числа Рейнольдса. При этом использовались экспериментальные данные, приведенные в [2, 4, 5].

Результаты оценок ГДХ для трех вариантов БРД ($\gamma_{min} = \text{const} = 15^\circ$; $\gamma_{max} = 90^\circ, 105^\circ, 120^\circ$) приводятся на рис. 3. Характер изменения коэффициента упора и КПД движителя в зависимости от относительной поступи обычный. Коэффициент момента растет с ростом поступи. Это объясняется тем, что большая часть мощности затрачивается на вращение роторов, частота которого не зависит от скорости движения.

Увеличение протяженности рабочей зоны приводит к ожидаемому росту коэффициентов упора и момента (см. рис. 3). Однако для рассматриваемого варианта БРД эффективность имеет максимум в районе $\gamma_{max} = 105^\circ$. Подобная картина наблюдается и для других углов, соответствующих началу рабочей зоны. Таким образом, каждому значению указанного угла отвечает оптимальная, с точки зрения КПД, протяженность рабочей зоны.

Предварительные оценки показывают, что в целом эффектив-

ность БРД невелика. В частности, это объясняется тем, что качество ($k = C_Y/C_X$) ротора значительно меньше, чем у крыла. Поэтому по КПД БРД скорее всего будет уступать крыльчатому движителю, который, как известно, находит применение в качестве движительно-рулевого комплекса и на подводных аппаратах, где, кстати, хорошо себя зарекомендовал.

Хорошо известно, что коэффициент подъемной силы ротора существенно больше, чем у обычного крыла. Это позволяет получить вы-

сокие значения коэффициента упора, что при ограниченных габаритах движителя может играть важную, если не определяющую роль. Кроме того, с ростом габаритов эффективность БРД будет возрастать за счет увеличения числа Рейнольдса и соответственного достаточно ощутимого снижения потерь на вращение роторов.

Указанные обстоятельства, наряду с относительно простой конструкцией БРД, дают основание полагать, что этот тип движителя в некоторых случаях может найти применение.

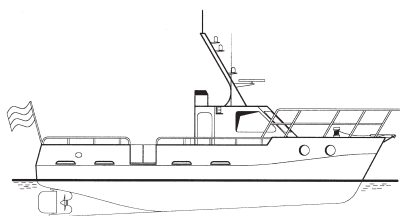
Литература

1. Жинкин В. Б. Движительно-рулевой комплекс для амфибного подводного аппарата // Судостроение. 2000. № 5.
2. Алферьев М. Я. Судовые движители. М.: Речгиз, 1947.
3. Хорошанский Г. М. К вопросу использования вращающегося цилиндра в качестве элемента, заменяющего судовой руль // Труды ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. 1965. Вып. 221.
4. Алчуджан Г. А., Жинкин В. Б., Лузянин А. А. Аэродинамические характеристики вращающихся цилиндров // Труды ЛКИ. Проблемы мореходности морских судов и сооружений. 1985.
5. Дорфман А. А. Гидродинамическое сопротивление и теплоотдача вращающихся тел. М.: ГИФМЛ, 1960.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОМЫСЛОВЫЕ СУДА ИЗ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

19 декабря 2002 г. в ФГУП ЦНИИТС состоялась презентация следующих малых промысловых судов, корпуса которых изготавливаются из полимерного композиционного материала (ПКМ):

- судно-постановщик орудий лова, назначение которого поставка пассивных орудий лова, бук-



Судно-постановщик орудий лова

сировка несамоходных лодок в район промысла, временное размещение экипажей лодок (до 6 чел.);

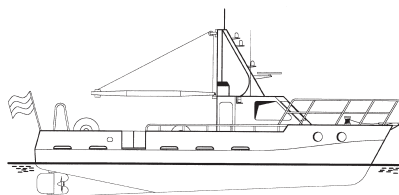
- морской промысловый бот, предназначенный для лова рыбы разноглубинными тралами, хранения улова в цистернах в льдодояной смеси, доставки улова в порт;

- рыбопромысловый бот для лова рыбы ставными и дрейферными сетями, ярусом или тралом, доставки улова в рефрижераторном трюме в таре с пересыпкой улова льдом, передачи улова на транспортные суда или доставке его в порт;

- малое добычное судно, спроектированное для лова рыбы разноглубинными тралами, хранения улова в рефрижераторном трюме в таре с пересыпкой улова льдом, доставка улова в порт;

- малое добычное судно морозильное, назначение которого — лов рыбы разноглубинными тралами, прием улова от добывающих судов, разделка, заморозка и транспортировка мороженой продукции в порт или сдача улова на транспортные суда.

Представленные варианты судов, их типаж и основные характеристики (см. таблицу) определялись на основе обобщения предложений судовладельцев различных регионов страны, анализа тенденции развития



Морской промысловый бот

промышленного рыболовства в России и за рубежом.

В настоящее время рыболюбческие предприятия промышленно развитых стран в практике прибрежного рыболовства отдают предпочтение судам с корпусом из ПКМ. Это вызвано тем, что такие суда имеют неоспоримые преимущества перед судами с металлическим корпусом:

- возможность формирования корпуса сложной геометрической формы без набора для судов длиной до 20 м или со шпацией 1200—1500 мм для судов длиной более

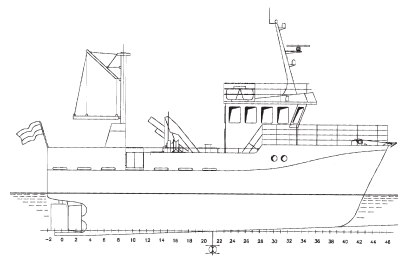
20 м. Это обеспечивает увеличение грузовместимости (в 1,5—2 раза) и достижение высоких ходовых и маневренных качеств судна;

- отсутствие необходимости коррозионной защиты, что приводит к снижению стоимости затрат при строительстве и эксплуатации судна;

- снижение массы корпуса, что позволяет увеличить грузоемкость судна и обеспечить ее оптимальное сочетание с высокой маневренностью и скоростью хода судна;

- возможность увеличения периодичности проведения доковых осмотров и ремонтов до четырех лет, а капитального ремонта до 12 лет с учетом затрат на ремонтно-восстановительные работы будет способствовать резкому сокращению эксплуатационных затрат на проведение этих работ (до трех раз).

Основным конструктивным материалом для изготовления корпуса судов принят перспективный ПКМ трехслойной структуры малой плотности. Применение данного материала



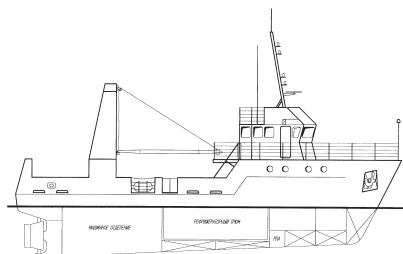
Рыбопромысловый бот

и оснащение судов современным оборудованием для комплексной добычи и переработки морепродуктов, энергетической установкой и радиоэлектронной аппаратурой позволит создать конкурентоспособные варианты судов.

Основные характеристики малых промысловых судов с корпусом из ПКМ					
Характеристики	Судно— постановщик орудий лова	Морской промысловый бот	Рыбопромысло- вый бот	Малое добычное судно	Малое добычное судно морозильное
Класс судна	М1.1. Правил классификаций маломерных судов, 1998 г.	КМ ⚙ ЛУ2 II АЗ, рыболовное	КМ ⚙ ЛУ2 II СП, рыболовное	КМ ⚙ ЛУ2 I АЗ, рыболовное	КМ ⚙ ЛУ2 I АЗ, рыболовное
Район плавания	Прибрежная зона с удалением до 20 миль, реки, озера	II ограниченный	II ограниченный	I ограниченный	I ограниченный
Длина наибольшая, м	14,0	15,0	17,2	26,0	30,0
Длина между перпендикулярами, м	12,0	13,5	15,0	22,2	28,2
Ширина, м	3,2	3,2	5,2	6,8	9,0
Высота борта, м	1,7	1,7	3,0	3,6	3,8
Осадка, м	1,1	1,3	1,6	2,7	2,9
Скорость хода, уз	8	11	9	11	11
Энергоустановка (тип, мощность, кВт)	ДРА, 54; генератор, 5	ДРА, 151; 2ДГ по 70	ДРА, 110; ДГ, 30	ДРА, 610; ВГ, 108; ДГ 108 и 80	ДРА, 920; ВГ, 160; 2 ДГ по 135
Автономность, сут	3	3	5	10	20
Экипаж, чел.	2 и 6 (экипажи лодок)	3	5	7	16
Емкость трюма, м ³	8	18 t° = -1 °C	53 t° = -1 °C	108 t° = -1 °C	200 t° = -25 °C
Рыбообрабатывающее оборудование	—	Цистерны со льдоводяной смесью	Шкерочный стол, пластмассовые ящики	Сортировочная машина, пластмассовые ящики	Морозильный аппарат 20 т/сут; разделочная ма- шина, упаковка, транспортировка
Рыбопоисковая аппаратура	—	Рыбопоисковый эхолот	Рыбопоисковый эхолот	Гидролокатор, эхолот, система контроля орудий лова	Гидролокатор, эхолот, система контроля орудий лова

Примечание. ДРА — дизель-редукторный агрегат; ДГ — дизель-генератор; ВГ — валогенератор.

Строительство предлагаемых судов возможно на отечественных верфях и из отечественных материалов. Несмотря на высокую стоимость составляющих ПКМ, в конеч-



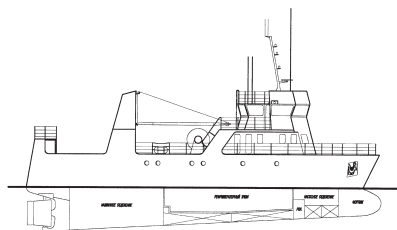
Малое добычное судно

ном итоге затраты на постройку судов с корпусом из ПКМ будет незначительно отличаться от стоимости судов с металлическим корпусом.

Исходя из преимуществ судов с корпусом из ПКМ, можно полагать,

что период их окупаемости сократится в 1,5 раза.

Участники презентации (представители рыболовцевких хозяйств Северо-Западного региона, комитетов по рыбному хозяйству Ленинградской области и Санкт-Петербурга, рыбообрабатывающих предприятий и заводов-строителей) отметили:



Малое добычное судно морозильное

направление строительства судов с корпусом из ПКМ в настоящее время чрезвычайно актуально;

предлагаемые варианты судов с корпусом из ПКМ отвечают современным тенденциям обновления флота прибрежного рыболовства; предпочтительным вариантом судов для рыбаков Ленинградской области и Санкт-Петербурга могут рассматриваться суда длиной до 15 м; поставка флоту судов с корпусом из ПКМ длиной до 15 м является одной из приоритетных задач формируемой программы обновления рыбопромыслового флота до 2010 г. Ленинградской области и Санкт-Петербурга.

В результате обмена мнениями участники презентации пришли к единому мнению о целесообразности объединения усилий всех заинтересованных организаций с целью строительства маломерных судов с корпусом из ПКМ для рыбаков Северо-Западного региона, начиная с 2003 г.

А. А. Исаев, канд. техн. наук

Читатель предлагает

СВЕРХСКОРОСТНОЕ СУДНО КАК ЭЛЕМЕНТ ПАРОМНОЙ ЛИНИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ— КАЛИНИНГРАД

Сегодня у всех «на слуху» проблема обеспечения устойчивых транспортных связей с Калининградской областью. В этой связи необходимо иметь в виду, что постоянно действующая паромная переправа может обеспечить значительные преимущества по сравнению с наземным транспортом.

Прежде всего, не потребуется пересекать границы, что означает полное отсутствие таможенных платежей. Далее, общеизвестно, что при достаточном грузопотоке морской транспорт является более дешевым, чем любой наземный. Для пассажиров поездка морем не потребует визовых формальностей. Кроме того, перевозка любых грузов не будет связана с процедурой доказательства их необходимости представителям сопредельных государств.

Представляется, что на паромной линии Санкт-Петербург—Калининград должны работать несколько различных судов. Прежде всего, с учетом заморзания Финского залива, необходим достаточно крупный паром ледового плавания, переводящий железнодорожные составы и (или) грузовики. Такой паром (паромы) сможет поддерживать линию круглогодично и обеспечит транспортные потребности промышленности Калининградской области как части России.

Кроме того, представляется целесообразным иметь скоростной пассажирский (либо перевозящий небольшое количество легковых автомобилей вместе с пассажирами) паром, работающий в безледовый период.

Однако создание такого парома должно вызвать затруднения, если оставаться в рамках набора известных технических решений. Дело в том, что при достигнутых на сегодня предельных скоростях паромов (до 50—60 уз или около 100 км/ч) и расстоянии между рассматриваемыми портами около 600 миль, рейс займет не менее 10—12 ч. Это значит, что пассажиры должны разме-

щаться на судне в каютах, что приводит к достаточно большим размерам судна, значительным затратам энергоресурсов, высокой стоимости постройки и эксплуатации. Кроме того, на конечных участках линии скорость крупного скоростного судна будет ограничена величиной генерируемых им волн, а возможно — и мелководьем.

Возможным вариантом решения проблемы скоростного парома для линии Санкт-Петербург—Калининград является использование «сверхскоростного» судна нового типа, запатентованного в России: «рассекающего волны» тримарана — полужанкоплана (РВТ)¹.

Это судно рассчитано на скорости, примерно вдвое превышающие предельные для известных судов других типов (кроме судов на воздушной подушке) и отличается от последних возможностью применения традиционных технологий, что обеспечивает меньшую стоимость постройки. Имея меньшую скорость, чем экранопланы, РВТ отличается большой безопасностью, лучшей управляемостью и более высоким пропульсивным коэффициентом — благодаря постоянному контакту с



Сверхскоростной «рассекающий волны» тримаран-полужанкоплан: пассажироместимость 1000 чел., скорость 100 уз на тихой воде, при волнении 5 бал — 60 уз

водой. Кроме того, РВТ движется в режиме полного глиссирования (число Фруда по водоизмещению одного корпуса более 6), поэтому вызывает минимальное возмущение свободной поверхности. Это значит, что отпадут обычные для скоростных судов ограничения ско-

рости на начальных участках пути, связанные с размыванием берегов судовыми волнами.

Судя по результатам выполненных автором модельных испытаний в опытовом бассейне и в аэродинамической трубе ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, принятые соотношения размерений и габариты (в основном ширина 35 м) могут обеспечить только относительно невысокое гидроаэродинамическое качество (около 6). Однако на более поздних стадиях проектирования должны быть рассмотрены совместно с эксплуатационниками варианты с большей габаритной шириной, обеспечивающие существенное снижение буксировочного сопротивления и мощности энергетической установки за счет повышения аэродинамической составляющей качества. Приближенно можно считать, что удвоение ширины приводит к такому же повышению суммарного качества.

Для оценки экономики испытанного варианта судна были приняты следующие основные исходные данные: работа в течение 300 сут. в году (как на основной, так и на дополнительной акватории); средняя загрузка 80%; среднее время рейса 8 ч, из них 6 — ходовых; стоимость судна 60 000 \$ за тонну полного водоизмещения; время эксплуатации 15 лет; стоимость энергетической установки 400 \$ за 1 л. с., топлива — 300 \$ за 1 т; налоги 30% дохода.

При этих условиях окупаемость первоначальных и эксплуатационных затрат через три года может быть обеспечена при стоимости билета около 180—200 \$.

С учетом важности для государства обеспечения постоянного и быстрого сообщения с Калининградской областью, представляется возможным ставить вопрос не только о государственной помощи при финансировании постройки, но и о некоторых дотациях при эксплуатации — или снижении налогов на время окупаемости судна.

Кроме того, освоение строительства уникального судна даст возможность его выхода на мировые рынки, где нет аналогичных предложений.

В. А. Дубровский, канд. техн. наук

¹ Патент РФ № 2144882, 1998 г., В. А. Дубровский; патент РФ № 2167077, 1998 г., В. А. Дубровский, Г. Б. Крыжевич.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ — ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛОВ

Н. И. Петров, канд. техн. наук (ГМА им. адмирала С. О. Макарова),
С. Г. Перевошиков, Е. И. Гаврилов (ОАО «Мурманское морское
пароходство»)

УДК 681.518.54:629.561.5

В настоящее время в нашей стране условия эксплуатации судов, включая суда с атомными энергетическими установками (АЭУ), существенно изменились. Календарные графики плановых осмотров и ремонтов не соблюдаются, оборудование стало работать «на отказ», т. е. до предельного состояния, после которого требуется капитальный ремонт или замена. Одним из вынужденных путей повышения рентабельности судов стало сокращение численности экипажей.

Суда с АЭУ являются сложными инженерными сооружениями, работоспособность которых зависит от правильности функционирования системы «человек—машина», поэтому при сокращении численности экипажей должны использоваться компенсационные мероприятия, обеспечивающие безопасность плавания.

Энергетические установки атомных судов представляют собой единую функциональную структуру, обеспечивающую работу судна в любых условиях эксплуатации. Так, атомная паропроизводящая установка (АППУ) имеет водо-водяные реакторы, парогенераторы (ПГ), различные системы и предназначена для преобразования энергии деления ядер урана в тепловую с получением пара соответствующих параметров. Паротурбинная установка включает в себя турбоприводы различного назначения со своими системами и питается паром, выработанным в АППУ.

Взаимодействие структурных элементов установок обеспечивается комплексной системой управления техническими средствами (КСУ ТС) с помощью информационного комплекса и локальных систем автоматики. Операторы контролируют работу установок по приборам, выведенным на местные пульты управления в центральном посту.

Для предотвращения экстремальных ситуаций в составе АЭУ необходимо предусматривать системы или устройства, позволяющие выявлять развивающиеся неисправности и быстро их локализовать, так как возникновение таких отказов не исключе-

но. Диагностирование оборудования в процессе эксплуатации атомной установки осуществляется различными методами [1–4], позволяющими обрабатывать получаемые параметры состояния технических средств, а результаты обработки представлять операторам или передавать автоматическим устройствам.

Известно, что под контролем подразумевается процесс сбора и обработки информации для определения параметров и сопоставления их с номинальными значениями с учетом допусков, а диагностирование заключается в поиске и обнаружении дефектов. Таким образом, диагностика расширяет процесс контроля необходимостью разработки алгоритмов поиска, обнаружения и локализации места неисправности в объекте.

Для технической диагностики необходимо иметь математические модели объектов и их неисправностей и программы проверки технических средств, обслуживающих эти объекты. В системах диагностирования обычно используются рабочие программы объекта и в качестве дополнения к ним — тестовые программы. Первые применяются в процессе использования объекта по назначению, вторые — в перерывах выполнения объектом своих рабочих функций.

Аппаратурный метод технической диагностики объектов может быть реализован встроенными или внешними техническими средствами. Встроенные средства представляют собой дополнительную аппаратуру, входящую в состав объекта контроля и работающую вместе с ним. Внешние средства — это самостоятельная аппаратура, подключаемая к объекту для его проверки.

Аппаратурно-программный метод диагностики, реализуемый с помощью внешних средств, в наибольшей степени подходит для организации диагностики действующего судового оборудования и позволяет выполнять различные функции: подавать стимулирующие сигналы на проверяемый объект, обеспечивать получение информации о состоянии его параметров, обрабатывать поступающие дан-

ные и фиксировать состояние объекта, локализовать место возникшей неисправности.

Техническая диагностика включает в себя решение трех типов задач: определение технического состояния объектов в данный момент времени — задача диагностирования; предсказание технического состояния, в котором окажется объект, — задача прогнозирования; определение технического состояния объекта в некоторый момент в прошлом — задача техногенеза.

На существующих судовых АЭУ к средствам технической диагностики в какой-то мере можно отнести информационно-цифровой комплекс «Полюс» отечественных ледоколов типа «Россия» и информационно-управляющую систему «Даматик» ледоколов типа «Таймыр» совместной финско-российской постройки.

Получение информации в комплексе «Полюс» осуществляется путем «обегающего» контроля параметров АЭУ. При их отклонении от разрешенного значения предусматривается выдача сигнала на засветку соответствующей клавиши вызывного устройства и одновременно звукового сигнала и сигнала на регистрацию в устройство отклонений. При анализе нештатных ситуаций такая возможность комплекса должна была помочь оператору выявлять первопричины их возникновения и возможного последующего развития. К сожалению, эта часть комплекса оказалась неработоспособной и не используется на атомных ледоколах.

В системе «Даматик» необходимые параметры контролируются по видеограмме, вызываемой оператором на экран монитора. Кроме того, по желанию оператора осуществляется одновременная запись нескольких параметров на тренд различной продолжительности. Благодаря этому персонал может оперативно выявлять первопричины различных ситуаций и принимать меры для их исключения.

На ледоколе «Ямал» в процессе совершенствования информационной системы было создано устройство связи комплекса с персональным компьютером; параметры установки стали обрабатываться с его помощью, что обеспечило запись трендов

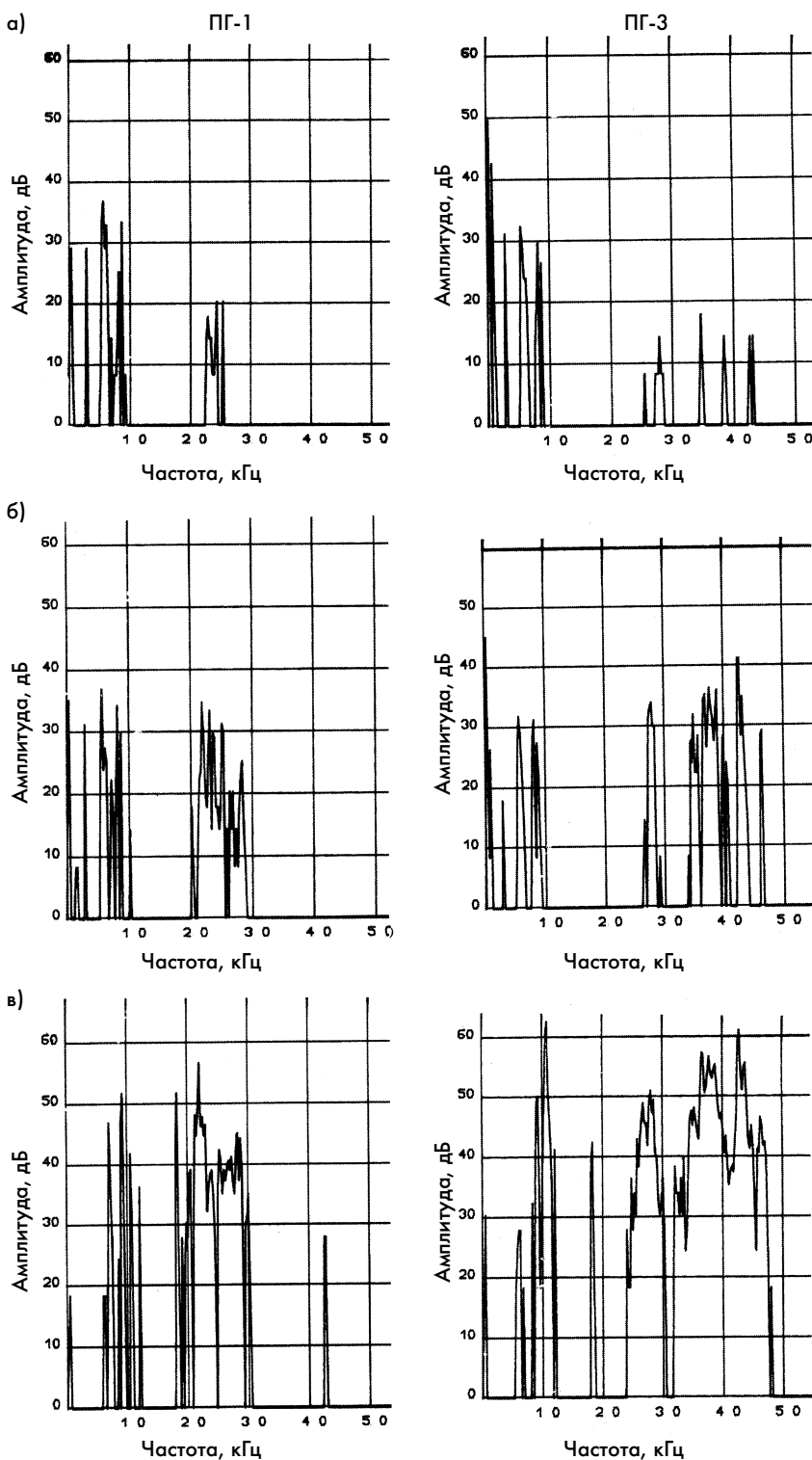


Рис. 1. Спектрограммы шумов ПГ-1 и ПГ-3 на различных режимах в зависимости от мощности развиваемой АППУ: 20% (а), 40% (б) и 80% (в)

нескольких параметров и вывод групповых гистограмм на экран монитора. По существу, удалось получить аналог «черного ящика», позволяющий сохранять значения всех параметров АЭУ в течение не менее 10 мин. Это устраняет недостаток комплекса по

фиксации отклонений параметров, если компьютер будет иметь автономное электропитание.

Кроме комплексов типа «Полюс» или «Даматик», являющихся внешними по отношению к КСУ ТС самостоятельными системами кон-

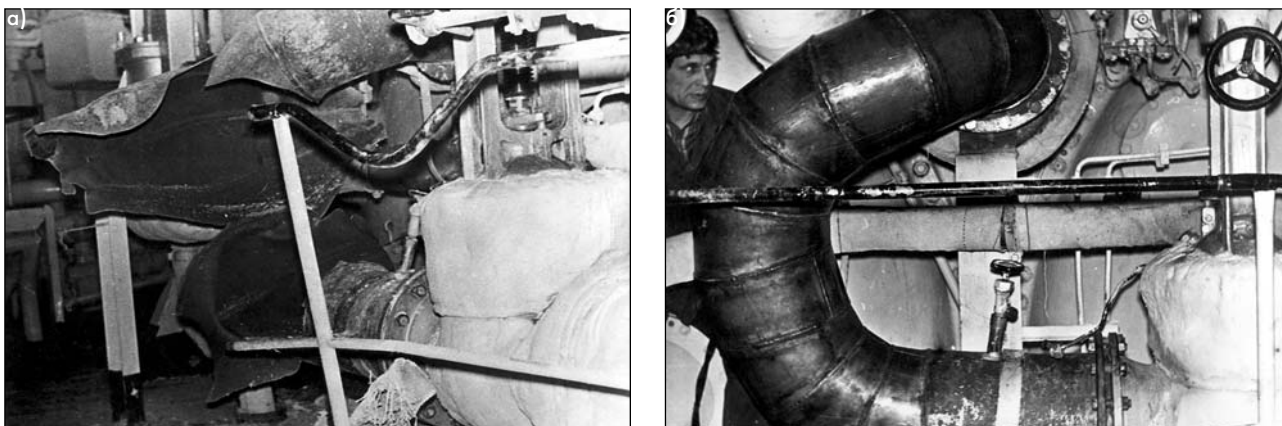


Рис. 2. Состояние паропровода в районе главного конденсатора после аварии (а) и ремонта (б)

троля, все основное оборудование АЭУ имеет свои локальные системы управления.

К сожалению, кроме элементов техногенеза, средства информации оборудования АЭУ не позволяют решать другие задачи диагностирования. Необходимость же оценки состояния технических средств атомной установки обусловлена важностью выполняемых функций и требованиями безотказности используемого оборудования.

Наиболее критическим звеном атомной установки являются сегодня парогенераторы, так как на всех ледоколах они практически выработали свой ресурс, что иногда приводит к появлению дефектов в процессе эксплуатации. Причины ненадежной работы трубных систем ПГ пока не установлены, хотя существуют различные версии. Прежде всего, кроме давления и температуры пара на выходе из каждого ПГ, нужно знать его паропроизводительность. После этого можно исследовать причины. Одним из методов выявления дефектов трубных систем ПГ является диагностика технического состояния работающего ПГ.

Еще во время комплексных швартовых испытаний атомного ледокола «Ямал» замерялись акустические характеристики ПГ, позволяющие исследовать гидродинамические процессы [5]. Для этого на крышках питательных коллекторов ПГ-1 и ПГ-3 были установлены пьезоакселерометры типа 4343 фирмы Bruel & Kjaer и сформирована система виброакустических измерений. Полученные спектрограммы

виброускорений на различных уровнях мощности обрабатывались в лаборатории ЦНИИМФ. Оказалось, что спектры виброускорений по частоте не превышают 5 кГц, а по уровням амплитуд гармоник — не более 70 дБ. Спектры виброускорений существенно меняются в зависимости от нагрузки и на аналогичных режимах различаются между ПГ (рис. 1). На спектрограммах четко выделяются три зоны частот: от 0 до 1000 — 1500 Гц; от 1500 до 2000 — 4000 Гц и свыше 3000 — 4000 Гц.

Первый частотный интервал характеризует колебания трубного пучка, вызываемые поперечным омыванием труб теплоносителем первого контура и генерацией акустических сигналов при начале образования и выделения пузырьков пара из воды. При увеличении нагрузки ПГ возрастает скорость омывания, что вызывает увеличение частоты турбулентных пульсаций, ответственных за вибрацию трубного пучка.

Второй частотный диапазон, возможно, обусловлен турбулентными пульсациями при течении пароводяной смеси в змеевиках, но для подтверждения этого требуются дополнительные исследования, которые могли бы прояснить и проблему идентификации режимных факторов, влияющих на надежность ПГ.

Третий частотный диапазон может характеризовать кризисные явления и поверхностное кипение, но пока никаких исследований в этом направлении не ведется.

Изменение интенсивности акустических явлений на переменных мощностях ПГ объясняется скоростью движения пароводяной смеси и

длиной экономайзерного участка. При больших мощностях источник акустических волн приближается к месту установки датчиков, а при меньших — источник удаляется, что хорошо подтверждается приведенными спектрограммами.

К сожалению, судовладелец по ряду причин не проявил должного интереса к этим работам и не продолжил виброакустические наблюдения за работой ПГ. Такая работа помогла бы исследовать гидродинамику парогенератора и проявления малоцикловых усталостных напряжений в трубной системе, которые могут быть одной из причин ненадежной работы ПГ.

Еще при модернизации АППУ ледокола «Ленин» в 1968—1970 гг. предпринималась попытка создания диагностической системы, основанной на анализе виброакустических параметров оборудования установки. Но систему так и не довели до уровня эксплуатации, оборудование было утрачено, записанные на пленки акустические параметры на определенных режимах отправлены проектным организациям — и на этом все закончилось.

При строительстве АППУ ледокола «Сибирь» ставился вопрос о необходимости контроля некоторых узлов оборудования методами акустической эмиссии. Для этого была приобретена аппаратура фирмы Dunegan Endevco. Однако пока заинтересованные организации разбирались с возможностями этой аппаратуры и приложенными методиками измерений, ледокол был построен. Статические испытания и последующая работа оборудования

не выявили слабых звеньев в установке. Это убедило всех в правильности и надежности прочностных расчетов и не стимулировало своевременной проверки возможностей методов акустической эмиссии. И сегодня к этому методу у организаций нет однозначного подхода.

При достройке второго мелко-сидящего атомного ледокола «Вайгач» возникла необходимость определить величину термоциклических напряжений одного из малых патрубков корпуса реактора путем тензометрирования. Проведенные во время швартовых испытаний тензометрические измерения подтвердили наличие значительных напряжений на материале патрубка. Последствия этих напряжений, безусловно, выявились бы методами акустической эмиссии, особенно возникновение и развитие микротрещин в процессе гидравлических испытаний.

На головном атомном ледоколе «Арктика» эти переменные напряжения вызвали появление трещин (после наработки АППУ более 135 тыс. ч) почти одновременно на малых патрубках обеих установок. Патрубки пришлось заменять, причем в экстремальных условиях, с вынужденными незапланированными финансовыми расходами.

На ледоколах типа «Таймыр» согласно проекту в счет контрактной цены предусматривалась система акустико-эмиссионного контроля, но она так и не была доведена до рабочего состояния из-за необходимости верификации математических моделей к реальным условиям и овладения методиками производства и обработки замеров персоналом судна. Очередная возможность была упущена.

На строящемся атомоходе «50 лет Победы» было решено установить систему тензометрирования. Однако строительство затягивается, и при очередных корректировках проекта эта система может быть исключена из проекта.

Работа оборудования «на отказ» не исключает возможности возникновения экстремальных ситуаций, требующих повышенных затрат на ремонт. В то же время использование методов технического диагностирования оборудования и долж-

ной структуры могло бы решить эту проблему. Обычно диагностирование оборудования проводится поэтапно: первичное описание состояния объекта, выделение признаков и принятие решения. Работа механизма должна быть прекращена по достижении предельного значения выделенного одного или нескольких признаков.

Для диагностирования действующих АЭУ возможно использование переносных приборов, которые при этом будут внешними аппаратными средствами. Например, аппаратура фирм Bruel & Kjaer или SKF в разных комплектациях позволяет получать виброакустические характеристики механизма и по ним устанавливать те или иные признаки для определения работоспособности ответственных элементов, которые будут однозначным критерием для принятия решения.

С помощью прибора ИСП-1 Кокчетавского приборостроительного завода можно в судовых условиях проводить функциональную техническую диагностику подшипников качения. Своевременное обнаружение дефектов в шарикоподшипниках дает возможность контролировать ресурс вплоть до выхода подшипников из строя без риска повреждения агрегата.

На атомном ледоколе «Советский Союз» переносными приборами пользуются с 1995 г., и благодаря этому удалось, в частности, продлить ресурс насосов охлаждения оборудования АППУ без замены отработавших паспортный срок дефицитных подшипников. Виброакустический метод, используемый при диагностировании работы электродвигателей масляных насосов главной турбины, позволил исключить внезапные остановки работающих насосов, которые наблюдались из-за неудачной конструкции электродвигателя.

Для диагностирования состояния трущихся пар различных механизмов (золотников систем гидравлического регулирования, поршней в цилиндрах и пр.) можно с успехом использовать прибор ФЧ-П, основанный на использовании ферроиндикаторов, и методики, разработанные для этого специалистами ЦНИИМФ [4].

Неисправности пневматических или гидравлических распределителей манипуляторов клапанов могут привести к серьезным нарушениям в работе систем. Так, на ледоколе «Сибирь» из-за несвоевременного закрытия клапана добавки свежего пара в магистраль отработавшего пара вследствие заклинивания золотника произошло локальное повышение давления пара в районе автоматического регулятора и разрыв паропровода отработавшего пара (рис. 2). Подобные нарушения в работе могут приводить к травмам обслуживающего персонала.

В настоящее время разработаны надежные методики и нормативы, как международные, так и национальные, для диагностики работы механизмов. Благодаря этому система диагностики может с успехом внедряться и использоваться в практических целях, особенно на атомных судах. Это позволит поднять качество обслуживания оборудования АЭУ, увеличить его ресурс путем своевременного выявления развивающихся отказов и проведения плановых ремонтов и исключить экстремальные ситуации и неоправданные финансовые затраты.

Выводы. В настоящее время на атомных судах недостаточно используют диагностирование технического состояния оборудования, систем и автоматических устройств. Внедрение средств и методов технической диагностики для оборудования АЭУ действующих судов должно проводиться планомерно и завершаться аттестацией этих систем у специалистов-диагностиков.

Литература

1. Равин А. А., Мясников Ю. Н. Проблема прогнозирования технического состояния судового энергетического оборудования и методы ее решения // Международная конференция ISN. СПб., ноябрь 1998.
2. Седаков Л. П., Чекалов Ю. Н. Системы технического диагностирования судовых энергетических установок // Судостроение. 1977. № 3.
3. Мясников Ю. Н. Диагностическое обеспечение СЭУ // Судостроение. 1992. № 1.
4. Голуб Е. С., Моторский Е. З., Розенберг Г. Ш. Диагностирование судовых технических средств. М.: Транспорт, 1993.
5. Лошаков В. И., Петров Н. И. Виброакустические измерения в ПГ ППУ заказа пр. 10521, заключение по результатам измерений. СПб: ЦНИИМФ, 1992.
6. Технические средства диагностирования. Справочник / Под общ. редакцией В. В. Клюева. М.: Машиностроение, 1989.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НИЖЕ «ТОЧКИ РОСЫ»

О. Г. Литаврин, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ
им. академика А. Н. Крылова)

УДК 621.43.019.9:662.614.4:536.423.45

Известно, что отработавшие газы газотурбинного двигателя (ГТД) содержат пары воды и газообразные окислы различных химических элементов. При утилизации тепла отработавших газов и достаточно глубоком их охлаждении (ниже «точки росы») эти окислы, соединяясь с конденсатом паров воды, образуют различные кислоты, которые, вступая в химические реакции с материалами теплообменных аппаратов, вызывают разрушения их поверхностей — возникает так называемая низкотемпературная коррозия. При сжигании серосодержащих топлив основным агрессивным компонентом является серная кислота.

Стремление к повышению экономичности судовой газотурбинной ус-

тановки (ГТУ) путем максимально возможной (или рациональной степени) утилизации тепла отработавших газов связано с неизбежностью снижения температуры среды, воспринимающей тепло, до значений ниже «точки росы» на входе в теплообменные аппараты. В частности, снижение температуры воды, подаваемой в экономайзер утилизационного котла (УК) ГТД, позволяет уменьшить поверхность теплообмена экономайзера или, при неизменной суммарной поверхности экономайзера и испарительного пучка, увеличить паропроизводительность котла и повысить экономичность ГТУ с теплоутилизационным контуром (ТУК).

Конденсация влаги на поверхностях теплообмена способствует интенсивному загрязнению этих поверхностей, так как твердые частицы, содержащиеся в отработавших газах ГТД, прилипают к влажным поверхностям. Кроме того, на влажных поверхностях с течением времени нарастает слой продуктов коррозии.

Следует отметить, что наружные поверхности штатного экономайзера, работавшие при температуре выше «точки росы», при работе котла около 50 тыс. ч имели вид новых оребренных труб с чистой вороненой поверхностью. В результате обдува отработавшими газами на их поверхностях отложений практически не было, лишь на теневой стороне труб между ребрами имелся незначительный пылевидный налет.

Даже ГТД с ТУК, в котором генерируется пар, используемый в энергетических целях (в паровой турбине), большое количество низкопотенциального тепла выбрасывается в атмосферу с уходящими газами. Между тем это тепло можно использовать в технологических и теплофикационных целях. Поэтому работы, направленные на реализацию возможности глубокой утилизации тепла отработавших газов ГТД, акту-

альны как для судовых, так и для стационарных условий.

Для оценки возможности эксплуатации теплообменных аппаратов при температуре их трубных поверхностей ниже «точки росы» исследовались три экспериментальных экономайзера в натурных условиях в составе утилизационного котла КУП 3100 ГТУ М25. Экспериментальные экономайзеры отличались геометрией и материалом трубных поверхностей теплообмена: трубы из углеродистой стали (Ст.10) с поперечным (спиральным) оребрением; трубы из сплава ПТ-1М на основе титана, гладкие и с низким поперечным оребрением; трубы гладкие из стали 1Х18Н10Т.

В ходе эксперимента решались следующие основные задачи:

измерялась скорость низкотемпературной коррозии наружной поверхности экономайзера, питаемого холодной водой;

определялась минимальная температура стенки труб экономайзера, при которой в условиях эксперимента отсутствовала низкотемпературная коррозия;

оценивалась интенсивность загрязнения влажных наружных поверхностей экономайзера в результате налипания на них твердых частиц и определялась возможность длительной эксплуатации в таких условиях;

накапливались данные для разработки рекомендаций по снижению или устранению негативных явлений, возникающих при эксплуатации теплообменных аппаратов в условиях низкотемпературной коррозии.

Экспериментальный экономайзер, изготовленный из оребренных труб, имел в плане размеры штатного экономайзера утилизационного котла КУП 3100 и представлял собой шесть последовательно соединенных секций (рис. 1, 2). Каждая секция состояла из восьми параллельных оребренных труб натурной длины (около 4 м), приваренных к входному и выходному коллекторам и расположенных в одном горизонтальном ряду над верхним рядом труб штатного экономайзера. Геометрические параметры оребренных труб такие же, как и у штатного котла КУП 3100: диаметр труб $d_{\text{н}}/d_{\text{вн}} = 22/18$ мм, высота, шаг и толщина ребер соответственно 8 мм, 8 мм и 1 мм. Материал труб и ребер — сталь Ст.10. В трубы были

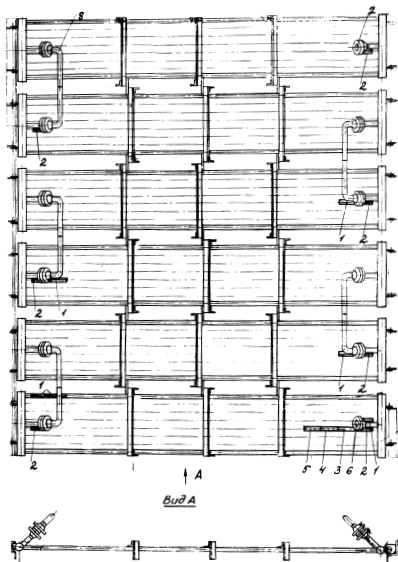


Рис. 1. Схема экспериментального экономайзера УК с установленными образцами труб, оснащенных термомпарами:

1 — гладкая труба из стали Ст.10 с защитным хромоникелевым покрытием; 2 — оребренная труба из стали Ст.10 с шагом ребер 8 мм; 3 — гладкая труба из стали 1Х18Н10Т; 4 — оребренная труба из стали Ст.10 с шагом ребер 3,8 мм; 5 — гладкая труба из стали Ст.10; 6 — вход воды; 7 — выход воды; 8 — перепускная труба

включены (вварены) образцы труб различной геометрии — отрезки длиной 150—200 мм, изготовленные из разных материалов, для выявления влияния геометрии и материала труб на скорость низкотемпературной коррозии и интенсивность загрязнения наружной поверхности труб твердыми продуктами сгорания топлива. Каждый образец был снабжен термопарами для измерения температуры воды, протекающей в трубе, и стенки трубы.

В процессе исследований измерялись: температура стенки трубы и воды в одном и том же сечении (на входе в трубу первой секции экономайзера и на выходе из труб всех шести секций); температура стенки образцов труб из разных материалов с различными геометрическими параметрами поверхности; температура газа перед экспериментальным экономайзером и за ним; расход воды через экспериментальный экономайзер.

Температура воды на входе в экспериментальный экономайзер имела значение в пределах от 30 до 50 °С, на выходе — от 100 до 135 °С.

Температура стенки труб была на 5—10 °С выше температуры воды, протекающей внутри трубы. Температура газа перед экономайзером достигала 160—180 °С. Расход воды поддерживался в пределах от 2,5 до 3,7 м³/ч. При проведении исследований для работы ГТД использовалось газотурбинное топливо по ГОСТ 10433—75 и газойль, содержащие серу в пределах 0,5—0,8%.

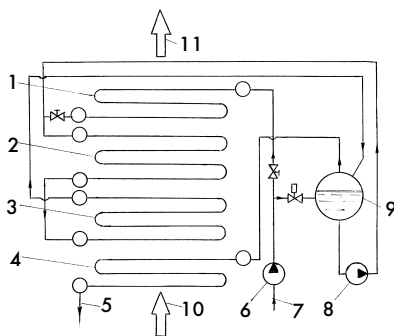


Рис. 2. Схема УК с экспериментальным экономайзером:

1 — экспериментальный экономайзер; 2 — основной экономайзер; 3 — испарительная часть; 4 — пароперегреватель; 5 — питательный насос; 6 — циркуляционный насос; 7 — сепаратор; 8 — вода из теплого ящика; 9 — пар к потребителям; 10 — вход отработавших газов; 11 — выход газов

Основные результаты исследований образцов труб экспериментального экономайзера		
Наименование	Образцы трубы	
	Первая секция	Четвертая секция
Время, ч:		
пробы в котле	14500	14500
работы экономайзера по водяной стороне	7200	7200
Температура, °С:		
воды в трубе	35—50	80—90
газа перед трубой:		
при неработающем котле	360—370	360—370
при работающем котле	160—170	160—170
Наружный диаметр трубы исходный/после испытаний, мм	21,97/21,53	21,97/21,87
Уменьшение диаметра труб в результате коррозии, мм	0,44	0,1
Толщина стенки трубы исходная/после испытаний, мм	2,07/1,86	2,07/2,02
Коррозионный износ стенки трубы, мм (%)	0,21(10,1)	0,05(2,4)
Толщина ребра исходная/после испытаний, мм:		
у корня	1,2/0,92	1,2/1,04
в средней части	1,085/0,8	1,085/0,93
у вершины	1,01/0,725	1,01/0,85
средняя	1,095/0,815	1,095/0,94
Коррозионный износ ребра (суммарный с обеих сторон), мм (%):		
у корня	0,28 (23,3)	0,16(13,3)
в средней части	0,285 (26,3)	0,155(14,3)
у вершины	0,286 (28,3)	0,16(15,8)
средний (по высоте)	0,284 (26)	0,158(14,4)
Скорость коррозии стенки трубы, мм/ч	1,45·10 ⁻⁵	3,45·10 ⁻⁶
Скорость коррозии ребра, мм/ч:		
суммарная с обеих сторон	1,96·10 ⁻⁵	1,09·10 ⁻⁵
с одной стороны	0,98·10 ⁻⁵	0,55·10 ⁻⁵
Средняя скорость коррозии поверхности оребренной трубы, определенная по потере массы (по результатам взвешивания образцов), мм/ч	1,1·10 ⁻⁵	0,52·10 ⁻⁵

Периодически проводились освидетельствования состояния экспериментального экономайзера, осмотр и фотографирование его поверхности. Наблюдение за состоянием поверхности труб показало, что интенсивность нарастания слоя отложений тем выше, чем ниже температура стенки трубы и больше время работы (рис. 3). Особенно сильно загрязнялся образец оребренной трубы с шагом ребер 3,8 мм. После 460 ч работы зазоры между ребрами этот образца были полностью забиты отложениями. На оребренных трубах из Ст.10, температура которых была ниже «точки росы» (т. е. ниже 95 °С), отложения состояли из двух слоев. Внешний слой представлял собой черные сажистые отложения, легко снимаемые щеткой или ветошью, а внутренний слой — белого цвета, плотный, достаточно легко соскабливаемый металлическим скребком.

Меньше всего отложений было на образцах труб с хромоникелевым покрытием и из нержавеющей стали 1X18H10T. На этих образцах был только тонкий налет сажи (без подслоя белого цвета).

Химический анализ показал, что отложения белого цвета состоят в основном из сульфата железа FeSO₄ — продукта низкотемпературной коррозии (до 15% массы отложений составляет серная кислота); внешний слой черного цвета состоит в основном из углерода — результат неполного сгорания топлива.

Следует отметить, что после остановки ГТД и снижения температуры УК до уровня, позволяющего провести наружный осмотр труб экономайзера, отложения на поверхностях экспериментального экономайзера были сухими и, при снятии скребком, сыпучими. Через трое-четыре суток после остановки ГТД отложения на трубах экономайзера, поглощая влагу из атмосферы, становились

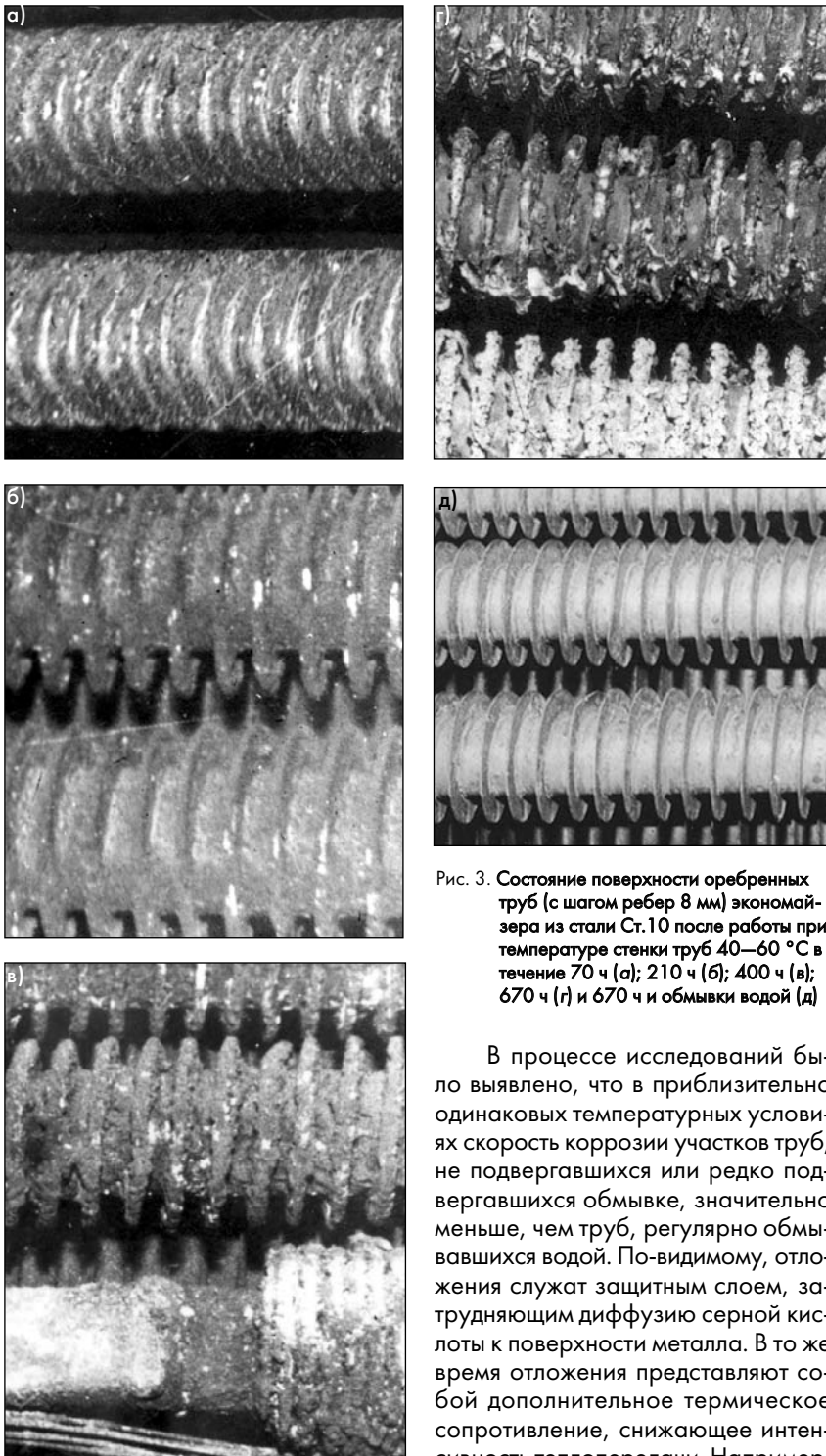


Рис. 3. Состояние поверхности оребренных труб (с шагом ребер 8 мм) экономайзера из стали Ст.10 после работы при температуре стенки труб 40–60 °С в течение 70 ч (а); 210 ч (б); 400 ч (в); 670 ч (г) и 670 ч и обмывки водой (д)

вязкими и, попав на ткань одежды, вызывали ее разрушение.

Отложения на трубах легко смывались струей воды из шланга, при этом обнажалась чистая матово-серая поверхность металла труб и ребер, имевшая вид травленной кислотой гладкой поверхности металла без язвин, которая через несколько минут после обмывки принимала ржавый цвет, покрываясь пленкой окислов (см. рис. 3, д).

В процессе исследований было выявлено, что в приблизительно одинаковых температурных условиях скорость коррозии участков труб, не подвергавшихся или редко подвергавшихся обмывке, значительно меньше, чем труб, регулярно обмывавшихся водой. По-видимому, отложения служат защитным слоем, затрудняющим диффузию серной кислоты к поверхности металла. В то же время отложения представляют собой дополнительное термическое сопротивление, снижающее интенсивность теплопередачи. Например, за 400 ч работы экспериментального экономайзера коэффициент теплопередачи от газа к воде снизился на 18%. После обмывки поверхности водой полностью восстановилась первоначальная интенсивность теплообмена.

Коррозионный износ поверхностей труб очень равномерный: обмерами одноименных элементов (толщины ребер, стенки трубы) установлено, что в каждом выбранном

сечении различие в размерах не превышает 0,05 мм.

Коррозионный износ поверхности труб из стали Ст.10 уменьшался от первой секции экономайзера к шестой по мере повышения температуры воды (стенки трубы). Наибольший коррозионный износ имели трубы первой секции экономайзера, где температура воды (на входе) была 30–50 °С; коррозионный износ поверхностей труб пятой и шестой секций пренебрежимо мал; температура воды в пределах этих двух секций в процессе исследования была выше 95 °С, а температура стенки труб — выше 100 °С.

Скорость коррозии стенки гладких (неоребренных) труб из стали Ст.10 выше оребренных труб на 50–60%.

Образец трубы из стали 1Х18Н10Т после снятия тонкого темно-серого слоя окисла имел чистую поверхность, без язвин, диаметр трубы практически не изменился, заметного коррозионного износа образца не обнаружено.

Коррозионного износа труб с хромоникелевым покрытием также не обнаружено (на одном из шести образцов труб произошло отслоение защитного покрытия).

Результаты исследования образцов оребренной трубы, вырезанных из первой и четвертой секций экспериментального экономайзера после пребывания его в составе натурального котла КУП 3100 в течение 14 500 ч приведены в таблице. Указанные в ней размеры элементов — результат усреднения десяти измерений в различных сечениях по длине образца.

Применение такой методики оценки скорости коррозионного износа следует считать правомерным, так как результаты исследования вырезанных образцов хорошо совпадают с результатами измерений диаметра труб в контрольных сечениях (выполненных одновременно с вырезкой образцов) и сравнения полученных величин с исходными значениями.

Приведенная в таблице скорость низкотемпературной коррозии отнесена к полному времени пребывания труб экспериментального экономайзера в котле, так как процесс коррозионного разъедания при остановленном котле не только не прекращается, но есть основа-

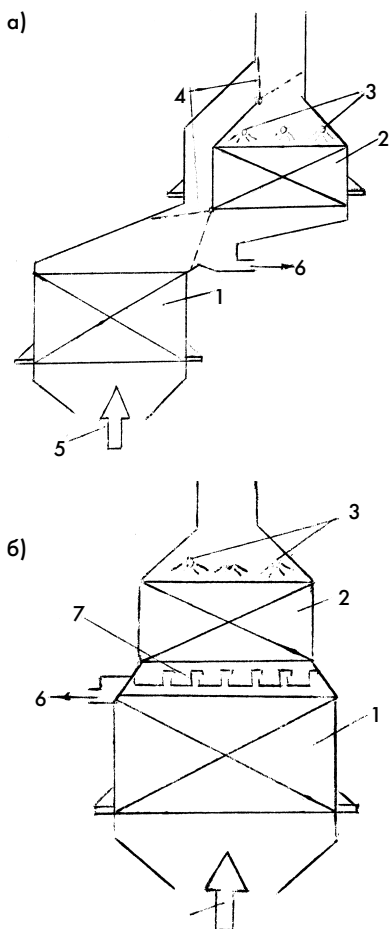


Рис. 4. Схемы компоновки теплообменных аппаратов ТУК при смещенном расположении нагревателя теплоносителя (а) и при расположении нагревателя теплоносителя над УК (б):

1 — УК; 2 — нагреватель теплоносителя; 3 — подвод воды для обмывки поверхности нагревателя; 4 — поворотные заслонки; 5 — вход отработавших газов в УК; 6 — отвод грязной воды; 7 — поворотные лотки для сбора и отвода грязной воды

ния предполагать, что он даже интенсифицируется в результате гигроскопичности отложений, содержащих серную кислоту, а также из-за периодических обмывок водой наружных поверхностей экономайзера.

Анализ явлений, наблюдавшихся в процессе проведения эксперимента, позволяет сделать вывод: чтобы приостановить процесс коррозии во время стоянок, необходимо перед остановкой ГТД осушать УК и прогревать трубы экономайзера отработавшими газами до температуры выше 340°C , при которой серная кислота разлагается на воду и трехокись серы и оба компонента в газообразном состоянии уносятся уходящими газами. С целью проверки эффективности такой технологии был

проведен эксперимент, при котором УК прогревался отработавшими газами ГТД до 360°C и выдерживался при этой температуре в течение 15 мин, что позволило практически полностью удалить серную кислоту, которой были пропитаны отложения на трубах экономайзера.

Титановый экономайзер был изготовлен из гладких труб и труб с низким оребрением, полученным путем накатки (шаг, высота, средняя толщина ребер — соответственно 1,8 мм, 0,7 мм, 0,6 мм; диаметр труб $d_{\text{н}}/d_{\text{вн}} = 16/14$ мм), а экономайзер из стали 1X18H10T — из гладких труб диаметром $d_{\text{н}}/d_{\text{вн}} = 16/14$ мм. При испытании этих двух экономайзеров в течение 19 000 ч температура стенки труб по всей длине змеевиков поддерживалась ниже «точки росы».

В начальный период испытаний титанового экономайзера на поверхности гладких труб образовался тонкий (около 0,1 мм) налет сажи, и его толщина оставалась практически неизменной до конца испытаний. Под слоем сажи поверхность металла приобрела черный цвет в результате появления тонкой пленки окислов. Поверхность металла оставалась гладкой, без каких-либо признаков коррозионного повреждения. Диаметр труб в контрольных сечениях не изменился. Состояние поверхности титановых труб с низким оребрением отличалось от гладких труб лишь несколько большей толщиной слоя сажи.

При испытании экономайзера со змеевиком из стали 1X18H10T выявлено, что отложения на поверхности труб не удерживаются, поверхности оставались практически чистыми и приобрели лишь темно-серый цвет из-за появления тонкой пленки окислов. Под этой пленкой поверхность металла чистая, без оспин и других признаков коррозионного повреждения. При измерении диаметра труб в контрольных сечениях заметного коррозионного износа труб не обнаружено.

Глубокая утилизация тепла отработавших газов осуществляется при малых температурных напорах в хвостовых поверхностях теплообмена (например, в установленных по ходу газа за утилизационным котлом нагревателях теплоносителей для обогрева жидкого груза или топлива, для работы опреснительных уста-

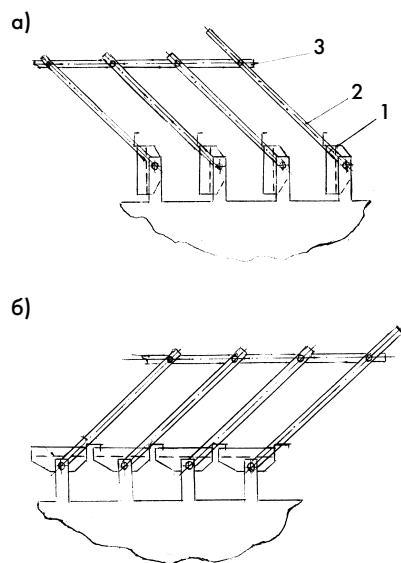


Рис. 5. Схема расположения поворотных лотков при проходе газов (а) и при отводе обмывочной воды (б):
1 — лотки; 2 — рычаги; 3 — тяга

новок и т. д.). Поэтому площадь поверхности теплообмена этих нагревателей, работающей в условиях низкотемпературной коррозии и требующей периодической обмывки, может быть сопоставима с площадью поверхности УК.

В связи с тем, что нагреватель теплоносителя располагается по ходу газа за УК, в судовых ГТУ его целесообразно размещать над котлом. Но в этом случае при обмывке поверхностей нагревателя грязная обмывочная вода, содержащая кислоту, будет стекать на ниже расположенную поверхность теплообмена УК, вызывая ее коррозию. Во избежание этого нагреватель может быть расположен со смещением, чтобы вода стекала в поддон под нагревателем, не попадая на поверхность УК, и удалялась за борт (рис. 4, а). Если устроить обвод нагревателя по газу, снабдив его достаточно герметичными поворотными заслонками, обмывку поверхности нагревателя можно осуществлять при работающем двигателе. Однако такое «смещенное» расположение нагревателя усложняет размещение и компоновку оборудования и может увеличить объем машинного отделения.

Компактная компоновка УК и нагревателя теплоносителя в составе ГТУ может быть реализована, если под нагревателем установить легкие поворотные лотки для отвода грязной воды (рис. 4, б). Во время обмывки нагревателя лотки следует повернуть

так, чтобы полностью перекрыть сечение котла. Лотки должны иметь наклон для стока воды в сборный коллектор, из которого вода самотеком удаляется за борт.

Анализ результатов исследования позволяет сделать следующее заключение. Средняя скорость низкотемпературной коррозии оребренных труб экономайзера из стали Ст.10 за время испытаний в течение 14 500 ч в условиях эксперимента при температуре стенки трубы 40—60 °С составляет $1,45 \cdot 10^{-5}$ мм/ч. При температуре стенки трубы выше 95 °С низкотемпературная коррозия практически отсутствует.

Учитывая выявленную относительно небольшую скорость низко-

температурной коррозии труб из стали Ст.10, требуемый ресурс экономайзера УК, питаемого холодной водой, может быть обеспечен за счет увеличения толщины стенки труб до 3 мм, ребер до 2 мм. Возможно применение экономайзера, у которого входная (по воде) часть змеевика, где температура стенки труб ниже 95 °С, выполнена съемной для возможности замены по мере износа в результате низкотемпературной коррозии или изготовлена из титанового сплава или нержавеющей стали.

Испытания экономайзера, питаемого холодной водой, показали возможность достаточно простой и легкой очистки оребренных труб из стали Ст.10 от отложений путем об-

мывки водой. В судовых условиях процесс обмывки УК может быть автоматизирован и осуществляться с периодичностью 300—400 ч работы котла. В случае применения труб из титанового сплава типа ПТ-1М или из стали 1X18H10T разработки и применения специальных мер по очистке поверхностей от отложений не потребуется.

Защитное хромоникелевое покрытие, по-видимому, не имеет перспективы применения, так как разработка технологии, обеспечивающей нанесение на трубы надежного слоя такого покрытия, проблематична. Кроме того, этот слой создает значительное дополнительное термическое сопротивление теплопередаче. □

СЕМИНАР ПО ОХРАНЕ ТРУДА

26—27 ноября 2002 г. в Санкт-Петербурге (ЦНИИТС и «Адмиралтейские верфи») состоялся отраслевой семинар на тему «Состояние охраны труда в отрасли и задачи по ее улучшению», организованный ЦНИИТС и НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова, в котором приняли участие представители более 50 предприятий отрасли.

Первыми выступили на семинаре начальник отдела контроля экологической и производственной безопасности Россудостроения А. И. Цубаников с докладом «Состояние и проблемы по обеспечению условий и охраны труда в организациях Россудостроения» и начальник отдела компенсаций Минтруда России В. Н. Горчаков с докладом «О нормативных правовых актах для предоставления компенсаций за тяжелые, вредные и опасные условия труда».

С докладами и сообщениями также выступили представители Государственной инспекции труда в Санкт-Петербурге, ЦНИИТС, «Адмиралтейских верфей», ПО «Севмаш», МП «Звездочка», Главного управления ведомственной охраны, Российского профсоюза работников судостроения, Госсанэпиднадзора, Комитета по труду и социальной защите населения Администрации Санкт-Петербурга и др.

В последние годы возросла роль государства в области правового регулирования охраны труда. Приняты и введены в действие Трудовой кодекс РФ, законы «Об основах охраны труда в РФ» и «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Разработаны руководящие документы Россудостроения: РД5Р.ГКЛИ.3430-022—2000 «Система стандартов безопасности труда. Основные положения по управлению охраной труда на судостроительных предприятиях»;

РД5Р.ГКЛИ.3430-023—2000 «Аттестация рабочих мест по условиям труда. Организация и методика проведения»;

РД5Р.ГКЛИ.3130-005—2001 «Положение об организации контроля за состоянием охраны труда на предприятиях отрасли»;

РД5Р.ГКЛИ.3430-021—2000 «Экспертиза требований безопасности и охраны окружающей среды в проектной и технологической документации. Основные положения».

С 2001 г. проводится обучение по актуальным вопросам охраны труда в центре обучения Россудостроения «Ритм — охрана труда» (ЦНИИТС). Цикл лекций прослушало около

2000 работников. В 2001 г. Россудостроением совместно с Минтрудом РФ и Пенсионным фондом РФ решен вопрос о льготном пенсионном обеспечении (по списку № 2) работников Центра атомного судостроения, занятых утилизацией атомных подводных лодок.

Вместе с тем, состояние дел в области охраны труда продолжает оставаться тревожным. За 11 месяцев 2002 г. на предприятиях Россудостроения произошло 733 несчастных случая, из них 11 смертельных, 64 тяжелых и 3 групповых, а также 128 случаев впервые выявленных профессиональных заболеваний.

Министерство труда и социального развития Российской Федерации сообщает, что в соответствии с Межотраслевой целевой программой улучшения условий и охраны труда на базе созданной и апробированной информационной системы охраны труда создан соответствующий Интернет-портал: www.safework.ru

Результаты проверок в 2001—2002 гг. и анализ отчетов показали, что основные причины производственного травматизма и профзаболеваний следующие:

- неправильные и опасные приемы работы, неприменение средств индивидуальной защиты;
 - работа на устаревшем технологическом оборудовании;
 - недостаточный контроль со стороны администрации за выполнением требований охраны труда в процессе производственной деятельности;
 - недостаточное обеспечение работников в полном объеме, в соответствии с отраслевыми нормами, сертифицированной спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты;
 - недостатки в обучении и инструктаже работников, допуск к работе после проведения первичного инструктажа без стажировки;
 - эксплуатация грузоподъемного оборудования с истекшим сроком освидетельствования;
 - отсутствие профилактики вибрационной болезни.
- Участники семинара считают, в частности, целесообразными следующие меры: дальнейшее развитие ведомственной системы управления охраной труда, проведение регулярных ведомственных проверок, разработку отраслевой программы улучшения условий и охраны труда, паспортизацию и аттестацию рабочих мест, повышение ответственности руководителей за выполнение требований охраны труда. □

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

М. М. Валдаев, канд. техн. наук (ООО «Суммаш»)

УДК 681.518.54:629.5.061.1-82-192

Автору статьи 20 октября 2002 г. исполнилось 75 лет. Более 40 лет он сотрудничает с нашим журналом — первая его статья была опубликована в № 2 за 1958 г. Редакция журнала «Судостроение» поздравляет Максима Михайловича с прошедшим юбилеем и желает ему здоровья и дальнейших творческих успехов.

Техническое обслуживание гидравлических приводов отличается от обслуживания других типов приводов по крайней мере двумя особенностями. В удачно спроектированном гидропроводе при эксплуатации на чистой рабочей жидкости износ деталей привода минимален, а наработка на отказ может совпадать со сроком службы механизма. Второй особенностью гидропривода является то, что для его осмотра и дефектации необходимо слить рабочую жидкость, а разборка для осмотра и последующее заполнение рабочей жидкостью сопряжены с возможностью его загрязнения, которое может вызвать ускоренный износ и отказ. На примере грузовых кранов и рулевых машин рассмотрим возможность диагностики их технического состояния для обеспечения безотказной эксплуатации [1—3].

Если на судне имеется несколько однотипных механизмов, то можно установить факт быстрого износа одного из них и выявить тот, который необходимо в первую очередь подвергнуть ревизии и ремонту. Сущность диагностики заключается в сравнении параметров, замеренных в различное время $T_1, T_2, T_3, \dots, T_i$ и в обнаружении таким путем начала их резкого изменения у одного из механизмов, за которыми ведется наблюдение (рис. 1). Выбег параметров при этом обуславливается различиями в изготовлении, обслуживании и эксплуатации. Оптимальным случаем является наличие данных об изменении параметров с начала эксплуатации, однако начинать наблюдение можно с любого срока, даже непосредственно при анализе состояния для определения необходимости ремонта.

Из параметров выбирают такой, который в наибольшей степени характеризует общее состояние механизма (для грузовых кранов в механизме подъема — время подъема груза на заданную высоту; в механизме поворота — время поворота, например, на угол 180° ; в механизме изменения вылета — время опускания стрелы без груза из верхнего положения в горизонтальное).

Испытания должны быть проведены одновременно (или последовательно одно за другим) для всех механизмов одного типа, установленных на судне. Нагрузка может быть случайной по величине (желательно, чтобы она была близка к номинальной), но непременно одинаковой для всех испытуемых механизмов.

Испытания лучше проводить в теплое время года. При этом желательно отбирать пробы рабочей жидкости для последующего ее анализа.

В качестве примера приведем возможную программу испытаний грузового крана. К борту судна на автомашине или барже подвозят груз, примерно равный грузоподъемности крана. Груз застропливают и несколько раз поднимают вертикально от уровня причала на определенную высоту, одинаковую для всех кранов. После проверки первого крана выполняют контрольные замеры времени подъема на заданную высоту остальных. Затем испытывают механизмы поворота и изменения вылета, причем угол поворота и изменения вылета должны быть одинаковы для всех кранов. Число замеров должно быть не менее трех. После испытаний данные заносят в формуляры механизмов, строятся соответствующие графики (см. рис. 1).

Анализ кривой изменения времени у механизмов, особенно при наличии стендовых характеристик, позволит определить тот механизм или его отдельный узел, который надлежит разобрать для ревизии. По мере накопления данных (например, ежегодных) динамика износа и изменения основных параметров будет все более проясняться. Анализ рабочей жидкости позволит дополнить картину возможными причинами износа.

Прежде чем приступить к поиску отказавшего узла или детали, необходимо убедиться в следующем: отсутствуют механические препятствия для движения рабочего органа; в системе есть рабочая жидкость (нет течи в трубопроводах и соединениях); фильтры ра-

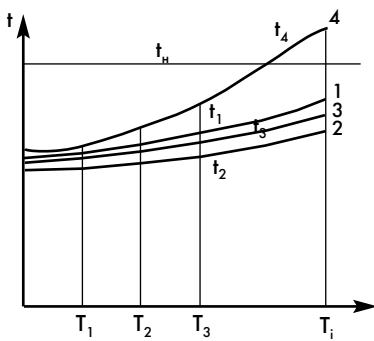


Рис. 1. График работы гидропривода грузовых кранов:
1—4 — номера кранов; T_1 — T_3 , T_i — моменты замеров; t — значение измеряемого параметра (в данном случае время срабатывания); t_n — нормативное значение

ботают удовлетворительно; в систему залито масло требуемого сорта; работает привод насосов и имеется давление в системе управления.

Диагностика технического состояния отказавшего механизма состоит в проверке общих условий его работоспособности.

Диагностика рулевых машин имеет свои особенности. Испытания должны проводиться в рейсе. Их следует вести раздельно для системы управления рулевой машиной и исполнительной силовой части с одновременными замерами параметров работы при различных чувствительностях авторулевого (рис. 2), а также при уровне нагрузок, близком к максимальному, воспроизводимому искусственно осуществлением маневра «зигзаг» (см. рис. 2, б). Испытания желательно проводить в полном грузу, на максимальной скорости и состоянии моря 3—4 балла.

При различных чувствительностях авторулевого записываются рыскание судна и углы отклонения руля, максимальное давление за определенное время, например за 10 или 20 мин (рис. 3). Параметры фиксируются при работе сначала одного, а затем второго насоса. При переключении насосов необходимо выдерживать некоторое время (20—25 мин), чтобы режим работы нового насоса стал установившимся. По рысканию, углам отклонения руля и, если есть необходимость, то и числу кладок, а также значению давлений в первом приближении можно судить о состоянии системы управления.

Техническое состояние исполнительной части рулевой машины

можно определить, анализируя результаты замера параметров (давления и времени) на маневре судна «зигзаг». Для этого переходят на ручное управление и по команде выполняют резкую перекладку на один борт, при этом фиксируется время перекладки руля в секундах, максимальное давление, угол отклонения судна от курса (до падения скорости на 1,5—2 уз) и давление в рулевой машине (до первоначального, предшествующего маневру). Затем судно возвращается на курс и разгоняется до первоначальной скорости, после чего маневр повторяется, но уже на другой борт. Аналогичные манипуляции выполняются при работе второго насоса. Затраты времени на проведение испытаний с целью определения технического состояния, как показал опыт, составляют 1—2 ч, потеря ходового времени на маневрах «зигзаг» — не более 10—15 мин.

Диагностика технического состояния рулевой машины по результатам рассмотренных испытаний заключается в сравнительной оценке и анализе значения давления, времени перекладки, а при наличии ранее полученных данных — в определении динамики изменения параметров и возможных пределов их увеличения или уменьшения, а также в оценке запаса.

Во время испытаний или сразу же по приходе в порт (с «горячей машины») целесообразно взять пробу рабочей жидкости для определения степени кислотности, наличия воды и механических примесей, дополняющих картину изменения параметров возможными причинами.

Оценка технического состояния, проведенная в эксплуатационных условиях с нагрузками, близкими к предельным, позволяет повысить уверенность, что рулевая машина не подведет в ответственный момент ее работы (в узкостях, при швартовке, расхождении и т. п.), где, как показали результаты испытаний, нагрузки меньше тех, которым машина подвергается при испытаниях.

Диагностика технического состояния гидравлического привода в целом проводится на работающем механизме, а поиск причин отказа возможен только после остановки привода. Наиболее часто отказы происходят при пусконаладочных работах и после замены рабочей жидкости.

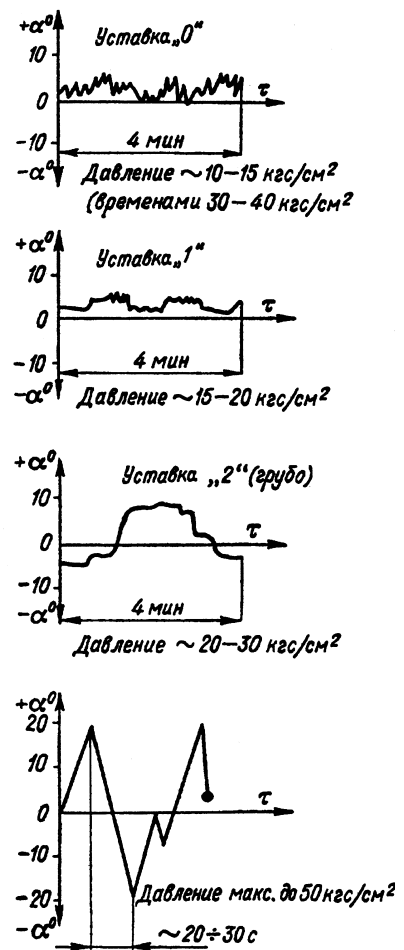


Рис. 2. Испытания гидравлической рулевой машины с электрическими обратными связями при различных уставках авторулевого (чувствительности) при скорости судна 16 уз (а) и на маневре «зигзаг» (б):
 α° — отклонение руля; τ — текущее время

Выявление из группы механизмов неудовлетворительно работающего возможно по изложенной методике (см. рис. 1), однако обнаружение неисправности внутри самого механизма — несравненно более сложная задача. Отличие диагностики технического состояния механизма, находящегося в работоспособном состоянии, от диагностики неработающего в результате отказа состоит в том, что в первом случае диагностика носит профилактический характер и имеет целью определить степень износа, а во втором случае ее цель — обнаружение отказавшего узла или детали. Здесь, как правило, существенную роль играет фактор времени, так как отказ одного привода при отсутствии резервного может иметь тяжелые последствия для обслуживаемого объекта.

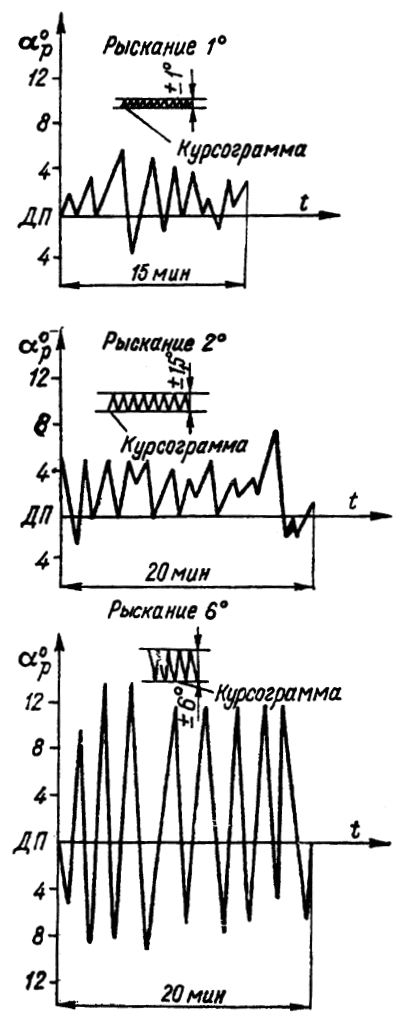


Рис. 3. Вид записи курсограммы и сопутствующие отклонения пера руля α_r^0 за время 15–20 мин, при скорости судна 16 уз и различной чувствительности авторулевого (рыскание 1°, 2° и 6°)

Анализ данных по надежности показывает, что наиболее часто встречаются случаи отказа системы управления: зависание или заклинивание золотников распределителей вследствие попадания механических частиц в зазор между корпусом и полем золотника. При обнаружении зависания необходимо попытаться противоположным управляющим импульсом переключить распределитель; если это не даст результатов, можно осторожно постучать по корпусу распределителя. Если указанные действия ни к чему не приведут, следует «отдать» подводящие трубы системы управления отказавшего распределителя и попытаться «расходить» золотник. Последним этапом проверки является переборка отказавшего элемента

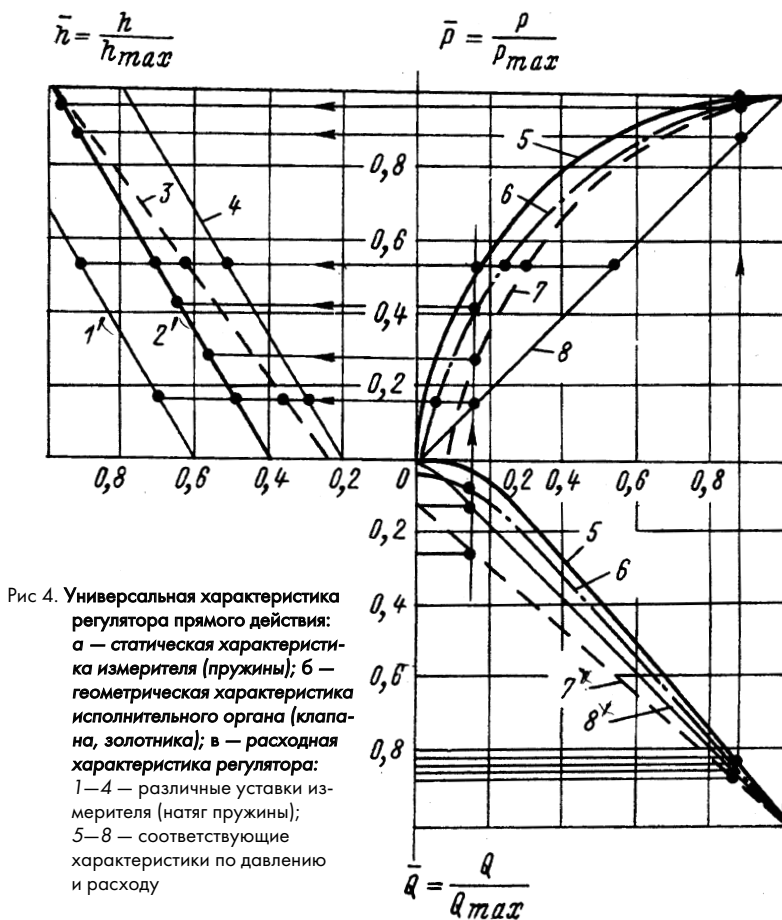


Рис. 4. Универсальная характеристика регулятора прямого действия: а — статическая характеристика измерителя (пружины); б — геометрическая характеристика исполнительного органа (клапана, золотника); в — расходная характеристика регулятора: 1–4 — различные уставки измерителя (натяг пружины); 5–8 — соответствующие характеристики по давлению и расходу

или его замена, для чего необходимо слить рабочую жидкость.

При появлении стука или резкого звука при работе того или иного аппарата следует немедленно остановить привод и проверить механическое крепление внешних тяг, пружин, рычагов, крепежа, работу дросселей, демпферов и лишь после этого перебрать соответствующие узлы. Необходимо обращать внимание на крепление золотников и клапанов и их герметичность, на целостность и работоспособность пружин, возможность осуществления рабочего хода и отсутствие посторонних предметов.

Проверив таким образом систему управления, приступают к осмотру системы блокировки и сигнализации, так как отказ в работе может быть следствием непроизвольного срабатывания или неисправности аппаратуры блокировки, а также поступления ложного сигнала или отсутствия сигнала.

При проверке элементов системы управления и защиты гидросистем часто приходится иметь дело с дроссельными регуляторами прямого действия, работоспособность ко-

торых зависит от ряда статических и динамических условий.

Во-первых, при работе такого регулятора каждому положению измерителя и регулирующего органа соответствует вполне определенное значение регулируемой величины, а следовательно, имеются ее максимум и минимум. Диапазон между этими значениями дает пределы регулирования. Графическое изображение изменения регулируемой величины в этих пределах обычно называют конструктивной характеристикой регулятора.

Во-вторых, при работе регулятора реальное изменение регулируемой величины таково, что она не достигает ни максимума, ни минимума. Это действительные пределы регулирования. Графическое изображение такого изменения называют рабочей характеристикой.

В-третьих, возможные пределы регулирования превосходят действительные с некоторым запасом по верхнему и нижнему значениям. Совместить рассматриваемые пределы и обеспечить необходимые запасы можно путем воздействия на элемен-

ты, определяющие характеристику регулятора.

Анализ взаимодействия основных элементов дроссельного регулятора прямого действия удобно проводить, пользуясь совокупной характеристикой, которая представляет собой график, составленный из статических характеристик: измерителя (рис. 4, а), исполнительного органа — клапана или золотника (рис. 4, б) и расходной характеристики регулятора (рис. 4, в). Характеристика измерителя индивидуальна для каждого типа регулятора и зависит от предварительного натяга и изменения жесткости пружины $h = h/h_{\max}$. С их помощью можно изменить начальное значение регулируемой величины (начало работы регулятора) и характер изменения давления в зависимости от хода измерителя $P = p/p_{\max}$.

Геометрическая характеристика носит универсальный характер, так как зависит только от площади окна или сечения исполнительного органа, в котором происходит процесс дросселирования. Меняя профиль окна или сечения золотника, можно получить геометрические характеристики: параболическую 5, экспоненциальные 6, 7 и прямолинейную 8. При разных характеристиках одному и тому же ходу измерителя будут соответствовать разная площадь открытия окна исполнительного органа, а следовательно, и разный расход регулятора $Q = Q/Q_{\max}$.

Регуляторы с экспоненциальной характеристикой, ввиду наличия в них расхода в нерабочем состоянии, мало пригодны для работы в гидросистемах с высоким давлением. Универсальная характеристи-

ка регулятора наглядно иллюстрирует взаимозависимость основных параметров и позволяет ускорить процесс диагностики и наладки регулятора, а также корректировку его характеристик.

Таким образом, описанный подход к диагностике технического состояния гидравлических приводов, основанный на сравнении параметров однотипных механизмов, замеренных через определенные промежутки времени, позволяет выявить неисправность до наступления отказа.

Литература

1. Валдаев М. М. Гидравлические приводы судовых палубных механизмов. Л.: Судостроение, 1973.
2. Валдаев М. М. Исследование эксплуатационных нагрузок рулевых машин // Труды ЦНИИМФ. Техническая эксплуатация флота. 1972. Вып. 161.
3. Валдаев М. М. Учет эксплуатационных нагрузок на рулевые машины при проектировании // Судостроение. 1998. № 3.

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОРАБЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

В. И. Гольтраф, докт. техн. наук (ФГУП НПО «Аврора»),
В. В. Кобзев, докт. техн. наук (ВМИИ), **А. В. Нефедович**,
 канд. техн. наук (1 ЦНИИ МО РФ), **Т. А. Гончарова**,
 канд. техн. наук (ФГУП НПО «Аврора»), **Н. А. Лемещенко**,
 канд. мед. наук (ГНИИИ ВМ)

УДК 331.101.1:007.51

Многочисленные исследования, проведенные в различных сферах человеческой деятельности, показывают, что большое количество аварий связано с «человеческим фактором» [1]. Надежное взаимодействие оператора с системой управления (СУ), точнее со средствами отображения информации (СОИ) и управления, при эксплуатации корабельных боевых и технических средств является главной целью эргономического обеспечения разработки СУ. Особенно остро эта проблема встала перед разработчиками комплексных систем управления, в частности, корабельными техническими средствами (КСУ ТС), в связи с внедрением новых информационных технологий и таких перспективных средств управления, как функциональные клавиатуры, шаровые и тензометрические манипуляторы, сенсорные панели, дисплеи и т. п. С одной стороны, сложилось определенное противоречие

между необходимостью отображения оператору все возрастающего объема информации в условиях дефицита времени и высокой ответственности за действия, с другой — между сенсомоторными и психофизиологическими возможностями человека. Важным этапом разрешения этого противоречия в процессе эргономического обеспечения разработки КСУ ТС является эргономическая экспертиза, включающая оценку информационной модели ТС, отображаемой с помощью средств управления на пультах, на соответствие требованиям нормативно-технических документов по эргономике, а также оценку взаимодействия оператора со средствами управления при решении типовых задач.

При проведении экспертизы проверяются характеристики средств отображения информации и управления и компоновка информационно-управляющего поля (ИУП), ха-

рактеристики успешности деятельности оператора, выявляются причины возможных ошибок, оценивается влияние процесса деятельности на психофизиологические характеристики оператора (в данной статье последняя составляющая экспертизы не рассматривается).

Как известно, КСУ ТС включают в себя следующие компоненты: СУ главной энергетической установкой (ГЭУ), электроэнергетической системой (ЭЭС), общекорабельными системами (ОКС) и пространственным маневрированием корабля (СУМ), а также центральную координирующую систему. Анализ показывает, что деятельность операторов КСУ ТС характеризуется тремя видами: дискретно-логическим, аналого-следящим и информационно-логическим [2].

К первому виду относится деятельность операторов СУ ГЭУ, ЭЭС, ОКС. Второй вид характерен для оператора СУМ. Третий вид присущ специалисту центральной координирующей системы. Очевидно, что специфика деятельности операторов будет обуславливать показатели эффективности их труда.

Оценка эргономических характеристик работы с использованием перспективных средств управления проводилась в процессе выполнения операторами СУ ГЭУ, ЭЭС и ОКС типовых профессиональных задач. В ходе экспериментов неожиданно вводились нештатные и ава-

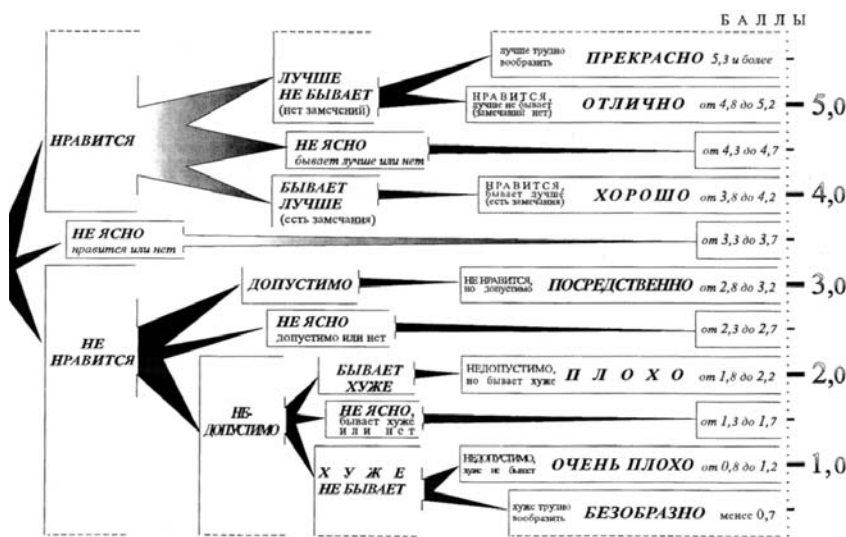


Рис. 1. Схема проведения экспертной оценки качества выполнения задачи

рийные ситуации, связанные с единичными отказами оборудования. В функции оператора входило: удержание заданных параметров при управлении ТС и контроль состояния систем, считывание (с максимальной возможной скоростью и точностью) значений параметров (по запросам экспериментаторов), выполнение действий по решению противоаварийных задач, а также выполнение дополнительной задачи, непосредственно не связанной с основной штатной деятельностью специалиста, но характеризующей имеющиеся у того или иного оператора резервы в процессе работы по штатному алгоритму. Перед началом экспериментов участники были ознакомины с поставленными задачами, средствами деятельности операторов и алгоритмами выполнения задач.

Оценивались следующие комплексные показатели: качество выполнения задачи управления ТС; структура сбора информации; различимость информации на ИУП и состояние основных зрительных функций оператора; динамика функционального состояния и напряженности труда оператора в процессе деятельности. Как отмечено выше, результаты оценок по двум последним показателям в статье не рассматриваются. Оценка качества выполнения задач проводилась по пятибалльной шкале с четким смысловым определением одиннадцати основных и промежуточных оценок. В качестве экспертов выступали специалисты промышленности и ВМФ. Смысл оценки качест-

ва выполнения задачи показан на рис. 1 [3].

Структура сбора информации оценивалась по данным регистрации зрительных маршрутов оператора с помощью взглядоотметчика, фиксируемого на голове оператора. Измерялись следующие характеристики: длительность фиксации взгляда на *i*-м элементе индикации; частота обращений к *i*-му элементу (абсолютное количество фиксаций взгляда); относительная продолжительность контроля *i*-го элемента (%) за время работы; маршруты перемещения взгляда. Например, длительность фиксации позволяет судить об эргономических характеристиках сигналов и мнемознаков, а зрительные маршруты при выполнении алго-

ритмов управления — о характеристиках компоновки ИУП. Они также могут дать оценку операторских процессов информационного поиска, на основе которой делаются выводы о сформированной системе видеоскадров для управления ТС.

Оценка различимости информации на ИУП проводилась путем опроса оператора о значениях параметров, отображаемых на индикаторах. Экспериментатор в произвольном порядке называл параметр, а оператор должен был максимально быстро осуществить его поиск и определить его значение. Регистрировалось время считывания (от начала поиска до ответа) и содержание ответа. Оценкой служила вероятность правильных ответов:

$$P_{пр} = (N_n / N_0) 100\%,$$

где N_0 — общее число ответов; N_n — число правильных ответов.

Результаты измерений. При работе оператора за пультом СУ ЭЭС типовая задача состояла в переводе нагрузки с дизель-генератора на турбогенератор, т. е. регулирования частоты вращения линии вала, включении (отключении) отдельных систем, изменении оборотов главных насосов 1-го контура. В процессе решения задачи неожиданно вводилась аварийная ситуация по выходу параметров за уставку.

Типовая задача оператора СУ ОКС состояла в управлении режимами заполнения или продувания цистерн главного балласта системы погружения/всплытия. Деятельность опе-

Сравнительная характеристика успешности действий оператора при использовании различных ОУ

Средство управления	Среднее время		Несрабатывание органов управления при воздействии на них, %	Обеспечение ОУ требуемых действий, %
	от начала задачи до назначения устройства на управление, с	от назначения устройства до исполнения действия, с		
Манипулятор: тензометрический шаровой	3,1 ± 0,7	2,5 ± 1,0	Нет	100
	2,9 ± 1,0	2,3 ± 1,0	Нет	100
Функциональная клавиатура: с замкнутым циклом со свободным маршрутом	6,0 ± 1,7	1,0 ± 0,3	Нет	100
	3,0 ± 1,4	1,0 ± 0,3	Нет	100
Ключи дистанционного управления (+кнопки-табло)	1,5 ± 0,4	0,7 ± 0,2	Нет	—
Сенсорная панель	1,7 ± 1,2	1,0 ± 0,3	8,7	75

Таблица 2

Точностные характеристики параметров			
Режим	Отклонение, средн. (мин. — макс.)		Оценка качества управления
	Глубина, м	Курс, град.	
Стабилизация	0,2 (0—0,2)	0,1 (0—0,1)	Отлично
Маневрирование:			
по глубине	0,3 (0,2—0,4)	0,2 (0,1—0,3)	Отлично
по курсу	0,4 (0—0,7)	0,1 (0—0,2)	Отлично
ПАЗ	2	0,2	Отлично

раторов заключалась в следующем: за минимальное время и безошибочно выполнить ряд последовательных операций (поиск необходимой системы ТС; назначение того или иного объекта на управление; выдача команды на исполнение или ее отмена). В отдельных режимах оператору предлагалось изменить значение того или иного параметра работы системы. В аварийных ситуациях оператор должен был своевременно обнаружить АС, определить ее вид и выполнить противоаварийные действия. Характеристика успешности действий оператора при решении задач с использованием различных органов управления (ОУ) для деятельности дискретно-логического вида приведена в табл. 1, из которой видно, что при использовании клавиатуры с замкнутым циклом время выполнения действия по назначению объекта к управлению в 2—3 раза больше по сравнению с другими ОУ.

Применительно к задачам СУ ЭЭС среднее время фиксации и количество переносов взгляда оператора за 1 мин при использовании клавиатуры с замкнутым циклом составляет 0,89 и 67,4 с соответственно; для клавиатуры со свободным маршрутом — 0,51 и 39,4 с; тензометрического манипулятора — 1,53 и 39,15 с. Эти данные свидетельствуют о более напряженной зрительной работе оператора при использовании клавиатуры с замкнутым циклом.

При работе с тензометрическим манипулятором оператор испытывал затруднения как при назначении объекта (элемента ТС) на управление, так и при выдаче или отмене команды на исполнение (см. табл. 1). Средняя длительность фиксации взгляда оператора при использовании тензометрического манипулятора почти в 2 раза больше по сравнению с клавиатурой. На осно-

ве этих данных можно сделать вывод о том, что выполнение типовых операций (действий) посредством перемещения курсора по экрану дисплея с помощью тензометрического манипулятора требует большего зрительного контроля и выполнения значительного количества координированных разнонаправленных движений рукой по сравнению с действиями, выполняемыми при использовании кнопок функциональной клавиатуры. Сравнение сенсорной панели (пульт управления ГЭУ) с шаровым манипулятором указывает на более простое выполнение операций с помощью сенсорной панели. Ее достоинством является возможность выбора режима, назначения элемента ТС на управление, исполнения команды, осуществления набора и ввода буквенно-цифровой информации на одном ИУП. Однако наряду с отмеченными достоинствами сенсорная панель в настоящем исполнении имела существенные технологические недостатки (реализация команд с временной задержкой, не обеспечивала весь объем операций при работе специалиста).

На основе измерения характеристик работы операторов дискретно-логического вида деятельности за пультами СУ ГЭУ, ЭЭС, ОКС были даны рекомендации для устранения следующих недостатков ИУП: перегруженность видеокладов вспомогательной информацией; недостаточная четкость выделения функциональных зон на видеокладах; недостаточная информативность индикации обратной связи о выполнении операций и информативность индикации зон срабатывания команд отображаемых элементов ТС; частая смена видеокладов при решении одной типовой задачи; недостаточный привлекающий эффект индикации аварийного сигнала.

Специфика аналого-следящего вида деятельности оператора СУМ нашла отражение при выполнении им следующих типовых задач: стабилизация объекта по курсу и глубине на определенной скорости хода с заданными параметрами движения (курс, глубина); маневрирование по курсу на заданной постоянной скорости и глубине, маневрирование на глубине с постоянным курсом; решение противоаварийной задачи (ПАЗ) при провале объекта на глубину. Оператор должен был точ-

Таблица 3

Характеристика распределения внимания оператора при выполнении типовых задач СУМ							
Параметр	Задача	Зона фиксации					Резервы внимания
		Управляющие символы	Текущие и заданные значения	Шкала			
				НГР	глубины	курса	
Общее время контроля, %	Маневр по глубине	65,1	4,6	3,2	4,2	1,4	21,5
	Маневр по курсу	71,5	2,5	7,8	3,1	1,1	13,9
	Стабилизация	64,5	9,8	6,0	3,4	0,8	15,5
	ПАЗ	51,8	10,8	4,2	2,8	0,4	30,2
Относительное количество фиксаций, %	Маневр по глубине	46,2	8,0	10,7	4,4	3,6	27,1
	Маневр по курсу	45,5	4,0	20,2	2,1	28,3	25,2
	Стабилизация	48,3	9,0	14,3	1,4	1,5	25,5
	ПАЗ	46,7	10,3	6,5	4,5	0,9	31,1
Среднее время контроля, с	Маневр по глубине	1,9	0,8	0,4	0,7	0,5	1,0
	Маневр по курсу	1,7	0,7	0,4	0,5	0,4	0,5
	Стабилизация	1,4	1,2	0,4	0,4	0,6	0,6
	ПАЗ	1,0	0,9	0,6	0,6	0,4	0,9

но выдерживать заданные параметры движения объекта и выполнять маневры за минимальное время. Как видно из табл. 2, оператор выполнял типовые задачи с высокой точностью, при этом максимальные отклонения не выходили за границы диапазонов, соответствующих оценке «отлично». Отображение на экране прогнозирующей информации о тенденции изменения положения объекта в пространстве в значительной степени способствовало более точному управлению движением. Оператор не испытывал существенных затруднений при оценке необходимой информации о положении объекта и параметрах движения.

Анализ структуры сбора информации оператором при решении типовых задач СУМ (табл. 3) показал, что структура сбора носит систематизированный характер. Основное внимание (от 51 до 71,5% от общего времени контроля) оператор уделял центральной части видеокadra, где представлены в графическом виде силуэт объекта, текущие, заданные и прогнозируемые сигналы управления, при этом средняя длительность фиксации взгляда составляла

Таблица 4

Характеристика считывания информации с экрана индикатора СУМ			
Считываемый параметр	Средняя величина ошибки	Время считывания, с	
		$\chi_{ср}$	σ_n
Курс, град.	0,68	2,8	0,96
Крен, град.	0,16	2,17	0,39
Глубина, м	0,9	2,8	0,82
Дифферент, град.	0,19	2,5	0,63
Положение вертикальных рулей	0	2,7	0,55
Положение носовых горизонтальных рулей (НГР)	0,08	1,9	0,43
Положение больших кормовых горизонтальных рулей	0	2,7	0,76

от 1 до 1,9 с. Короткими фиксациями (0,4—0,6 с) оператор добирал дополнительную информацию со шкал и счетчиков, расположенных на периферической части индикатора. При этом маршруты, как правило, проходили через центральную часть индикатора (рис. 2). При выполнении задачи маневрирования

по курсу управляющие сигналы требовали наибольшего внимания (71,5%) по сравнению с другими режимами, соответственно при этом уменьшался объем резервов внимания (на 8—10%). Есть основание считать, что причиной этого является «высокая чувствительность» сигнала по курсу по сравнению с сигналами управления глубиной.

Необходимо отметить, что длительность считывания параметров, находящихся в зоне текущих и заданных значений (верхняя часть индикатора), в 1,5—2 раза больше времени считывания аналогичных параметров со шкал. Это может быть связано с затруднениями в выделении необходимой информации из данной зоны.

Экспериментальная оценка считывания параметров шкал с экрана индикатора СУМ проводилась путем опроса оператора в процессе управления объектом. Параметры шкал опрашивались в произвольном порядке. В задачу оператора входило максимально быстрое и точное определение значения параметра. Ответ оператор давал в устной форме. При этом регистрировалось

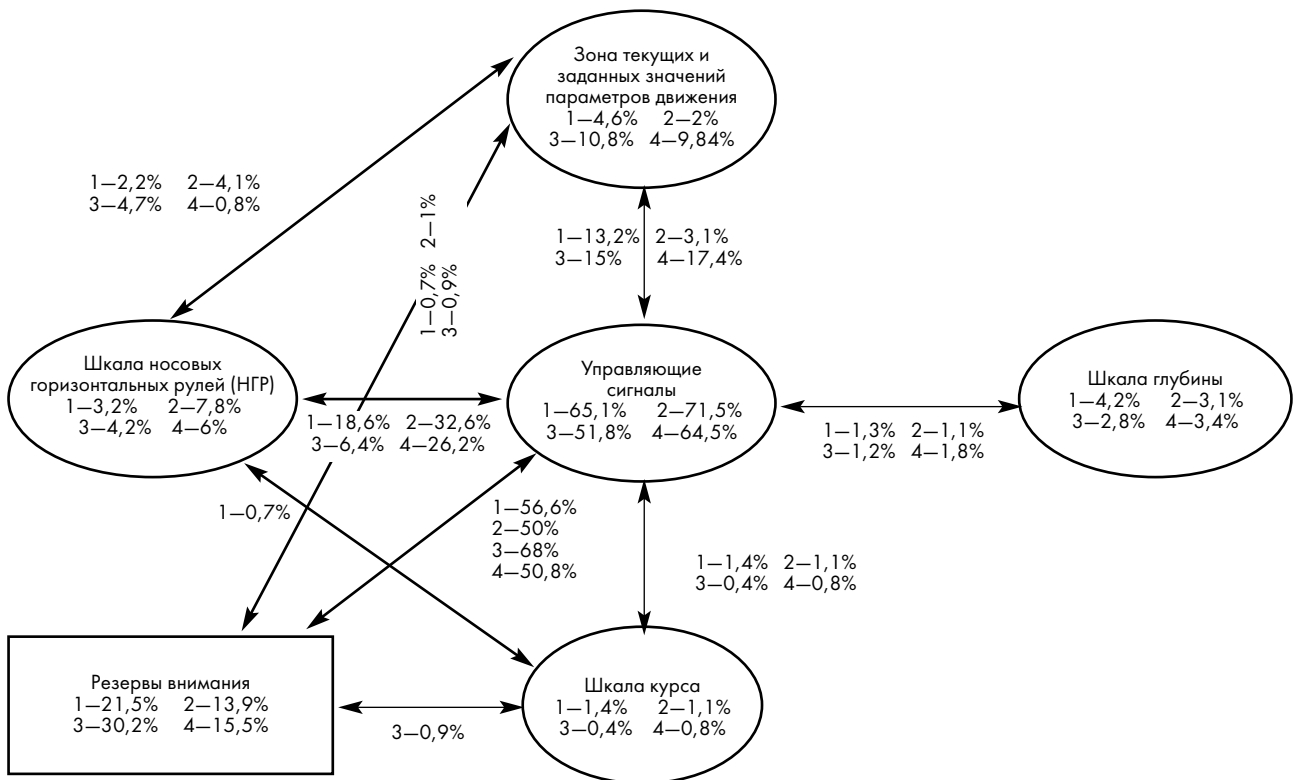


Рис. 2. Структура сбора информации оператором СУМ:

1 — маневр по глубине; 2 — маневр по курсу; 3 — противоаварийная задача; 4 — стабилизация

Таблица 5

Яркость и контраст элементов изображения различного цвета на экране монитора при уровне регулировки, выбранном оператором

Цвет элемента	Зеленый	Серый (фон)	Белый	Розовый	Желтый	Голубой
Яркость, кд/м	63	41	156	72	103	95
Контраст, отн. ед.	0,54	—	2,80	0,76	1,51	1,31

латентное время реакции оператора (от запроса до начала ответа) и содержание ответа. Приведенные в табл. 4 результаты считывания информации со шкал на экране СУМ свидетельствуют о достаточно надежной различимости значений параметров шкал. Время считывания значения задаваемого параметра в 70—80% случаев не превышало 2,5 с, в отдельных случаях было 3,5 с и более.

В процессе экспериментов регистрировались также временные характеристики действий при работе с меню и вводе заданных параметров. Операции по переходу с одного видеокadra на другой (например, с видеокadra «Дифферентовка» на «Основной») занимали в среднем от 3 до 4 с.

На основе измерения характеристик работы оператора аналогичного вида деятельности за пультом СУМ были даны рекомендации для устранения следующих недостатков ИУП: информационное поле основного индикатора перегружено второстепенной информацией (например, выбором диапазонов глубины и курса, степени фильтрации алгоритмов, выбором клавиатуры и т. д.); нецелесообразное использование смены цвета шкал глубины и курса в зависимости от масштаба параметров.

Различимость информации на СОИ определялась на основе оценки светотехнических и визуальных характеристик видеокadres, отображаемых на экранах мониторов всех СУ (фотометрическое измерение яркостных и контрастных характеристик элементов изображения, расчетно-измерительное определение пространственных характеристик надписей и субъективная оценка цветового решения видеокadres). Все мониторы имели ручную регулировку, обеспечивающую плавное изменение яркости изображения от нулевого до максимального значения и дающую возможность оператору самостоятель-

но выбирать предпочтительный уровень. Исходя из того, что уровень освещенности на объекте стационарен и близок к оптимальным значениям, определение максимальных значений яркости элементов изображения не являлось критичным. В этих условиях основным фактором, обуславливающим комфортность зрительного восприятия, является равномерность распределения яркости и контраста по полю экрана монитора. Проведенные измерения (табл. 5) показали, что энергетические характеристики мониторов обеспечивали создание достаточно высоких значений яркости и контраста элементов изображения, а различия между максимальным и минимальным значением яркости и контраста существенно превышают рекомендованные значения (не более чем в 3 раза).

Значительное влияние на надежность зрительного восприятия визуальной информации оказывают пространственные характеристики знаковой информации и, прежде всего, угловые размеры, которые зависят от соотношения линейных размеров наблюдаемого знака и дистанции наблюдения. Так, рабочая дистанция наблюдения экрана монитора с рабочего места оператора составляет 75—85 см, а линейный размер основных шрифтов составляет 3, 5 и 7 мм. При этом угловые размеры наблюдаемых знаков составили соответственно 12—14, 20—23 и 28—32 угловых минуты. В соответствии с общими эргономическими требованиями угловые размеры мнемознака должны быть не менее 20 угл. мин. Как показали измерения, для шрифта с линейным размером знака 3 мм это требование не выполняется, так как оператор при считывании надписей вынужден приближаться к экрану монитора на расстояние 55—65 см, т. е. изменять рабочую позу, что может вызывать дополнительное мышечное утомление в шейно-плечевой области, отрицательно сказываться на возможно-

сти концентрации внимания при выполнении основной задачи.

Результаты эргономической оценки эффективности взаимодействия операторов с перспективными СОИ и ОУ позволили разработать ряд конкретных предложений для формирования информационной модели ТС с целью ее отображения операторам и организации управления.

Полученные сравнительные характеристики успешности действий операторов при использовании различных ОУ и субъективные оценки удобства работы с ними позволили проранжировать оцениваемые средства следующим образом: функциональная клавиатура со свободным маршрутом (совместно с кнопками-табло на пульте управления); шаровой манипулятор; тензометрический манипулятор; сенсорная панель.

Выработанные предложения сводились к устранению информационной перегруженности видеокadres вспомогательной информацией; выделению функциональных зон на видеокadres; повышению информативности индикации обратной связи о выполнении операций управления (ввести пооперационный контроль); повышению информативности индикации зон срабатывания команд отображаемых элементов ТС; приведению в соответствие цветового кодирования и местоположения кнопок, отображаемых на экране и находящихся на панели пульта; укрупнению единицы информации на видеокadres решения одной типовой задачи; исключению использования смены цвета шкал глубины и курса в зависимости от масштаба параметров.

Внедрение предложений, полученных в ходе эксперимента, позволит улучшить эргономические характеристики перспективных систем управления ТС и, как следствие этого, исключить возможность аварий по вине человека.

Литература

1. Кобзев В. В., Нефедович А. В. Эргономический анализ деятельности корабельных специалистов в аварийных ситуациях // Судостроение. 2002. № 2.
2. Губинский А. И., Кобзев В. В., Евграфов В. Г. Основы военной эргономики. Л.: ВВМИУ им. Ф. Э. Дзержинского, 1977.
3. Энциклопедический справочник по авиационной эргономике и экологии. М.: изд-во Ин-та психологии РАН, 1997.

РАСЧЕТ КРАНЦЕВЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ БУКСИРОВКЕ СУДОВ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Н. В. Куликов, канд. техн. наук (ОАО «Лукойл Арктик Танкер»)

УДК 629.5.028.3.001.24:629.561.5

Одним из важнейших элементов буксирного устройства современного ледокола является кранцевая защита судовых конструкций при буксировке судов ледоколом вплотную и методом толкания. Эффективность кранцевой защиты во многом зависит от того, насколько правильно она спроектирована. При этом главное — правильно определить действующую на них нагрузку. Разработке методов расчета кранцевой защиты посвящен ряд работ [1–3]. Предложенные в них расчетные зависимости не всегда удобно использовать на практике. Так, в работе [2] дана формула, в которую в качестве параметра входит величина выбега ледокола при торможении. Эта характеристика обычно заранее не известна и требуется проведение специальных расчетов или испытаний для ее определения. В другой работе усилие, действующее на кранцы, определяется как произведение ускорения торможения ледокола на массу буксируемого судна [3]. Недостатком этой методики является то, что в ней не учитывается влияние буксируемого судна при определении ускорения торможения состава. Современные суда ледового плавания имеют большое водоизмещение, поэтому инерционная сила, действующая при торможении на ледокол со стороны судна, может быть весьма значительной и, следовательно, оказывать существенное влияние на процесс торможения состава.

В работе [1] принимается, что для кормового кранца ледокола наиболее опасен момент внезапной остановки ледокола в тяжелом льду. Дифференциальное уравнение движения буксируемого судна для этого случая:

$$M_S \ddot{y} = -Q + T_{ES}, \quad (1)$$

где \ddot{y} — перемещение буксируемого судна относительно ледокола; T_{ES} — тяга судна (обычно принимается постоянной); $Q = c_k y$ и $Q = (y_0 - y)^n - B$ — линеаризованная и нелинейная силовые характеристики кранцев со-

ответственно. Начальные условия: $y = 0$; $\dot{y} = V_0$ при $t = 0$. Решение уравнения (1) при линеаризованной силовой характеристике кранца может быть записано следующим образом:

$$Q = T_{ES} - T_{ES} \cos \sqrt{\frac{c_k}{M_S}} t + \frac{V_0 \sqrt{M_S}}{T_{ES} \sqrt{c_k}} \sin \sqrt{\frac{c_k}{M_S}} t. \quad (2)$$

Существенным недостатком такого подхода является предположение о мгновенной остановке проводящего буксировку ледокола. Это можно считать оправданным в случае буксировки небольшого судна. Уве-

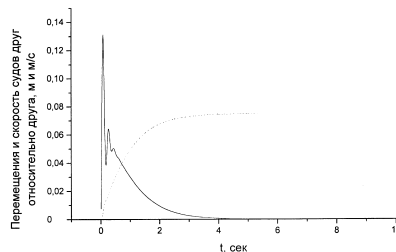


Рис. 1. Кинематические параметры движения судна относительно ледокола при столкновении с торосом, глубина кила которого составляет 10 м:

— скорость;
- - - - перемещение

личение тоннажа буксируемого судна приводит к значительному росту продольной нагрузки на кранец при торможении состава. Однако в условиях эксплуатации остановка ледокола никогда не бывает мгновенной. Поэтому вероятность мгновенной остановки крупнотоннажного объекта в реальных условиях плавания можно не учитывать.

Необходимость рассмотрения движения при взаимодействии состава с ледовой преградой — как буксируемого судна, так и ледокола, а также их относительного перемещения — определяет выбор соответствующей математической модели

в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} (1 + k_{11}^I) M_I \dot{x}_I = T_{IE}(x_I) - R_I(x_I) + F_k - R + F_{k0}, \\ (1 + k_{11}^S) M_S \dot{x}_S = T_{SE}(x_S) - F_k - F_{k0}, \end{cases} \quad (3)$$

где индекс «I» относится к ледоколу, а «S» — к судну.

Коэффициенты присоединенных масс жидкости вычисляются по традиционным формулам [4]. Тягу движительного комплекса ледокола и судна можно представить в виде линейных функций от скорости движения:

$$T_{IE}(x_I) = T_{IE0} - A_I x_I, \quad (4)$$

$$T_{SE}(x_S) = T_{SE0} - A_S x_S,$$

где T_{IE0} , T_{SE0} — тяги движительных комплексов на швартовном режиме ледокола и судна соответственно; A_I , A_S — коэффициенты, характеризующие степень уменьшения тяги при возрастании скорости движения ледокола и судна соответственно.

Ледовое сопротивление ледокола, препятствующее его проникновению в торос, в соответствии с формулой, предложенной в работе [5], может быть записано следующим образом:

$$R_I(x_I) = C_{R1} x_I + C_{R2} x_I^2, \quad (5)$$

где R — ледовое сопротивление, которое имела сцепка «ледокол — транспортное судно» до взаимодействия с торосом. Его можно записать в виде

$$R = T_{IE} + F_{k0}; \quad F_{k0} = T_{SE} \quad (6)$$

(здесь F_{k0} — усилие, необходимое для начального обжатия кранцев).

Начальные условия для системы уравнений (3) задаются следующим образом:

$$x_I = x_S = 0; \quad \dot{x}_I = \dot{x}_S = V_0, \quad (7)$$

где V_0 — скорость сцепки перед взаимодействием с препятствием.

Примеры расчетов по формулам (3)–(7) представлены ниже. Результаты получены для гипотетической сцепки, состоящей из ледокола (длина 100 м, ширина 20 м, осадка 9 м) и транспортного судна (длина 120 м, ширина 18 м, осадка 9 м). Из рис. 1 видно, что в начале взаимодействия сцепки с торосом скорость судов от-

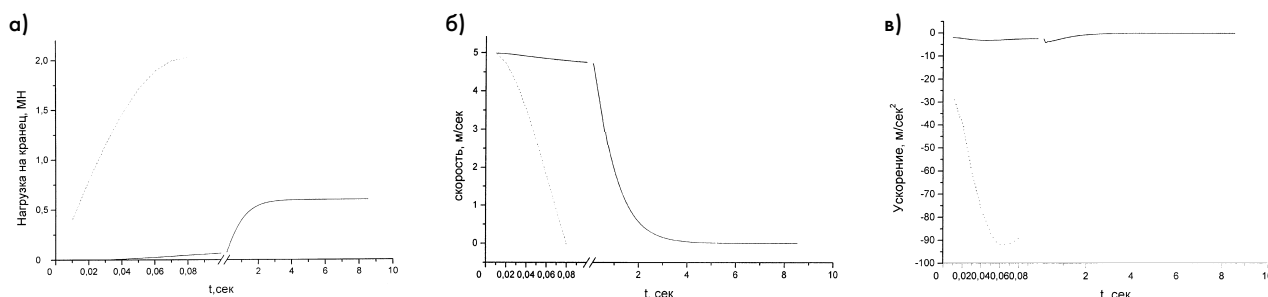


Рис. 2. Результаты расчетов усилия в кранцах (а), скорости движения (б) и ускорения (в) по двум математическим моделям:
..... — по формуле (1); — по формулам (3)—(7)

носительно друг друга практически скачком возрастает до значительной величины, затем происходит колебательный переходный процесс, после чего скорость плавно уменьшается до нуля при остановке сцепки.

Смещение судов остается практически не чувствительным к колебаниям скорости, поэтому оно монотонно возрастает в процессе внедрения сцепки в торос до максимальной величины. Интересно отметить, что практически максимальное значение перемещения, а следовательно, и усилия, действующего на кранец, достигается на первой трети процесса внедрения в торос. Затем перемещение увеличивается незначительно.

Сравнение динамических и кинематических параметров при взаимодействии сцепки с торосом, рассчитанных по разным математическим моделям (рис. 2), позволяет сделать следующие выводы.

- Расчет по формуле (1) может приводить к существенным ошибкам при определении динамических и кинематических параметров взаимодействия ледокола и буксируемого судна.

- Нагрузки на кранцевую защиту, предсказываемые этими двумя моделями, отличаются в 4 раза. Такое большое различие возникает, как это следует из рассмотрения кинематических характеристик движения, из-за неправильного учета инерционной составляющей силы в формуле (1). Предположение о мгновенной остановке ледокола при взаимодействии с торосом приводит к неправдоподобно большому значению ускорения торможения, которое достигает величины 9...10 g. Как показывают наблюдения, в реальных условиях эксплуатации судов значение ускорения торможения состава примерно в 300—400 раз меньше [6].

- Расчет по формулам (3)—(7) может применяться и для случая буксировки судов методом толкания, когда между толкаемым судном и толкачем отсутствует специальное сцепное устройство, обеспечивающее жесткость связи между ними. Пример применения этой математической модели содержится в работе [7].

Литература

1. Казарезов А. Я., Магула В. Э. Кранцевая защита. СПб.: Судостроение, 1992.
2. Лихоманов В. А., Попов Ю. Н. Анализ опыта проводки транспортных судов в кормовом вырезе ледокола // Труды ААНИИ. 1985. Т. 391.
3. Куперман А. М. Кранцевые устройства морских судов. Л.: Судостроение, 1973.
4. Справочник по теории корабля. В 3-х томах. Т. 1. Гидродинамика. Сопротивление движению судов. Судовые движители / Под ред. Я. И. Войтунского. Л.: Судостроение, 1985.
5. Nyman T. Assessing ship operability in ice / Integrated numerical and experimental methods in ship design. VTT Symposium 168, Technical Research Centre of Finland, Espoo, 1996.
6. Старшинов В. А., Ионов Б. П., Макеев А. Н. Экспериментальное исследование усилий при буксировке транспортных судов во льдах // Судостроение. 1990. № 3.
7. Куликов Н. В., Сазонов К. Е. Оценка возможности применения баржебуксирных составов при транзитном плавании по трассе Северного морского пути // Судостроение. 2000. № 3.

ABSTRACTS

«Rusitch» from Nizhny Novgorod

Description of general purpose river-marine cargo 5190 DWT vessel «Rusitch» developed by «Vympel».

Startsev S. B. Computer simulation of rotary vibrations of ship foil structures

The article presents the results of investigation and development of computer technologies of calculation of nonstationary loads at ship foil structures during their rotary vibrations that allow to determine instantaneous and aerohydrodynamic characteristics (AHDC) of foils of any plan size in a wide range of Strouhal numbers.

Kar A. R. Down flooding angle — a quasi-static method

Algorithm of ship's down flooding angle determination with the use of quasi-static method based on the physics of freely floating body is described.

Zhinkin V. B. Bi-rotary propulsor — a hydrodynamic component of multi-functional propulsion-steering complex

The author considers the design of bi-rotary propulsor that can serve as a hydrodynamic component of multifunctional propulsion-steering complex used for provision of amphibian apparatus movement and maneuvering in water and during its exit onto the shore.

Litavrin O. G. Utilization of gas turbine engine waste gases heat at heat-exchange apparatus surface temperature below dew-point

The author gives the results of investigation of experimental gas turbine engine's rendering tank economizer fed with cold water. Recommendations for decrease of negative influence of effects that arise during the operation of heat-exchange apparatuses in conditions of low-temperature corrosion are given.

Petrov N. I., Perevoschikov S. G., Gavrilov E. I. Technical diagnosing of equipment — the way to increase the effectiveness of nuclear icebreakers use

The authors consider the main principles and methodology of nuclear icebreakers shipboard equipment diagnosing on the basis of long-term working experience and existing developments.

Valdayev M. M. Diagnosing of hydraulic drive technical condition

Using the example of hydraulic cargo cranes and steering engines the author shows the possibility of their technical condition diagnosing in case of availability of design, delivery or previously obtained data. For the cranes it is the time of execution of similar operations by different cranes. Pressures, number of switching-on and ship's yaw are diagnostic parameters in steering engines.

Kulikov N. V. Calculation of fender devices at towing of ships in ice conditions

A new methodology is given for calculation of dynamic and kinematical parameters of icebreaker and towed ship that permit to evaluate correctly the loads that effect upon fender devices and hull structures during piloting ships in ice.

Goltraph V. I., Kobzev V. V., Nefedovitch A. V., Goncharova T. A., Lemeschenko N. A. Ergonomic expertise of prospective shipboard means of data display and control

The authors give a description of a procedure for experimental evaluation of characteristics of operator's working with prospective means of data display and control, consider the results of measurements of these characteristics for the purpose of refining of ergonomic indexes of prospect shipboard control system boards' data-controlling panels.

Skachkov Yu. V., Belousov O. A. Prospects of utilization of electro-chemical generator in the complex of shipboard electric power system

The article considers the possibility of increase in shipboard electric power systems installed power by the way of prospective energy sources — electro-chemical generators (ECG) — utilization in a power plant complex. Comparative analysis of shipboard energetics is made conformably to the tasks of underwater vessels use.

Vlasov A. V. On the problem of life cycle of cables with rubber insulation

The author considers the main stages of elaboration of procedure for calculation of life cycle of cables with rubber insulation at thermal aging. Values of life cycles of widely used KNR and NRShM cables are given.

Bagaeв G. V., Obratsov A. S. Application of project data management system in shipbuilding

The article considers the problems of introduction of modern technologies of ship's life cycle process information support.

Kovalyov A. Yu. Employment of «Ritm-Sudno» system for salvation of mechanical engineering tasks

The author tells about the experience of employment of computer system «Ritm-Sudno» by specialists of CRIST «Ritm-Inforn» department in development of electric train operator's cabin module (OCM) and adaptation of OCM design for the possibility of its building at a shipyard.

Gorbach V. D., Hvalynsky V. N. Residual reactive stresses of spherical shell after welding-in of branch tube

The authors propose an approximate calculation of residual welding reactive stresses in spherical shell that arose from its multiple-pass welding with cylindrical branch tube.

Agunov A. V. Energy-saving modernization of shipyards welding equipment

A simple approach to refining of welding power sources available at shipbuilding enterprises by power factor correction units is described. The proposed approach is an inexpensive salvation for the problem of supply main quality improvement and decrease of electric power consumption by welding equipment.

INTERNATIONAL MARITIME DEFENCE SHOW

25-29 June 2003

St. Petersburg, Russia

Первый российский
Международный военно-
морской салон станет
значительным событием,
направленным на
укрепление авторитета
России как великой
морской державы



Через
сотрудничество –
к миру
и прогрессу!

ОРГАНИЗАТОР



Российское агентство
по судостроению

ПРИ УЧАСТИИ



Администрация
Санкт-Петербурга



Министерство
обороны РФ



Комитет РФ по
Военно-техническому
сотрудничеству



ФГУП
РОСОБОРОНЭКСПОРТ

РАЗДЕЛЫ САЛОНА

Экспозиционно-выставочный
Военно-научный
Демонстрация ВМТ и оружия
Форум лидеров мирового судостроения
VIP-переговоры
Посещение предприятий ОПК
История развития военного
судостроения в России
Комплекс мероприятий, посвященных
300-летию Санкт-Петербурга

В выставке смогут принять участие российские и зарубежные разработчики и производители военно-морской техники, а также широкий круг предприятий-поставщиков комплектующих систем, оборудования, материалов и услуг для ВМФ и оборонной промышленности. Участники и гости салона установят взаимовыгодные деловые связи с российскими и зарубежными партнерами и заказчиками.



ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ

- Военное кораблестроение и судостроение
- Оружие, вооружение и комплексы управления оружием
- Системы боевого управления, связь, радиоэлектронное, радиотехническое и гидроакустическое оборудование
- Энергетические установки, корабельные системы и устройства, вспомогательное оборудование
- Морская авиация (корабельного и берегового базирования)
- Навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение
- Вооружение береговых частей ВМФ
- Инфраструктура обеспечения ВМФ
- Поискно-спасательное обеспечение
- Система подготовки кадров
- Перспективные материалы и технологии

IMDS 2003

www.navalshow.ru

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО-МОРСКОЙ САЛОН

Россия, 196191,
Санкт-Петербург,
Ленинский пр., 168, а/я 30
Тел./факс:
(812) 449-0260, 370-9061;
E-mail: info@navalshow.ru
ЗАО "Морской салон"

ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ В 2003 ГОДУ

Int. Maritime and Port Security Conference

21—23 января
Сингапур
E-mail: ctmapl@singnet.com.sg

Korrosionsschutz in der maritimen Technik

22—23 января
Гамбург, ФРГ
E-mail: ale@germanlloyd.org

Sinaval/Eurofishing

22—25 января
Бильбао, Испания
www.feriaint-bilbao.es

Underwater Intervention 2003

10—12 февраля
Новый Орлеан, США
www.underwaterintervention.com
CFD 2003: Computational

Fluid Dynamics Technology in Ship Hydrodynamics

6—7 февраля
Лондон, Великобритания
www.rina.org.uk

Vene 03 Bat

Выставки лодок, катеров, яхт
8—16 февраля
Хельсинки, Финляндия
www.finnexpo.fi/vene
Asian Shipping

Work Boat World Asia

18—20 февраля
Сингапур
www.baird.com.au

Seatrade Cruise Shipping Convention

3—7 марта
Майами, США
www.cruiseshipping.net

VII Annual Offshore West Africa Conference and Exhibition

11—13 марта
Виндхук, Намибия
www.offshorwestafrica.com

Море. Ресурсы. Технология 2003

13—15 марта
Мурманск, Россия
www.sppmo.ru

Asia Pacific Maritime 2003

18—20 марта
Сингапур
E-mail: linda.sim@reedexpo.com.sg

Gulf Maritime

25—27 марта
ОАЭ
www.baird.com.au

VIII международная конференция по транспорту и логистике «ТрансРоссия 2003»

24—25 марта
Москва, Россия
www.ite-conferences.ru

Passenger Ship Safety

25—26 марта
Лондон, Великобритания
www.rina.org.uk

XIII International Harbour Congress Engineering.

Environment and Safety
30 марта — 2 апреля
Антверпен, Бельгия
www.fi.kviv.be/conf/have.htm

International Oil Spill Conference

6—10 апреля
Ванкувер, Канада
www.iosc.org

Meddle East Aquaculture & Fishing Show 2003

20—23 апреля
Дубай, ОАЭ
www.mediad-com.com

VII African Oil&Gas, Trade&Finance Conference & Exhibition

20—23 мая
Луанда, Ангола
E-mail: dan.coberman@ite-exhibitions.com

Hannover Messe

7—12 апреля
Ганновер, ФРГ
www.messe.de

Fundamentals of Contract and Change Management for Ship Construction, Repair & Design

9—11 апреля
Лондон, Великобритания
www.rina.org.uk

Boat Show 2003

11—13 апреля
Рига, Латвия
www.bt1.lv

Design and Operation of Container Ships

23—24 апреля
Лондон, Великобритания
www.rina.org.uk

Cruise + Ferry 2003

13—15 мая
Лондон, Великобритания
E-mail: michelle.fisk@informa.com

Boat Show

16—18 мая
Таллин, Эстония
www.barrelbg.ee

V международный научно-промышленный форум «Великие реки»

20—23 мая
Нижний Новгород, Россия
www.yarmarka.ru

Nor-Shipping 2003

3—6 июня
Осло, Норвегия
E-mail: nv@messe.no

Бот шоу 2003

4—8 июня
Санкт-Петербург, Россия
www.lenexpo.ru

Первый международный военно-морской салон

25—29 июня
Санкт-Петербург, Россия
www.navalshow.ru

Информационные технологии в судостроении 2003

26—27 июня, ОАО «Северная верфь»
Санкт-Петербург, Россия
тел. 812-3803825

VI международная выставка «Транстек-2003»

10—13 сентября
Санкт-Петербург, Россия
www.setcorp.ru/transtec

Port & Maritime R & D Technology

10—13 сентября
Сингапур
E-mail: ops@acedaytons-ditect.com

Дефектоскопия 2003

9—12 сентября
Санкт-Петербург, Россия
Тел. 812-3206363

V международная выставка «Нефть и газ шельфовой зоны СНГ»

VI международная конференция «Освоение шельфа арктических морей России»

16—19 сентября
Санкт-Петербург, Россия
тел. 812-3206363

Seatrade London

Int. Maritime Convention
16—18 сентября
Лондон, Великобритания
E-mail: nbailey@seatrade-global.com

VI международная выставка и конференция «Нева-2003»

22—25 сентября
Санкт-Петербург, Россия
www.setcorp.ru/neva

Промэкспо—Российский промышленник

22—25 октября
Санкт-Петербург, Россия
тел. 812-3206363

EuroPort 2003

18—22 ноября
Амстердам, Нидерланды
www.europort 2003.com

Hi-Tech 2003

9—12 июня
Санкт-Петербург, Россия
Тел. 812-3206363

Выставка-конференция «Двигатели»

17—20 июня
Санкт-Петербург, Россия
Тел. 812-3206363

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА В СОСТАВЕ СУДОВОЙ ЭЭС

Ю. В. Скачков, докт. техн. наук, О. А. Белоусов,
канд. техн. наук (ВМИИ)

УДК 352:629.5.03

В последнее время все более актуальной становится задача освоения принципиально новых методов получения электроэнергии, основанных на прямом преобразовании тепловой, химической и других видов энергии в электрическую. Это обусловлено рядом позитивных и негативных причин, основные из которых — удорожание и дефицит обычного топлива; экономический кризис и падение производства в ведущих отраслях энергетики страны; высокая конкурентоспособность на рынке технологий и техники среди наиболее развитых стран мира; новый взгляд на вопросы экологической чистоты всех видов техники; прогресс, достигнутый в последнее время в ряде областей науки и техники, позволяющий дать новый импульс развитию нетрадиционных энергетических технологий.

Современные электроэнергетические системы, оперируя большими энергетическими потоками, остро нуждаются в автономных системах хранения и получения энергии, т. е. в таких устройствах, которые могут накапливать, сохранять и при необходимости генерировать энергию.

Аккумуляторные батареи (АБ), повсеместно принятые сегодня в качестве основных автономных источников энергии, обладают уникальными свойствами: они способны накапливать химическую энергию, а при необходимости преобразовывать ее в электрическую. Однако более широкому применению аккумуляторов препятствует то обстоятельство, что их важнейшие параметры — удельная энергия и мощность, срок службы, организация эксплуатации — часто не соответствуют возросшим требованиям, предъявляемым к источникам энергии с улучшенными тактико-техническими характеристиками. При этом усовершенствование существующих и создаваемых АБ не может обеспечить в полной мере решение всех поставленных задач. Кардинальным решением этой проблемы является поиск и использование более эффективных источников энергии.

Реальную альтернативу аккумуляторам могут составить электрохимические генераторы (ЭХГ), в основу которых положен принцип получения электрической энергии посредством преобразования ее химической формы в электрическую [1]. В отличие от химических источников тока в ЭХГ для получения электроэнергии в качестве реагентов

обычно используются не металлы и их соединения, а неэлектропроводные вещества, значительно менее дорогие и недефицитные, например, водород, кислород, водородосодержащие газы. Поэтому ЭХГ по сравнению с АБ и гальваническими элементами обладают малой материалоемкостью. Их отличают высокий КПД (60—80%), его постоянство при изменении нагрузки, бесшумность, экологическая чистота, анаэробность и компактность. Существенным является и то, что ЭХГ относятся к первичным химическим источникам электрической энергии.

Перспективы развития таких источников тока, основанных на прямом преобразовании химической энергии в электрическую, и возможности их применения в технике внушают определенный оптимизм. Уже сейчас ясно, что они обладают хорошими удельными показателями, высокой надежностью и большим ресурсом. Их использование может заметно улучшить ряд качеств корабельной электроэнергетической системы или системы электродвижения, привести к открытию новых технических решений и разработке эффективных тактических приемов по использованию образцов техники. В настоящее время создано значительное количество конструкций ЭХГ, испытанных в лабораторных условиях и при эксплуатации в ряде отраслей космической техники и технологии. При этом в других отраслях техники ЭХГ еще не получили широкого распространения, поскольку степень их совершенства, стоимостные показатели, трудности с финансированием не позволяют в полной мере использовать их в качестве источников энергии.

Многие страны, производящие подводные лодки (ПЛ), создают и предлагают проекты ПЛ с анаэробными установками без доступа атмосферного воздуха AIR (air-independent propulsion system) на базе ЭХГ. Но лишь некоторые из них сумели реализовать подобные проекты и проверить на практике работоспособность и эффективность таких установок. В США, Германии, Великобритании, Франции, Швеции и Японии исследования и испытания подводных энергоустановок с ЭХГ для использования в мирных целях проводятся параллельно с разработкой проектов, предназначенных для военно-морских сил.

Актуальность проблемы внедрения ЭХГ на флоте определяется, кроме того, боль-

шой конкуренцией среди стран — экспортеров ПЛ, ведущее место среди которых занимает Россия.

В июле 1998 г. министр обороны Германии Фолькер Рюэ присутствовал на закладке первой ПЛ U-31 (пр. 212) на верфи компании HDW [2]. Данное событие ознаменовало собой завершение 25-летнего периода разработки проекта ПЛ принципиально нового класса, появление которой на морских просторах, как полагают зарубежные аналитики, приведет к существенным изменениям во взглядах на боевое применение подводных сил ведущих морских держав.

Контракт на строительство первых четырех ПЛ нового проекта оценивается в 3 млрд марок ФРГ (1, 6 млрд дол.). Первая и третья лодки (U-31 и U-33) будут строиться на верфи HDW, вторая и четвертая (U-32 и U-34) — на верфи NSWE. Они предназначены для замены четырех самых старых дизельных ПЛ пр. 206А.

Еще две ПЛ пр. 212 намечено построить в Италии в соответствии с соглашением, подписанным в 1996 г. Лодки будут строиться на верфи Fincantieri. Их строительство было начато соответственно в июле 1999 и декабре 2000 гг., спуск на воду спланирован в апреле 2004, ввод в состав ВМС — на октябрь 2004 и декабрь 2005 гг. Отмечается, что в работах по строительству итальянских ПЛ велика доля участия немецких субподрядчиков.

В дальнейшем обе страны планируют построить еще серию ПЛ пр. 212 (Германия — до 12 ед., Италия — две). Новые заказы ожидаются и от других традиционных покупателей немецких ПЛ, которые заинтересованы в эффективной модернизации своих ВМС. Для потенциальных зарубежных заказчиков фирма HDW в конце 1998 г. предложила экспортный вариант ПЛ (пр. 214).

Главные рынки военно-морской техники сегодня — страны Ближнего и Среднего Востока, Юго-Восточной Азии и Южной Америки — уже оценили преимущества установок с ЭХГ, существенно изменивших тактико-технические характеристики импортируемых ПЛ. Так, ВМС Пакистана для замены своих устаревших ПЛ выбрали французские лодки типа Agosta 90В с энергетиче-

ской установкой (ЭУ), работающей без доступа атмосферного воздуха. ВМС ЮАР планируют укрепить свою боевую мощь за счет поставки германских ПЛ пр. U-212. Большой интерес к ПЛ с ЭХГ проявляют ВМС Южной Кореи, Бразилии, Тайваня, Малайзии, Турции, Чили, Колумбии, Эквадора, Индонезии и ряда других стран. Таким образом, сохранение передовых позиций России на рынке сбыта и расширение программ экспорта ПЛ в условиях жесткой конкурентной борьбы возможно лишь при высоком уровне научно-технических разработок в направлении совершенствования анаэробных ЭУ.

Внедрение ЭХГ в состав судовых ЭУ зависит от решения ряда проблем, стоящих перед научными, проектно-технологическими и исследовательскими организациями. К таким не решенным в настоящее время вопросам прямого преобразования энергии в ЭХГ можно отнести:

- отсутствие аналитического описания механизма влияния электрокатализа на рабочие характеристики ЭХГ;
- отсутствие математических моделей топливного элемента (ТЭ) и ЭХГ, позволяющих с достаточной для практики точностью прогнозировать изменение рабочих характеристик ТЭ в процессе их эксплуатации;

- отсутствие общего аналитического описания ЭХГ как электротехнического устройства сложной технической системы;

- отсутствие математического аппарата для расчетов теплового баланса ЭХГ с учетом генерации дополнительного тепла побочных химических реакций, позволяющего прогнозировать изменение рабочих характеристик ТЭ и ЭХГ в зависимости от условий эксплуатации;

- отсутствие механизма расчета скорости необратимых процессов деградации материалов электродов ТЭ с учетом влияния на них различных факторов;

- недостаточная проработка вопросов, посвященных экономическим показателям ЭХГ, отсутствие общей методики их определения;

- не в полной мере решены вопросы обеспечения достаточной скорости и полноты ионизации атомов активных веществ на электродах топливных элементов;

- не исследованы вопросы оптимизации возможностей повышения

мощности ЭХГ использованием резервных способов, таких как увеличение давления и концентрации реагентов, повышение температуры хладоносителя, введение резервных блоков ТЭ и др.;

- отсутствие разработок эффективных систем отвода из ЭХГ продуктов реакции (отработанной воды) и утилизации тепла;

- отсутствие разработок эффективных систем, обеспечивающих полноту использования топлива и окислителя на различных режимах эксплуатации ЭХГ.

Решение этих вопросов может быть осуществлено при глубоком анализе явления электрохимической генерации тока и процессов, происходящих в структурных частях ЭХГ. Большую часть вопросов можно решить, применяя методы математического моделирования ЭУ с ЭХГ. В этой связи целесообразно подробнее рассмотреть некоторые составные процессы получения тока непосредственно в топливных элементах.

Основой любого электрохимического генератора является батарея топливных элементов (рисунок). Соединение ТЭ в блоки осуществляется для получения приемлемого напряжения и плотности тока.

ЭХГ, в свою очередь, входит в состав ЭУ, которая включает в себя систему хранения топлива и окислителя, устройство для преобразования (инвертор) и регулирования напряжения и тока и иногда общую систему терморегулирования и автоматики. Пока нет четкого разделения подсистем, относящихся к ЭХГ и к ЭУ в целом. Так, в одних установках систему терморегулирования относят к ЭХГ, в других — выделяют из ЭХГ. В связи с тем, что расчет удельной энергоемкости невозможен без учета хранения реагентов, необходимо иметь в виду и эти вопросы.

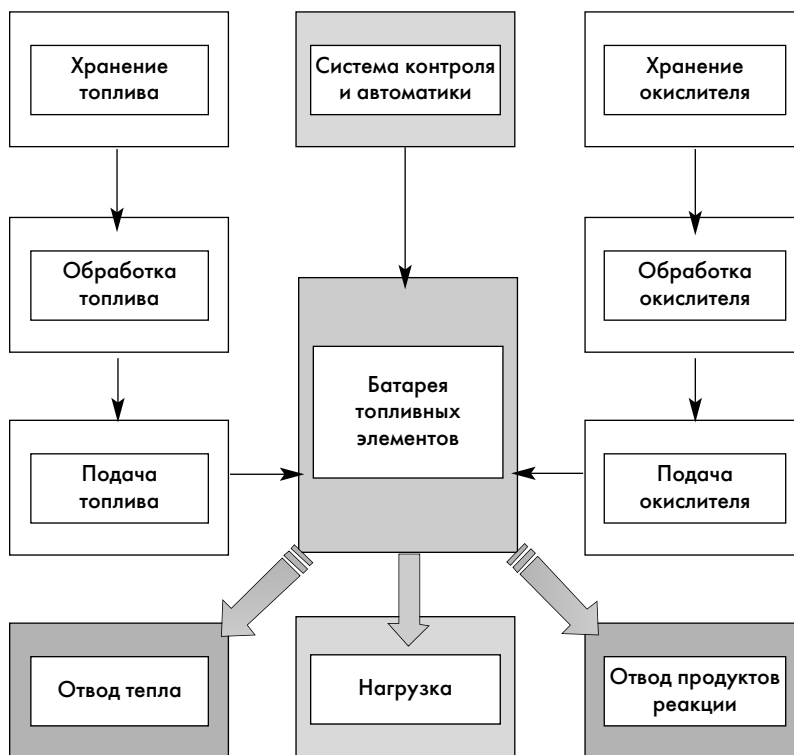
Электроэнергетическая система (ЭЭС) ПЛ представляет собой совокупность электротехнических устройств, объединенных для получения, преобразования, распределения электроэнергии и передачи ее для питания потребителей.

К основным элементам ЭЭС относятся источники электроэнергии (АБ, генераторы, ЭХГ), коммутационные и распределительные устройства, линии электропередачи (кабели и шинопроводы) и преобразователи энергии (электромашинные агрегаты,

трансформаторы, инверторы, преобразователи частоты).

Следовательно, для решения задачи моделирования ЭЭС необходимо рассмотреть особенности моделирования ее основных элементов. В основном модели перечисленных выше элементов ЭЭС в достаточной степени разработаны, изучены и успешно используются на практике. Однако при включении в исследуемую ЭЭС в качестве источника постоянного тока ЭХГ система приобретает новые свойства, обусловленные спецификой получения тока с применением способа «холодного горения» в топливных элементах.

Задача моделирования ЭХГ сводится к математическому описанию характера изменения напряжения на его зажимах в стационарных и переходных режимах работы. Поскольку ЭХГ представляет собой установку, состоящую из батареи ТЭ, то характер изменения его выходного напряжения определяется характером изменения напряжения на зажимах одного ТЭ. Анализ процессов, происходящих в батарее ТЭ, может стать основой для построения математической модели явления электрохимической генерации тока. При построении модели ЭХГ как сложной технической системы необходимо максимально учесть взаимное влияние всех составных частей генератора. Что касается принимаемых при составлении уравнений допущений, то при решении этого вопроса целесообразно исходить из поставленных задач моделирования и практических требований к точности. При этом следует иметь в виду, что, с одной стороны, чем точнее составлены уравнения, т. е. чем больше учтено влияющих факторов, тем достовернее будет описан процесс, но, с другой стороны, чем слож-



Принципиальная схема ЭХГ

нее модель, тем сложнее ее реализация на ЭВМ.

Выводы. 1. Проблема внедрения судовых ЭУ с ЭХГ может быть решена только путем сочетания методов натурального эксперимента и математического моделирования.

2. Математическая модель ЭУ с ЭХГ как сложной технической системы может быть построена по модульному принципу и сформирована на основе аналитического описания и формализации эквивалентной схемы соответствующего устройства. Ее структура может включать в себя математическую модель ТЭ, ЭХГ и ЭЭС.

3. Решение проблемы внедрения ЭУ с ЭХГ в подводном кораблест-

роении позволит: коренным образом изменить тактико-технические характеристики строящихся подводных лодок и подводных аппаратов ВМФ России на базе использования наиболее передовых технологий электрохимической генерации тока; существенно повлиять на соотношение военно-морских сил ведущих морских держав, при этом потребуются значительно меньшие капиталовложения по сравнению с развитием атомных энергетических установок.

Литература

1. Коровин Н. В. Электрохимические генераторы. М.: Энергия, 1974.
2. Яценко И. Новое поколение немецких подводных лодок // Зарубежное военное обозрение. 2000. № 6.

К ВОПРОСУ О СРОКЕ СЛУЖБЫ КАБЕЛЕЙ С РЕЗИНОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

А. Б. Власов, канд. техн. наук (Мурманский ГТУ)

УДК 621.3.048:621.315.616.1

Процессы старения изоляции силовых электрических кабелей на судах происходят при повышенных температурах, влажности воздуха, присутствии загрязнений. В настоя-

щее время на судах кабели с резиновой изоляцией являются самыми распространенными. Во время ремонта и замены кабельных трасс возникает вопрос об их пригоднос-

ти к дальнейшей работе. Как показывает практика, электрические характеристики резиновой изоляции в процессе теплового старения изменяются незначительно, и на их основе сложно прогнозировать остаточный ресурс [1, 2].

Остаточный ресурс судовых кабелей с резиновой изоляцией можно определить в том случае, если известны сроки службы кабеля при его непрерывной эксплуатации в условиях повышенных температур [3, 4].

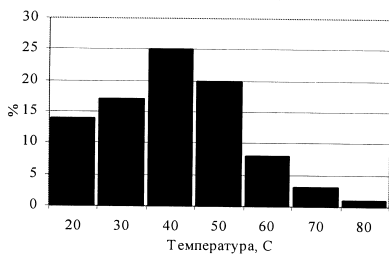


Рис. 1. Гистограмма выборки температур кабельных трасс на судах

В связи с этим разработана методика оценки долговечности реальной кабельной продукции (кабели типа КНР, КНРГ, НРШМ и др.) с учетом физико-химических процессов старения.

Для анализа условий эксплуатации кабельных трасс контролировалась температура окружающей среды в различных помещениях промышленных судов как традиционными методами (датчики температуры, термометры), так и с помощью тепловизионной техники (для оценки и детализации тепловых карт объектов).

Температура кабельных трасс, определявшаяся в течение года в различных районах плавания, в локальных точках существенно отличалась от средней, регистрируемой в помещении. Это отличие было выявлено при анализе температурных режимов с помощью тепловизионной техники. В отдельных точках температура кабельных трасс достигала 70–80 °C и выше, вплоть до 120 °C. Из гистограммы (рис. 1) видно, что более 15% кабельных сетей имеет температуру выше 60 °C, около 5% — температуру 70 °C и выше.

Разогрев изоляции может достигать больших значений в кабельных трассах под действием электрического тока, протекающего по жилам, в условиях недостаточной вентиляции. За счет этого изоляция кабеля ускоренно разрушается.

Шланговая оболочка судовых кабелей типа КНР, КНРГ, НРШМ и других изготавливается из резины на основе полипропилена (наирита). Известно, что доминирующим механизмом старения подобной резины являются реакции окислительного дегидрохлорирования полихло-

ропрена, сопровождающиеся изменением структуры пространственной сетки материала.

Согласно техническим условиям критерием работоспособности кабелей после истечения срока службы является отсутствие на поверхности шланговой оболочки трещин по длине. В процессе теплового старения кабель теряет эластичность, становится жестким. На шланговой оболочке и изоляции жилы первоначально возникает сетка мелких трещинок, а затем трещины, открывающие доступ влажному воздуху и загрязнению вплоть до металлической жилы.

При разработке методики определения срока службы кабелей в процессе теплового старения исследовалась кинетика массопотери изоляции кабелей типа КНР, НРШМ, КНРГ при различных температурах в диапазоне 40–120 °C (рис. 2, 3).

В целом процесс термического старения кабеля может быть описан следующим образом. По мере выдержки материала при повышенной температуре и протекания химических реакций происходит уменьшение его массы; характер изменения кривой (см. рис. 2, 3) идентичен при различных температурах: первоначально скорость потери массы изоляции относительно высока, затем этот процесс замедляется. При достижении критических значений потери массы происходит разрушение (растрескивание) материала под действием внутренних напряжений. Как показывает анализ данных, относительное изменение массы ($\Delta m/m_0$) шланговой изоляции, при котором происходит

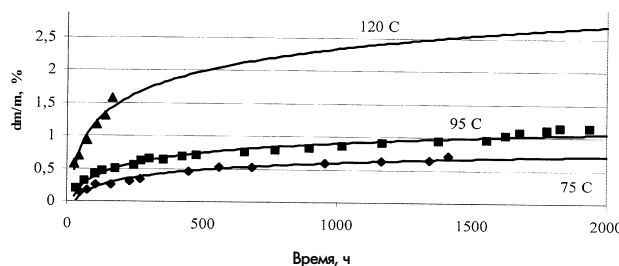


Рис. 2. Кинетика массопотери ($\Delta m/m_0$) кабеля КНР 3x2,5 в процессе теплового старения при различных температурах

развитие трещин, составляет в зависимости от типа кабеля 2–2,5%.

Оценка ресурса работы некоторых материалов базировалась на

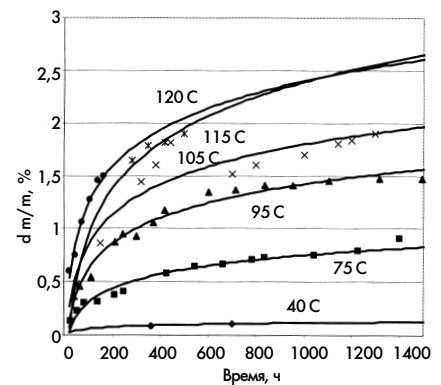


Рис. 3. Кинетика массопотери ($\Delta m/m_0$) кабеля НРШМ 3x1,5 в процессе теплового старения при различных температурах

идеях теории протекания химических реакций, основанных на том, что при достижении некоторого критического значения какого-либо параметра происходит нарушение целостности изоляции [5, 6]. В частности, при старении в ряде материалов изменение массы образца происходит по закону

$$m(t) = m_0 \exp[-k(T)t^n], \quad (1)$$

где $m(t)$, m_0 — текущая и начальная масса образцов; n — постоянная; t — время; параметр $k(T)$ в общем случае зависит от температуры испытаний T .

Использование уравнения (1) позволяет определять и прогнозировать характеристики надежности. В работах [5, 6] рассмотрен метод обработки данных подобных кинетических уравнений, согласно которому результаты, полученные при разных температурах испытаний, приводятся к одной основной кривой старения при выбранной «базовой» температуре. Применение принципа температурно-временной суперпозиции позволяет получить обобщенную зависимость (рис. 4), описывающую изменение контролируемого параметра $\delta(T, t)$ в зависимости от продолжительности испытаний.

Анализ полученных данных показывает, что изменение массы образцов резиновой изоляции до критического значения происходит по закону, описываемому соотношением (1), при этом значение n для резиновой изоляции составляет 0,31–0,34.

С учетом соотношения (1) можно записать

$$\delta(T, t) = \Delta m / m_0 = [m_0 - m(t)] / m_0 = 1 - \exp[-k(T)t^n] \quad (2)$$

По формуле (2) можно определить $\sigma_{кр}(T, t)$, подставив τ_T (время жизни изделия при произвольной температуре T) вместо t , и $\delta_{кр}(T_0, \tau_0)$ при «базовой» температуре T_0 , подставив τ_0 (время жизни при базовой температуре T_0).

Базовой может быть выбрана любая температура, для которой известно время жизни кабеля (время до появления трещин).

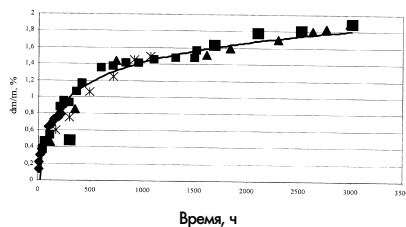


Рис. 4. Обобщенная зависимость кинетики массопотери кабеля НРШМ

Введем коэффициент приведения $j(T)$, равный

$$j(T) = \tau_0 / \tau_T \quad (3)$$

Полагаем, что значения критического параметра $\delta_{кр}$ не зависят от температуры эксплуатации и испытаний, т. е. $\delta_{кр}(T_0) = \delta_{кр}(T)$. Тогда с учетом (2)–(3) получаем

$$j(T) = k(T) / k(T_0) \quad (4)$$

Предположим, что коэффициент $k(T)$ зависит от скорости протекания химических реакций и определяется кривой Аррениуса. В связи с этим предположением можно записать $k(T)$ в виде соотношения

$$k(T) = A_k \exp(-U/RT), \quad (5)$$

где U — энергия активации процесса разрушения; R — газовая постоянная; A_k — постоянная.

С учетом (4)–(5) имеем

$$j(T) = \exp[-(U/R)(1/T - 1/T_0)] \quad (6)$$

Из соотношения (6) путем логарифмирования можно получить

$$\ln j(T) = \ln j_0 - U/RT, \quad (7)$$

где $\ln j_0 = U/RT_0$.

Рассмотрим этапы обработки результатов на примере данных по массопотерям кабеля НРШМ (см. рис. 3). В качестве базовой температуры выбрано значение $T_0 = 95^\circ\text{C}$, при которой, как показали исследования, трещины в кабеле типа НРШМ появляются через $\tau_0 \cong 0,3$ года.

Путем обработки данных (см. рис. 3) изменением масштаба по оси времени можно получить обобщенную кривую массопотери кабеля НРШМ (см. рис. 4); для температур 75, 95, 105, 115, 120 $^\circ\text{C}$ коэффициенты $j(T)$ соответственно равны 0,18; 1; 2,3; 6; 6,5.

Зависимости коэффициента приведения для кабеля НРШМ от температуры показаны на рис. 5. Согласно соотношению (7) зависимость $j(T)$ в координатах $\ln j(T) = f(1/T)$ имеет вид прямой, т. е. уравнение $j(T)$ может быть представлено в виде $j(T) = \exp(30,7 - 11300/T)$.

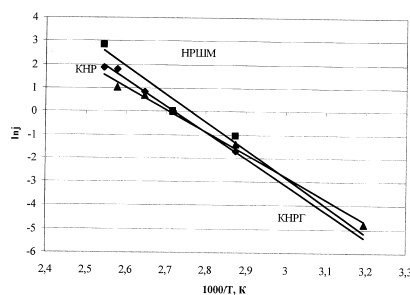


Рис. 5. Зависимость коэффициента приведения кабелей от температуры эксплуатации

С помощью экспериментальных данных для изоляции типа НРШМ можно рассчитать значение энергии активации $U = 94$ кДж/моль, которое согласуется с известными данными по значениям энергии активации релаксационных процессов в эластомерах.

С учетом формул (3)–(6) получаем, что ресурс работы кабелей с резиновой изоляцией может быть определен по соотношению

$$\tau_T = \tau_0 / j(T) = \tau_0 \exp(\ln j_0 - U/RT) \quad (8)$$

Например, для кабеля НРШМ: $\tau_T = \tau_{90} / j(T) = 0,3 \exp(30,7 - 11300/T)$.

Расчетные значения ресурса работы кабелей с резиновой изоляцией различных марок			
Эксплуатационная температура, $^\circ\text{C}$	Ресурс работы, лет		
	НРШМ	КНР	КНРГ
90	0,4	0,5	0,4
80	1,1	1,2	0,9
70	2,7	3	2
60	8	9	4
50	21	27	11
40	63	87	30

Таким образом, на основании экспериментальных данных можно путем экстраполяции определить срок службы изоляции при различных температурах (таблица).

Очевидно, что старение кабеля происходит как при повышенных, так и при пониженных температурах, но с различной интенсивностью. Для учета прерывистого процесса эксплуатации кабельных трасс при различных температурах могут быть использованы методы, учитывающие эксплуатацию изделий при различных температурах [3, 4]. Таким образом, учет реально наблюдаемых значений температур в различных точках кабельных трасс позволяет оценить вероятный срок службы.

Предлагаемая методика внедрена на судах Мурманского тралового флота, а также используется при выбраковке кабельных трасс при ремонте на судоремонтных предприятиях.

Литература

1. Власов А. Б., Маклаков В. Ф. Способ определения качества изоляции кабелей. АС 4 01 К 31/02(3 29.04.86), № 1394174.
2. Власов А. Б., Ларина Г. В. Оценка ресурса работы резиновой изоляции при термостарении // Тез. докл. Всес. техн. совещания «Разработка, исследования и эксплуатационные испытания изоляции кабельных изделий», Ереван, ноябрь 1986 г. М.: Информэлектро, 1986.
3. Висленев Ю. С., Кузнецов С. Е., Лемин Л. А. Оценка технического состояния судовых кабелей в эксплуатационных условиях // Судостроение. 1999. № 6.
4. Арутюнян А. А., Баглай А. В., Генкин А. Л., Темнов В. Н. Неразрушающий метод контроля технического состояния изоляции и определение остаточного ресурса судовых кабелей // Судостроение. № 3. 2002.
5. Пешков И. Б. Новые направления в разработке методов определения ресурса кабелей и проводов // Электричество. 1985. № 4.
6. Холодный С. Д. Методы испытаний и диагностики кабелей и проводов. М.: Энергоатомиздат, 1991.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ ПРОЕКТА В СУДОСТРОЕНИИ

Г. В. Багаев, А. С. Образцов (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 658.512.2.011.56

Сегодня PDM¹-системы являются неотъемлемой частью PLM²-технологий, обеспечивая единство всей информации о сложном техническом изделии на всем его жизненном цикле (ЖЦ). Предпосылками внедрения PLM-технологий являются сложность технического изделия, а также востребованность конструкторской и производственной модели изделия на стадии его эксплуатации, поэтому внедрение PLM-технологий и реализующих их PDM-систем в российском судостроении, на наш взгляд, является лишь вопросом времени.

Технические предпосылки появления PDM-систем. Решения задачи взаимодействия между информационными системами и передачи информации между ними обычно осуществляется путем создания транслятора (шины). Очевидно, что изменения в одной программе приводят к изменению всех трансляторов, связывающих ее с другими программами. При этом сложность задач, требующих интеграции группы различных приложений, лавинообразно растет с увеличением числа приложений — участников. Возможность управления и контроля данными в такой ситуации сталкивается с принципиально неразрешимыми трудностями, и возникает необходимость осуществлять все информационные взаимодействия при посредничестве одного приложения, делегируя ему функции управления, контроля и предоставления данных.

Экономические предпосылки появления PDM. Стоимость эксплуатации. Согласно исследованиям министерства обороны США, проведенным в середине 80-х годов, стоимость эксплуатации сложной военной техники в 2—7 раз больше стоимости ее создания. Поэтому последние два десятилетия ведущие западные страны ведут поиск путей снижения затрат как на ее закупку, так и содержание, повышения эффективности автоматизированных систем, используемых на различных стадиях жизненного цикла техники.

Развитие программных средств, появление принципиально новых возможностей в области информационных технологий, в том числе персональных компьютеров и сетей (Интернет/Инtranет), привели к возникновению в 1985 г. концепции, получившей

название CALS³-инициативы. Военные и промышленные стандарты, регламентирующие ее реализацию, получили общее название CALS-стандартов, а технологии, применяемые при ее реализации, — CALS-технологиями. Достаточно быстро они вышли за пределы военной промышленности и прижились в сугубо гражданских отраслях, в первую очередь, имеющих дело со сложной технической продукцией.

Как следствие, на мировом рынке наукоемких изделий сложилась ситуация, при которой стоимость «владения изделием» является ключевым параметром, характеризующим конкурентоспособность. В этих условиях производитель вынужден уменьшать эту стоимость в соответствии с CALS-идеологией.

Подтверждением могут служить требования информационного сопровождения, с которыми столкнулись российские производители экспортной продукции. Даже страны, не являющиеся лидерами в применении современных информационных технологий, сейчас предъявляют требования к информационному обеспечению логистических систем и предпродажной оценке стоимости такого сопровождения. Сегодня покупатель готов оплачивать эти затраты, если они обеспечивают меньшую стоимость эксплуатации изделия.

Снизить эксплуатационные расходы в рамках автоматизированных логистических систем можно только при высоком уровне информационного обеспечения изделия, когда возможно быстро получать необходимую и достоверную информацию о составе изделия, совместимости и возможностях замены, производителе и пр. Так, по оценкам министерства обороны США, использование таких систем позволяет более чем в два раза сократить объем запасных частей на складах. Экономия достигается и в результате упрощения эксплуатации и обслуживания изделия, если часть этих действий перекладывается на автоматизированные системы (учет состояния, статистика отказов, создание и корректировка на их основе графиков обслуживания и ремонта, функциональная электронная документация, эффективное обучение персонала).

¹PDM — Product Data Management (управление данными об изделии).

²PLM — Product Life cycle Management (управление жизненным циклом изделия).

³CALS — Continuous Acquisition and Lifecycle Support (непрерывная закупка и информационная поддержка изделия на всем жизненном цикле).

С развитием и распространением CALS становилось очевидным, что замыкаться только в рамках послепродажного использования изделия нельзя. Принципы CALS дают мощный стимул совершенствованию на всех стадиях жизненного цикла изделия. На этапах проектирования и инженерных расчетов достигается значительное повышение качества. Появляются совершенно новые возможности в ходе строительства, в первую очередь, за счет гораздо более ранней и качественно иной технологической подготовки производства, а также совершенствования бизнес-процессов производства. Тогда на этих стадиях накапливается более 80% всей информации об изделии, необходимой для логистической поддержки послепродажных стадий — эксплуатации, ремонта и утилизации, что определяет возможность снижения затрат. Так постепенно CALS из концепции сокращения стоимости «владения изделием» превратилась в концепцию повышения конкурентоспособности предприятий. Отражая эти изменения, термин CALS был заменен термином PLM. PLM-технологии ставят своей целью управление информацией об изделии на всех стадиях жизненного цикла сложного технического изделия без акцента на эксплуатационную стадию. В России термину PLM соответствует ИПИ¹.

PDM — средство управления проектом. Для сложного технического изделия контролировать и управлять огромным количеством информации без автоматизированной системы становится невозможно. Цель PDM — обеспечение полноты, целостности и актуальности информации об изделии в любой момент времени и доступность ее всем участникам жизненного цикла изделия в соответствии с имеющимися у них правами.

Основные функции PDM — это управление структурой и составом изделия, технологическими данными о нем, ролями исполнителей, вспомогательными данными, а также регистрация статусов документов и их изменений.

Кроме стандартного набора функций, производители современных PDM-систем оснащают их до-

полнительными возможностями, такими как Workflow, системы обмена сообщениями, встроенные средства просмотра. Workflow — система описания и выполнения в рамках программной среды производственных процессов. На каждом предприятии можно выделить последовательности действий и стандартные процедуры, определяющие производственный процесс, например, визирование документов, утверждение изменений в последовательном ряду инстанций с возвратом на доработку и даже такой сложный процесс, как строительство судна. Workflow сейчас поддерживается всеми наиболее развитыми PDM-системами. Наиболее функциональные PDM позволяют предоставлять данные другим приложениям через соответствующий стандартизованный интерфейс (по ISO 10303—21 и ISO 10303—22).

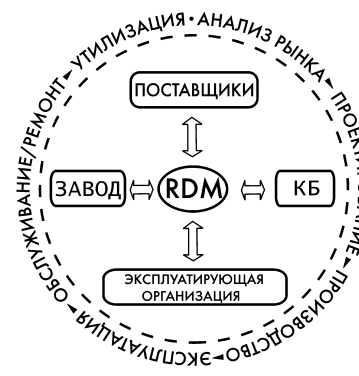


Рис. 1. PDM-хранилище данных о проекте

Данные жизненного цикла изделия в PDM. На различных стадиях жизненного цикла изделия задействованы различные участники проекта, что накладывает свои ограничения на информационные взаимодействия, а также привносит особенности в бизнес-процессы. В общем случае все информационные потоки и данные контролируются PDM-системой (рис. 1). Предполагается, что PDM (она может быть в КБ, на заводе, у эксплуатирующей организации) координирует весь доступ к информации, обеспечивает возможность распределения данных между участниками как на основе

средств современных баз данных, так и собственных средств PDM. Для обеспечения безопасности могут использоваться брандмауэры (комплексы программных и/или технических средств контроля передачи информации в компьютерных сетях), системы цифровых подписей и электронных ключей.

Интеграция приложений. PDM должна обеспечить интеграцию основных программных продуктов, порождающих и потребляющих данные о сложном техническом изделии/проекте.

Система PDM имеет информационные связи с CAD/CAM/CAE², ERP³ и другими автоматизированными системами (рис. 2). В базе данных PDM хранятся: данные о проектах; идентификационные и классификационные данные о каждом изделии и его компонентах; структура и состав изделия; версии и варианты структуры и состава; геометрические модели, чертежи и другие, связанные с изделием документы в различных форматах; характеристики изделия и его компонентов; данные о материалах, стандартных деталях, комплектующих изделиях и т. д.; данные о технологии изготовления изделия и его компонентов, об оснастке, инструменте и т. д. В этой базе данных могут также содержаться сведения об организационной структуре предприятия, создающего изделие, о ролях участников жизненного цикла изделия и др.

Управление конфигурацией изделия. Под конфигурацией понимают структуру и состав изделия, а под управлением ею — правила и процедуры внесения изменений в конструкцию и их документирования. Процесс управления (Configuration Management) предусматривает: идентификацию конфигурации; проверку конфигурации (подтверждения соответствия версии техническим требованиям); при отрицательном результате проверки — анализ причин невыполнения требований и инициализацию работ по внесению изменений в конструкцию в соответствии с имеющейся нормативной базой; контроль результатов изменения; «фиксирование» новой конфигурации.

¹ИПИ — информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий.

²CAD/CAM/CAE — Computer Aided Design/Manufacturing/Engineering — автоматизированное (компьютеризированное) проектирование, инженерные расчёты, подготовка производства.

³ERP — Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия.

При электронном проектировании средствами CAD/CAM/CAE-систем должны использоваться и электронные средства управления конфигурацией.

Методы интеграции приложений. Практически все современные PDM-системы имеют в своем составе модули для расширения возможностей (пользовательская настройка), что позволяет создавать модули получения информации из других систем и экспортирования данных для предоставления их другим приложениям. Кроме того, производители PDM разрабатывают для своих систем модули взаимодействия с некоторыми системами, представленными на рынке программного обеспечения.

Крупные производители программного обеспечения предлагают целые цепочки продуктов с высокой степенью интеграции, например: Pro/E (CAD/CAM/CAE) — WindChill (PDM) от Parametric Technology Corporation (PTC), CATIA—DELMIA (CAD/CAM/CAE) — ENOVIA (PDM) от IBM и Dassault Systems. Часто предлагаются несколько систем разного класса возможностей. Например, у IBM и Dassault Systems это PDM системы SmarTeam и ENOVIA; у PTC — системы WindChill и Optegra; у EDS PLM Solutions — системы Team Center и Metaphase.

Некоторые производители дополняют свои системы возможностями систем соседнего класса. Так, в судостроительных CAD/CAM/CAE системах Tribon и FORAN реализованы некоторые возможности PDM-систем. Альтернативным способом интеграции приложений является методика на основе использования международных стандартов обмена данными об изделии. Сегодня одним из основных стандартов, определяющих информационное представление изделия, является ISO 10303 (STEP¹). Этот стандарт предназначен для унификации представления данных об изделиях с целью обмена ими между информационными системами. Для представления структуры изделия специализированных областей служат прикладные протоколы. Так, для судостроения это: 215 — Ship Arrangement (общее расположение), 216 — Moulded

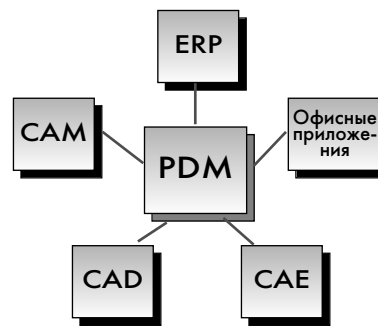


Рис. 2. PDM — интегратор приложений

Forms (обводы корпуса), 218 — Ship Structures (конструкция судна). Эти протоколы сейчас находятся на завершающей стадии разработки и, скорее всего, будут приняты в течение 2003 г. В 2004 г. ожидается принятие второй редакции 227 протокола, который описывает трубные и HVAC² системы судна. Кроме того, предусмотрены еще протоколы 226 — Ship Mechanical Systems (механические системы) и 234 — Ship Operational Logs, Records and Messages (записи судовых журналов), сроки принятия которых пока не известны. Отличительной и во многом определяющей чертой этих протоколов является то, что они созданы в рамках SCM (Ship Common Model) — общей модели судна, разрабатываемой как полное и всестороннее описание корабля/судна, построенное по единой концепции и структурной платформе. Работы по разработке этих стандартов активно финансируются.

Использование PDM. Распределение ролей участников жизненного цикла изделия между различными организациями, по-разному связанными различными проектами, приводит к появлению наборов сложных систем для работы на разных проектах. Поэтому в действительности обычно каждое предприятие — участник жизненного цикла изделия — должно иметь свою интегрированную информационную среду, ядром которой является PDM-система, содержащая данные об изделии, генерируемые на этом предприятии. При этом требуется иметь возможность ссылаться на данные, создаваемые и хранимые другими участниками проекта, в том числе напрямую взаи-

модействуя с приложениями и PDM-системами заказчиков и подрядчиков. Механизмы реализации могут различаться, в зависимости от организации работы и используемых программных продуктов, от простейшего дублирования более сложной репликации до прямого удаленного доступа. Упрощенная схема информационного взаимодействия представлена на рис. 3.

Что позволит PDM? Размещение данных проекта в PDM позволит участникам жизненного цикла изделия усовершенствовать существующие на предприятиях бизнес-процессы и повысить эффективность работы.

◇ Средствами PDM-систем в КБ обеспечиваются: параллельное проектирование; предоставление возможности другим участникам жизненного цикла изделия (технологу, строителю, эксплуатирующему и утилизирующему предприятиям, классификационному обществу и другим контролирующим организациям) принимать участие в проектировании; управление проектами, повторное использование данных при проектировании по прототипам; управление конфигурациями при проектировании серийных судов; внесение данных о поставляемых компонентах в модель данных продукта; управление процессом проектирования на основе Workflow; быстрый поиск конструкторами сопутствующей информации, данных от поставщиков и субподрядчиков-конструкторов; безопасность хранения данных и управление изменениями.

Совместно с построением трехмерной модели это позволит значительно повысить качество продукции, исключив нестыковки и ошибки. В случаях проектирования по прототипам и серийных судов возможно сокращение времени проектирования за счет ускорения поиска и доступа к данным и использования предыдущих разработок.

◇ Использование PDM на производстве позволит: реализовать возможность участия технологов в самых ранних стадиях проектирования для обеспечения и повышения технологичности проекта; осуществлять быстрый поиск информации в модели (а в некоторых PDM и пространственный поиск); ускорить

¹STEP — Standard for Exchange of the Product model data — стандарт обмена данными об изделии.

²Heating, Ventilation, and Air Conditioning — системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

получение информации из КБ; обеспечить автоматическое получение технической документации; организовать управление процессами подготовки производства и строительства на основе Workflow; осуществлять управление данными об оснастке; автоматизировать выпуск производственных документов и предоставление информации ERP (снабжение, комплектация); обеспечить доступ к первоисточникам данных при реализации прямого доступа в базу КБ, что гарантирует их актуальность. Все это дает возможность заводу-строителю раньше приступить к подготовке производства и обеспечить большую технологичность изделия, что способно сократить время процесса «проектирование—строительство».

◇ Использование данных PDM — основа эффективной эксплуатации изделия. Возможность влиять на проект с самых ранних стадий проектирования позволит оптимизировать изделия с точки зрения их эксплуатации, с учетом имеющихся ремонтных служб и т. д.

Информация об изделии закладывается в логистические системы, что дает возможность оптимизировать использование складов запасного оборудования и качество обслуживания. PDM предоставляет логистической системе информацию о составе изделия, совместимости и возможностях замены, производителе оборудования.

На основе данных PDM формируются Интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР), позволяющие осуществлять обучение персонала и эксплуатацию продукта. Информация для ИЭТР заносится в PDM на основе информации поставщиков оборудования конструкторских данных, результатов строительства.

Локальная модель изделия создается как ограниченная по объему и возможностям внесения изменений копия модели изделия, полученной в процессе проектирования и постройки. Она ведется эксплуатационщиками и предназначена для автоматизации учета ремонта и обслуживания, т. е. содержит информацию о заменах, статистику отказов и износа. Локальная модель может находиться также на судне/корабле/нефтяной платформе. Естественно, должна быть предусмотрена обратная связь с КБ и заводом по случаям отказов, выхода



Рис. 3. Упрощенная схема взаимодействия через PDM

из строя оборудования, износа, использованию запаса и др.

◇ Важными участниками процесса создания изделия являются поставщики оборудования. Они предоставляют данные (в том числе электронную модель) о своем изделии для PDM. Поставщики специализированного оборудования, выполняющие проектирование и производство (субподрядчики), должны получить доступ к соответствующим данным, необходимым для разработки оборудования.

◇ Предприятие, осуществляющее утилизацию, сможет участвовать в параллельном проектировании с целью сокращения затрат на утилизацию судна/корабля. Регистр и иные контролирующие организации могут контролировать соответствие изделия своим требованиям.

Перспективы внедрения имеющихся PDM-систем в российском судостроении. PDM-системы, представленные сегодня на рынке программного обеспечения, можно условно разделить по стоимости рабочего места, сервера и оптимальному количеству рабочих мест на следующие основные группы — специализированные, легкие и тяжелые системы. Набор базовых возможностей этих систем почти одинаков, и отличия состоят в том, в каком объеме каждая из этих возможностей реализована, а также дополнительных возможностях, предоставляемых системами. Как правило, они

реализованы в виде дополнительных модулей, покупаемых отдельно, что позволяет закупать только необходимый набор компонентов. Существует также возможность расширения и изменения набора используемых модулей.

Выбор PDM в условиях рынка определяется потребностями и возможностями конкретного предприятия.

Однако в условиях тесного взаимодействия предприятия с партнерами и подрядчиками важным фактором, влияющим на выбор PDM, является возможность информационного взаимодействия предприятий и способность системы работать в сложных корпоративных условиях. В этом случае может потребоваться более мощная PDM-система, чем необходимо для решения внутренних задач предприятия.

В России существуют разработки в области рассматриваемых систем. Можно выделить два направления по внедрению PLM-технологий и, в частности, PDM-систем на отечественных предприятиях. Часть разработчиков направляет свои ресурсы на настройку программных продуктов крупных зарубежных производителей под нужды и специфику промышленности, используя отечественные стандарты и нормативно-правовые документы. Примером может служить настройка системы PDM SmartTeam специалистами СП ЗАО «БиПитрон» на основе стандарта ЕСКД. Другое направление

заключается в создании собственных PDM-систем, изначально ориентированных на специфику отечественной промышленности. Среди них можно выделить PDM-систему PartY PLUS компании «Лоция-Софт» и систему PDM StepSuite, разработанную НИЦ CALS «Прикладная логистика».

При сложившейся ситуации на рынке программного обеспечения, единое информационное пространство в судостроительной отрасли можно создать только на основе мощных PDM-систем, например, SmartTeam, WindChill, Eovia, TeamCenter. Существенными при этом являются такие возможности систем, как корпоративная работа, возможность работы с распределенными базами и связи с объектами внешних баз, Web-interface, возможность встраивания объектов в систему штатными средствами и предоставление доступа к ним.

Успешному внедрению PDM-систем могло бы также способствовать появление специализированных PDM-систем, настроенных на работу в условиях отрасли.

Проекты с участием ЦНИИТС. Институт активно участвует в процессе внедрения PLM-технологий в российское судостроение. В частности, осуществляются два проекта по разработке структуры данных о корабле для размещения в PDM. Основой служат международные стандарты в области структурирования и обмена информацией (STEP), а также специализированные стандарты для судостроительной области (SFI). Ведется работа по созданию структуры данных о судне в такой PDM, как SmartTeam. Другое направление —

адаптация системы управления данными об изделии PDM Step Suite к специфике судостроительной отрасли на базе международных и отечественных стандартов в области судостроения (совместно с НИЦ CALS «Прикладная логистика»).

Немаловажной задачей является построение единого информационного пространства не только на отдельных предприятиях, но и в рамках всей отрасли. При этом использование PDM-систем и их интегрирующих возможностей играет основную роль. В этом направлении проводятся исследования производственных процессов и совместно с другими предприятиями отрасли вырабатываются требования к PDM-системам для внедрения в судостроении. На следующем этапе предполагается создание интегрированной информационной среды на конкретных предприятиях с использованием PDM и собственных наработок к ним, а также консалтинговая деятельность в данном направлении.

Следует особо отметить тот факт, что предприятия отрасли уже проявляют готовность к внедрению новых информационных технологий. Результатом этого процесса является то, что ЦНИИТС участвует в нескольких пилотных проектах, цель которых — обеспечить быстрое и успешное внедрение PLM-технологий в отрасли. В 2003 г. планируется участие в следующих проектах: создание корветов для ВМФ России (ЦМКБ «Алмаз» и ОАО СЗ «Северная верфь»); внедрение PDM при проектировании фрегата (ФГУП «Северное ПКБ»); моделирование бизнес-процессов подготовки производства (ФГУП «Адмирал-

тейские верфи») — определение требований к проектной модели корабля в PDM.

Заключение. Внедрение и использование PDM является сегодня обязательным условием повышения конкурентоспособности и качества продукции российского судостроения. Это следует из необходимости решения следующих задач: сокращение сроков проектирования и существенное повышение качества проектной документации; повышение качества и сокращение сроков строительства; совершенствование бизнес-процессов; уменьшение издержек, связанных с эксплуатацией судна.

Решение этих задач может быть достигнуто приведением процесса разработки и постройки судна в соответствие с PLM-технологией на базе PDM при обязательном параллельном проектировании, создании электронной модели, при технологической подготовке и выпуске электронной документации на основе модели изделия, обеспечении логистической поддержки послепродажных стадий жизни судна.

Главными факторами, влияющими сегодня на внедрение PDM, являются степень готовности или неготовности предприятий, а также трудности описания структуры корабля/судна в PDM, связанные со сложностью и объемом данных. Основанием для внедрения PLM-технологий служит стремление многих судостроительных предприятий к внедрению информационных технологий и, в частности, PDM. Это объясняется требованиями заказчиков, преимущественно иностранных, к информационному сопровождению корабля/судна. □

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «РИТМ-СУДНО» ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

А. Ю. Ковалев (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 681.322:62.001.6:629.5

Система «Ритм-Судно», версия ACAD 15/2000, является развитием предыдущей версии системы на графическую базу AutoCAD 14/2000 с использованием новых средств и возможностей как общесистемных (Windows 95/98), так и программных (Visual LISP, Visual FoxPro, Microsoft Visual C++, Visual Fortran, VBA). В качестве системы управления базами данных используется Foxpro. Система ориентирована на условия работы российских верфей, может быть расширена пользователем за счет собственных разработок и приложений.

Применение автоматизированных систем значительно снижает время проектирования и технологической подготовки производства. Использование таких систем уже становится для многих предприятий стандартом. Но часто возникают проблемы, когда несколько организаций, выполняя один заказ, работают с разными системами, предназначенными для разных задач. При этом потеря информации при обмене данными между системами неизбежна.

Специалистами ФГУП ЦНИИТС совместно с ЗАО «Спецремонт» (Москва) решена задача модернизации электроподвижного состава

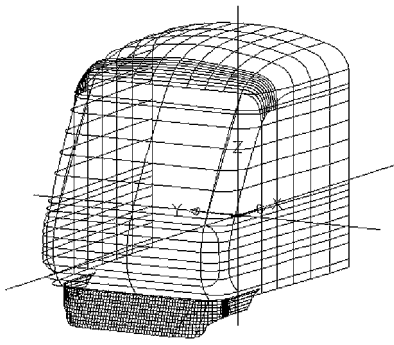


Рис. 1. Каркас трехмерной модели МКМ

пригородного сообщения, поставленная МПС России. В решении этой задачи продемонстрировано четкое взаимодействие квалифицированного менеджмента, современной науки и производства, показан новый высокотехнологичный подход к созданию перспективного подвижного состава для российских железных дорог. Новый электропоезд сочетает в себе высокую степень комфорта и безопасности движения, многочисленные инновационные разработки. Основной деталью дизайна электропоезда является кабина машиниста головного вагона. В создании модуля кабины машиниста (МКМ) принимали участие судостроители.

Проектирование МКМ было выполнено в ОАО «ОКБ им. А. С. Яковлева» (Москва). Внешние очертания и дизайн МКМ отражают основные тенденции современных разработок в области электроподвижного пассажирского железнодорожного транспорта. При проектировании МКМ выполнялись расчеты на прочность и на вписывание в нормативные аэродинамические кривые с использованием системы CAD/CAM/CAE Unigraphics. В результате была получена упрощенная теоретическая 3D-модель головной части вагона, данные которой использовались для плазово-технологической подготовки (ПТП) производства.

Для ПТП производства МКМ были привлечены сотрудники специализированного отделения «Ритм-Информ» ФГУП ЦНИИТС. Задача заключалась в выпуске комплекта плазово-технологической документации (ПТД) и выдаче данных для гибочной и сборочной оснастки. Постройку поручили ОАО СФ «Алмаз», что потребовало адаптации конструкции МКМ, спроектированной под

авиационное производство, для возможности постройки на судостроительном заводе.

Разработка и выпуск ПТД выполнялись с помощью специализированной системы «Ритм-Судно» в версии под AutoCAD2000. В связи с тем, что передача 3D-модели прошла не в полном объеме, для выполнения работ ПТП из системы Unigraphics в систему «Ритм-Судно» была передана 2D-модель в формате DXF.

Опорные линии 2D-модели и теоретический чертеж являлись исходным материалом для разработки теоретической, а затем практической 3D-моделей МКМ для выпуска ПТД. Имея заданное положение и отстояние теоретических линий (шпация, высота), опорные линии 2D-модели выставлялись в 3D-модели, образуя каркас (рис. 1). Проверялась кривизна опорных линий и, по необходимости, сглаживалась имеющимся в системе аппаратом работы с судовыми линиями. Кроме того, строились вспомогательные линии для сложных участков корпуса.

Полученная теоретическая 3D-модель являлась основой для проработки конструктивных элементов и деталей обшивки. Проработка велась на основе комплекта рабочей конструкторской документации проектанта, включающей в себя сборочные, узловые и детальные чертежи. В процессе построения практической 3D-модели были выявлены некоторые конструкторские недоработки, устранение которых вносило изменения в конструкцию каркаса МКМ. Кроме того, проектант периодически сам изменял конструкцию. Например, вертикальные стойки лобовой панели, первоначально имевшие сечение сварного тавра, из соображений прочности и жесткости, а также учитывая нормативные требования, изменили на коробчатое прямоугольное; увеличили толщину подоконной балки с 3 до 8 мм; стыки обшивки, выполненные на набор для снижения сварочных деформаций и бухтин поверхности.

Учитывая технологические возможности завода, в частности, технологию гибки, расстыковывались сложные детали наружной обшивки, разворачивались малкованные уголки опоры крыши, рамы и нижней окантовки. Штампованный Z-образный и U-образный профиль каркаса

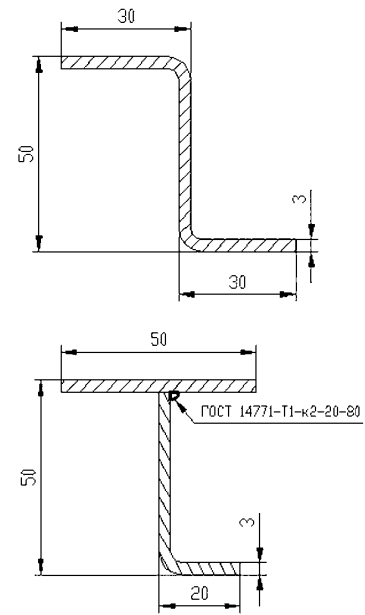


Рис. 2. Замена Z-образного профиля на составной сварной

МКМ был полностью заменен на составной сварной (рис. 2).

Для деталей обшивки был применен метод построения сетей, позволивший при развертке получить не только контуры деталей на плоскости, но и выпускать гибочную оснастку для их изготовления. Затем была сформирована база данных деталей средствами «Ритм-Судно», структура которой создавалась на

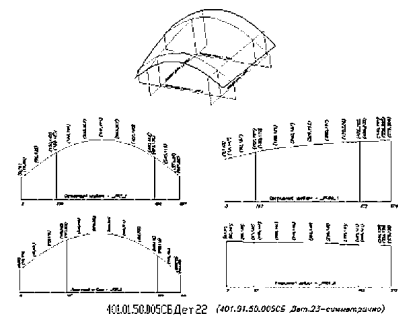


Рис. 3. Набор продольных и поперечных шаблонов гибочной оснастки

основе строительных единиц, разделяющих корпус кабины: две бортовые секции, крышу, лобовую панель, две нижние окантовки и путеочиститель. В связи с изменениями конструкции, количество позиций, входящих в сборочные чертежи, увеличилось почти на 40%. Дальнейшая работа заключалась в образмеривании контуров деталей, извлекаемых из практической 3D-модели, их технологическом описании и заполнении базы данных.

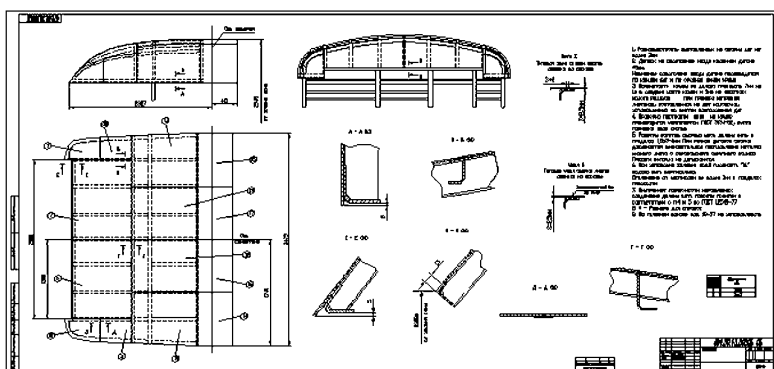


Рис. 4. Пример чертежа, выпущенного на базе 3D-модели с помощью системы «Ритм-Судно»

После этого выполнялся раскрой деталей корпуса в модуле «Ритм-Судно». Детали толщиной 2,5 и 3 мм раскраивались для механической резки на гильотинных ножницах, а толщиной 4, 5 и 8 мм — для плазменной резки на машинах с ЧПУ типа «Кристалл». К таким картам выпускались управляющие программы. Кроме того, была подготовлена сопровождающая технологическая документация (спецификации, ведомости). По номерам карт генерировались маршрутно-технологические карты деталей.

Для деталей обшивки и некоторых деталей набора, изготовлявшихся путем гибки, из конструктивной модели брались данные для расчета гибочной оснастки, представлявшей собой набор продольных и поперечных шаблонов, собранных в каркас (рис. 3). Для гнутых деталей были выпущены эскизы растяжек со следами притыкания шаблонов.

Однако гибочных шаблонов оказалось недостаточно для изготовления отдельных деталей и придания им соответствующей кривизны. Поэтому для сборки узлов вертикальной боковой стойки и скуловых листов обшивки потребовалось изготовить наружные каркасы, а для крыши — шаблоны обшивки для контроля сборки и подгонки деталей. Сборка самой кабины выполнялась на стенде, форма и размеры которого также брались из конструктивной модели.

В связи с тем, что в процессе плазово-технологической подготовки вносились изменения в конструкцию МКМ, встал вопрос о перевыпуске нового комплекта рабочей конструкторской документации (РКД) МКМ. Первоначальный комплект РКД был выполнен проектантом на бумажном носителе, и электронных версий не было. Новый комплект чертежей выпускался по

3D-модели с помощью модуля системы «Ритм-Судно», предназначенного для разработки чертежной документации (рис. 4).

Анализ показал, что в основном все работы выполнялись по электронной модели конструкции. С помощью 3D-модели были выпущены комплект ПТД для технологической подготовки производства и чертежи конструкции. Геометрия деталей, данные для гибочной оснастки и раскроя зависели от качества и полноты построенной модели. Взаимодействие между системами разного уровня было бы эффективней при наличии специализированного аппарата передачи данных, минимизирующего потери информации. Внесение изменений в конструкцию МКМ на этапе моделирования и отражение этого в РКД в электронном виде оказались намного эффективней и быстрее, чем перерисовка с кальки на ватман. Имея базу данных по деталям изделия, в любой момент можно узнать ее технологические и геометрические параметры. Несмотря на возникавшие трудности, задача, поставленная перед специалистами ФГУП ЦНИИТС, была выполнена. Применение автоматизированной системы «Ритм-Судно» показало гибкость ее программных средств и возможность использования не только для судостроительных заказов, но и для проектирования ПТД изделий машиностроения. □

АРКТИЧЕСКИЕ ТРАУЛЕРЫ ИЗ НИКОЛАЕВА

14 сентября 2002 г. на ГП «Судостроительный завод им. 61 коммунара» (Николаев) состоялась торжественная церемония спуска на воду корпуса арктического траулера «Skalaberg» (зав. № 3103, заложен 6 марта 2002 г.) — второго в серии, заказанной норвежской фирмой DOF Industri AS. Судно имеет длину 74,5 м (между перпендикулярами — 64,8 м), ширину 16 м, высоту борта до главной палубы на миделе 6,55 м. Как отмечается, в процессе постройки на все наружные поверхности корпуса нанесено металлизированное покрытие (цинком).

Проект судна разработан норвежской фирмой Skipsteknisk AS, рабочие чертежи изготавливались в Николаеве. Достройку траулера осуществит норвежская верфь Kimek AS, а эксплуатировать его будет компания JFK Trol.

Первый траулер серии «Volstad» (зав. № 3101) спущен на воду 12 июня 2002 г. Его размерения 71,5/61,8 x 16 x 6,55 м.



Траулер «Skalaberg» перед спуском

Судно, построенное на класс DNV, предназначено для лова креветки в северных морях и ее заморозки на борту.

В начале апреля 2002 г. на завод для докового ремонта прибыл фрегат «Гетьман Сагайдачный» — флагман ВМС Украины. Между тем, на акватории предприятия в состоянии достройки находится крейсер «Украина» — степень его готовности 95%.

На заводе освоено изготовление опалубки диаметром 7 м для бетонирования прямолинейных и наклонных (до 45°) водоводов ГЭС. Она оснащается гидравлической системой управления и может также использоваться для бетонирования штреков шахт, туннелей для эскалаторов и др. Диапазон изменения диаметра опалубки от 6 до 8 м, длина 10 м (рабочей части — 6 м).

По плану правительства Украины ГП «Судостроительный завод им. 61 коммунара» ожидает структурные преобразования и приватизация. Не исключено участие в дальнейшем развитии завода греческой компании Laskaridis Shipping. (www.shipyard61.com.ua) □

ОСТАТОЧНЫЕ РЕАКТИВНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ ОТ ВВАРКИ ПАТРУБКА

В. Д. Горбач, докт. техн. наук, В. Н. Хвалынский,
канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС), И. В. Прокофьев (Управление
кораблестроения ВМФ)

УДК 621.791.052:539.37

Штампосварные сферические конструкции, содержащие сварные цилиндрические детали насыщения, широко применяются в судостроении, тепловой и атомной энергетике, химической промышленности и в других областях техники.

В основу оценки работоспособности подобных ответственных конструкций в целом закладывается характер напряженно-деформированного состояния (НДС), создаваемого в процессе их изготовления и эксплуатации. Остаточные сварочные напряжения способствуют общему усилению НДС, обусловленному эксплуатационной нагрузкой. Поэтому при проектировании и изготовлении таких конструкций должны быть использованы все возможности регулирования их начального НДС, что требует для оценочных и контрольных расчетов разработки и дальнейшего развития существующих приближенных методов расчета остаточных сварочных деформаций и напряжений, основанных на достаточно простых моделях. Следует отметить, что формирование сварных соединений, выполненных по замкнутому контуру, оказывает особенно неблагоприятное влияние на работоспособность конструкций, так как в таких соединениях возникает более жесткое поле остаточных напряжений, чем в прямолинейных, выполненных в идентичных условиях.

Согласно принятой классификации остаточные сварочные напряжения подразделяются на собственно остаточные, формирующиеся непосредственно в многопроходном сварном соединении, находящемся в незакрепленном состоянии, и реактивные — далекодействующие напряжения, возникающие в процессе сборочно-сварочных операций вследствие ограничения свободного укорочения сварных соединений со стороны свариваемых элементов и являющиеся неравновешенной частью эпюры остаточных напряжений.

Определение остаточных сварочных деформаций и напряжений в многопроходном круговом шве при полном отражении всех особенностей процесса их формирования может быть выполнено лишь численными методами [1, 2]. Такие расчеты связаны с большой трудоемкостью, что является существенным препятствием для их практическо-

го применения. В связи с этим наряду с разработкой точных решений большое внимание уделяется созданию приближенных методов, основанных на более простых моделях, позволяющих оценить влияние теплофизических и механических свойств материала, а также режимов и условий сварки на работоспособность конструкций с достаточной для практики точностью.

В данной статье изложено именно такое решение. Оно основано на известных в инженерных методах расчета сварочных деформаций и напряжений допущениях: материал конструкции идеально упруго-пластический; используется схема быстро движущегося источника тепла, т. е. пренебрегаем изменением температуры вдоль оси шва при сварке соединения; справедлива гипотеза об осевой симметрии НДС, т. е. полагаем, что остаточные пластические деформации одинаковы во всех сечениях сварного соединения и возникают одновременно по всей его длине.

В термомеханической части решения используем аналитические зависимости остаточных продольных и поперечных пластических деформаций — объемы продольного и поперечного укорочения сварного соединения [3] — для определения усилий и перемещений в зоне сварного шва. В деформационной части — известный в строительной механике способ, когда конструкцию мысленно разделяют на отдельные элементы (рис. 1), а воздействие отброшенных частей заменяют усилиями и моментами их взаимодействия Q и M . При этом распределение усилий от продольного укорочения между сферической оболочкой и цилиндрическим патрубком принимаем пропорциональным распределению между ними энергии нагрева сварочной дуги. С учетом этого положения после некоторых преобразований получим выражения для усилий от продольного укорочения, действующих на конструкцию при охлаждении сварного соединения:

$$P_{сф} = \frac{E V_{сф}}{R \sin \frac{\varphi_0}{2}} ; P_n = E V_n / r_n ; \quad (1)$$

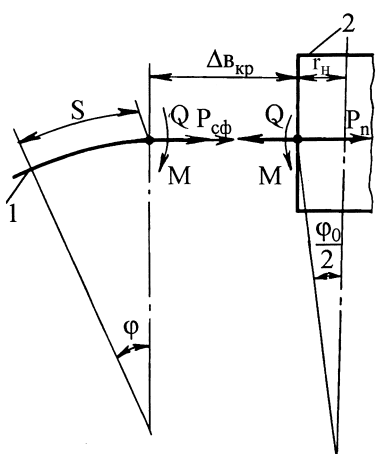


Рис. 1. Расчетная схема конструкции: 1 — сферическая оболочка; 2 — цилиндрический патрубок; s, φ — текущие значения дуговой координаты и соответствующего центрального угла

где $P_{сф}$, P_n — усилия от продольного укорочения, приложенные к сферической оболочке и цилиндрическому патрубку; E — модуль упругости материала конструкции; R и r_n — радиус кривизны сферической оболочки и наружный радиус сечения цилиндрического патрубка соответственно; ϕ_0 — центральный угол, соответствующий наружному диаметру поперечного сечения патрубка; $V_{сф}$, V_n — погонные объемы продольного укорочения, отнесенные соответственно к сферической оболочке и патрубку.

Систему уравнений для определения неизвестных усилий и моментов Q и M (см. рис. 1) составим из условия взаимности перемещений разделенных элементов и неразрывности:

$$\begin{cases} \Delta_{сф} - \Delta_n = \Delta_{в_кр}; \\ v_{сф} - v_n = \psi, \end{cases} \quad (2)$$

где $\Delta_{сф}$, Δ_n — линейные перемещения сферической оболочки и цилиндрического патрубка в направлении, перпендикулярном оси сварного соединения; $v_{сф}$, v_n — угловые перемещения сферы и патрубка; ψ — угловая деформация сварного соединения; $\Delta_{в_кр} = K_{кр} \Delta_{в}$ — поперечное укорочение кругового сварного соединения, определяемое согласно [3] и с учетом его повышенной сопротивляемости укорочению ввиду круговой геометрии сварного шва [4] (здесь

$K_{кр}$ — коэффициент, определяемый по графику; $\Delta_{в}$ — поперечное укорочение прямолинейного сварного соединения, выполненного в идентичных условиях).

Погонный объем сварного соединения цилиндрического патрубка со сферической оболочкой определим из условия применения схемы точечного источника тепла, действующего на поверхности полубесконечного тела, так как для листов толщиной более 20 мм влияние ограничения теплового потока ненагреваемой плоскостью пластины не сказывается на размерах зон, ближайших к источнику. Отсюда, полагая, что поверхности равных температур при действии точечного источника тепла представляют собой полусферы, определим радиус зоны пластических деформаций основного металла от одного прохода [3] при формировании сварного шва:

$$r_{ак} = \sqrt{0,1623 \frac{\alpha q_n}{c\gamma \epsilon_s}}, \quad (3)$$

где $r_{ак}$ — радиус зоны пластических деформаций основного металла от одного прохода; $\alpha/c\gamma$ — коэффициент тепловой деформации материала конструкции; α — коэффициент линейного расширения материала; γ — плотность материала; ϵ_s — относительная деформация, соответствующая пределу текучести основного металла сварного соединения; c — удельная теплоемкость материала; $q_n = 0,24 (J_{св} U_d / v_{св}) \eta$ — погонная энергия нагрева свариваемых элементов; $J_{св}$ — сила сварочного тока (здесь U_d — напряжение дуги; $v_{св}$ — средняя скорость сварки; η — эффективный КПД процесса нагрева изделия дугой).

Зная площадь поперечного сечения валика от одного прохода и площадь сечения наплавленного металла сварного шва, определим количество проходов, необходимых для формирования сварного соединения и, следовательно, общую площадь зоны остаточных продольных пластических деформаций или площадь активной зоны сварного соединения $F_{ак}$.

$$F_{ак} = F'_{ак} + F_{напл}, \quad (4)$$

где $F'_{ак}$ — площадь зоны продольных пластических деформаций основно-

го металла сварного соединения; $F_{напл}$ — площадь поперечного сечения наплавленного металла.

Тогда погонный объем продольного укорочения сварного соединения

$$V = \epsilon_s F'_{ак} + \epsilon_{ш} F_{напл}, \quad (5)$$

где $\epsilon_{ш}$ — относительная деформация, соответствующая пределу текучести наплавленного металла.

Принимая погонные объемы сварного соединения, отнесенные к сферической оболочке и патрубку, пропорциональными толщинам свариваемых элементов, определим усилия $P_{сф}$ и P_n по формулам (1).

В деформационной части применим метод, основанный на представлении каждой из сопрягаемых оболочек (сферической и цилиндрической) в виде множеств одинаковых балок-полосок на сплошном упругом основании, принимая допущения: ось цилиндрического патрубка, расположенного на достаточном удалении от контура сферической конструкции, направлена по радиусу сферы; по сравнению с радиусом сферы радиус патрубка мал, а его длина достаточно большая.

С учетом первого допущения, предопределяющего двухстороннюю симметричную разделку кромок кругового соединения, и технологии, предусматривающей одновременную сварку диаметрально противоположных блоков с чередованием проходов с внутренней и наружной стороны оболочки, принимаем угловую деформацию $\psi = 0$. Тогда, используя зависимости теории изгиба балок на сплошном упругом основании [5] и подставляя их в условия (2), получим разрешающую систему уравнений для определения неизвестных M и Q :

$$\begin{cases} \frac{2(P_{сф} + Q)\beta}{K} \sin^2 \frac{\phi_0}{2} + \frac{2M\beta^2}{K} \sin \frac{\phi_0}{2} - \\ - \frac{2(P_n + Q)\beta_n}{2K_n} = \Delta_{в_кр}; \\ \frac{2(P_{сф} + Q)\beta^2}{K} \sin \frac{\phi_0}{2} + \frac{4M\beta^3}{K} + \frac{M\beta_n^3}{K_n} = 0, \end{cases} \quad (6)$$

где $K = E\delta/R^2$; $K_n = E\delta_n/r^2$ — жесткость упругого основания для сфери-

ческой оболочки и цилиндрического патрубка соответственно; δ , δ_n — толщины сферической оболочки и стенки патрубка; r — радиус средней поверхности цилиндрического патрубка; $\beta = 1,285/\sqrt{R\delta}$, $\beta_n = 1,285/\sqrt{r\delta_n}$ — жесткостные параметры сферической оболочки и цилиндрического патрубка.

После вычисления M и Q сферическая оболочка и цилиндрический патрубок рассматриваются отдельно.

Остаточные реактивные напряжения в сферической оболочке от сварки цилиндрического патрубка, радиальные $\sigma_1(s)$ и тангенциальные $\sigma_2(s)$, определим по известным формулам [6]

$$\sigma_1(s) = \frac{T_1(s)}{\delta} \pm \frac{6M_1(s)}{\sigma^2};$$

$$\sigma_2(s) = \frac{T_2(s)}{\delta} \pm \frac{6M_2(s)}{\sigma^2},$$

где $T_1(s)$, $T_2(s)$, $M_1(s)$, $M_2(s)$ — текущие значения меридиональных и кольцевых усилий и изгибающих моментов соответственно, определяемые по формулам

$$T_1(s) = \text{ctg}\varphi \left[(P_{\text{сф}} + Q) \frac{r}{R} \sqrt{2} W_1(\beta s) + 2M_1 \beta W_2(\beta s) \right];$$

$$T_2(s) = -2M_1 \beta^2 R \sqrt{2} W_1(\beta s) - 2(P_{\text{сф}} + Q) \beta r W_0(\beta s);$$

$$M_1(s) = M \sqrt{2} W_3(\beta s) - \frac{(P_{\text{сф}} + Q) r}{\beta} \frac{1}{R} W_2(\beta s);$$

$$M_2(s) = 0,3 M_1(s).$$

где $W_i(s)$ — функции Г. В. Клишевца; s — текущая дуговая координата; φ — угол, характеризующий положение рассматриваемой точки поверхности сферической оболочки с дуговой координатой s ($s = 0$ на границе зоны остаточных пластических деформаций).

Расчетная оценка и экспериментальная проверка остаточных напряжений проводились на торосферической конструкции из высокопрочной стали, имеющей следующие геометрические размеры: радиус сферического сегмента $R = 3300$ мм; толщина оболочки и стенки цилиндрического

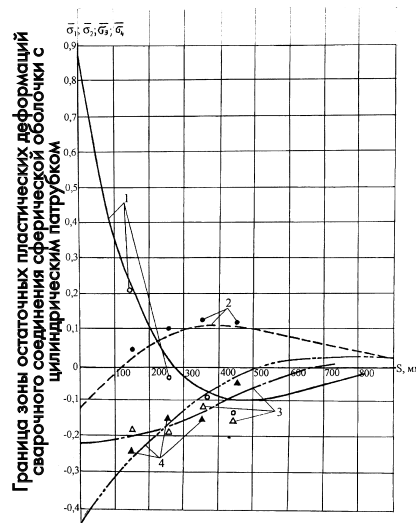


Рис. 2. Остаточные реактивные напряжения в сферической оболочке от сварки цилиндрического патрубка:

1, 2 — расчетные и экспериментальные радиальные напряжения на внутренней $\sigma_{1\text{вн}}$ и наружной $\sigma_{1\text{н}}$ поверхности оболочки; 3, 4 — расчетные и экспериментальные тангенциальные напряжения на внутренней $\sigma_{2\text{вн}}$ и наружной $\sigma_{2\text{н}}$ поверхности оболочки; $\bar{\sigma}_{1\text{вн}} = \sigma_{1\text{вн}}/\sigma_S$; $\bar{\sigma}_{1\text{н}} = \sigma_{1\text{н}}/\sigma_S$; $\bar{\sigma}_{2\text{вн}} = \sigma_{2\text{вн}}/\sigma_S$; $\bar{\sigma}_{2\text{н}} = \sigma_{2\text{н}}/\sigma_S$

рического патрубка $\delta = \delta_n = 42$ мм; наружный радиус поперечного сечения свариваемого патрубка $r = 245$ мм. Режимы сварки: диаметр электрода $d_{\text{эл}} = 4,0$ мм; сила сварочного тока $J_{\text{св}} = 130$ А; напряжение дуги $U_{\text{д}} = 28$ В; скорость сварки $v_{\text{св}} = 222 \cdot 10^{-5}$ м/с; эффективный КПД процесса нагрева изделия дугой $\eta = 0,75$; поперечное укорочение, вычисленное согласно [3, 4] $\Delta b_{\text{кр}} = 0,30$ мм.

Экспериментальная проверка результатов расчета выполнялась путем тензометрирования с применением термокомпенсированных тензорезисторов. Измерения производились до сварки, после сварки корня шва, после заполнения разделки и после окончания формирования сварного шва. Показания тензорезисторов, установленных с наружной и внутренней стороны оболочки в двух взаимно перпендикулярных направлениях на расстоянии 150 мм от усиления сварного шва с шагом 100 мм, снимались после полного остывания сварного соединения на каждом этапе. Остаточные напряжения определялись по измеренным деформациям в соответствии с законом Гука для плосконапряженного состояния. Расчетные и эксперимен-

тальные значения остаточных реактивных напряжений представлены на рис. 2. Они имеют удовлетворительную сходимость, а также хорошо сходятся с результатами расчета реактивных напряжений [2], полученных с помощью метода конечных элементов (МКЭ).

Применение представленного приближенного метода значительно сокращает продолжительность и трудоемкость расчетов, а начиная с расстояния от границы усиления $\sim 1,5$ толщины оболочки, когда радиальные напряжения становятся постоянными по всей ее толщине, результаты расчетов по приближенному методу и МКЭ почти полностью совпадают с результатами работы [7].

Таким образом, в термомеханической части решения использованы известные в инженерных методах допущения и идеализации, а в деформационной части — метод, основанный на представлении сферической оболочки и цилиндрического патрубка в виде множества балок-полосок на сплошном упругом основании [5]. В результате исключены трудности, связанные с интегрированием дифференциальных уравнений высокого порядка, и обеспечивается достаточная для оценки реактивных напряжений точность при существенном снижении трудоемкости расчетов.

Литература

1. Махненко В. И., Великоиваненко Е. А. Расчет напряжений и деформаций в тонкостенной оболочке с круговыми швами // Автоматическая сварка. 1982. № 3.
2. Распределение остаточных напряжений в элементах оболочечных конструкций после многопроходной сварки и гидравлических испытаний // А. Б. Злочевский, А. Н. Шувалов, В. П. Леонов, Б. З. Марголин, Ю. И. Рыбин, В. И. Стаканов // Автоматическая сварка. 1984. № 4.
3. Кузьминов С. А. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций. Л.: Судостроение, 1974.
4. Хвалынский В. Н. Расчет остаточных деформаций и напряжений в сферических днищах от сварки цилиндрических деталей насыщения // Вопросы судостроения. Сер. Судоверфь. Технология и организация производства. 1985. Вып. 5.
5. Кудрин А. И. Теория, расчет и проектирование оболочек корпуса судов. Л.: ИПК руководящих работников и спец. судостроит. пром-сти, 1983.
6. Карзов Г. П., Леонов В. П., Тимофеев Б. Т. Сварные сосуды высокого давления. Л.: Машиностроение, 1982.
7. Леонов В. П., Марголин Б. З. Расчетный метод определения реактивных напряжений в осесимметричных сварных соединениях // Вопросы судостроения. Сер. Сварка. 1984. № 37.

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ
СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

А. В. Агунов, канд. техн. наук (СПбГМТУ)

УДК 621.311.6:621.791.03.001.76

На современном судостроительном предприятии одним из основных потребителей электрической энергии является сварочное оборудование. В последние годы наметилась тенденция к созданию специализированных инверторных источников питания сварочных установок, в которых заложена возможность коррекции коэффициента мощности, приводящая к понижению энергопотреблению [1, 2]. Однако количество таких источников в промышленности пока незначительно; замена имеющихся источников питания инверторными требует значительных денежных ресурсов на их приобретение, а также материальных и временных затрат на переоснащение производства. Учитывая сложную экономическую ситуацию на большинст-

же цикличности процесса — может значительно упростить и удешевить такие узлы.

Для определения основных характеристик электротехнического комплекса необходимо знать его параметры. Исчерпывающую информацию в этом случае предоставляют осциллограммы питающего напряжения и потребляемого тока исследуемого комплекса, например, источника питания ИПК-350, представителя распространенной типовой серии, включающей источники ИПК-120 и ТДФ 1600.

Экспериментально были сняты вышеупомянутые осциллограммы в режиме сварки плавящимся электродом под слоем флюса и сварки плавящимся электродом с обмазкой (рис. 1). Сварка (наплавка) проводилась стальным электродом Foxsas

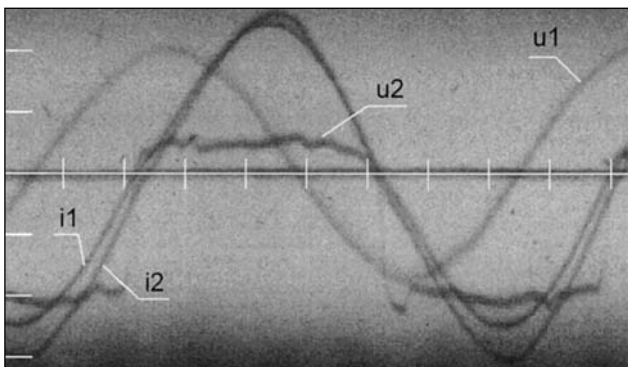


Рис. 1. Характер осциллограмм первичного напряжения u_1 , тока i_1 , вторичного напряжения (напряжения на дуге) u_2 , тока дуги i_2 при сварке покрытым электродом

ве промышленных предприятий отрасли, такой путь часто оказывается неприемлемым.

Более выгодным решением проблемы улучшения качества сети и снижения потребляемой энергии может стать дооборудование имеющихся сварочных источников питания узлами, корректирующими коэффициент мощности, причем учет специфики конкретного сварочного процесса — гармонического состава кривых питающего напряжения и сварочного тока, а так-

же диаметром 2 мм стальной пластины Ст. 3 толщиной 3 мм.

Для обработки осциллограмм было использовано разложение гармонических составляющих с помощью рядов Фурье вплоть до 128-й гармоники с помощью программы схемотехнического моделирования Misosar III [3, 4]. Полученные результаты использовались для вычисления значений полной мощности S и ее составляющих — активной P , реактивной Q и мощности искажения D .

Составляющие полной мощности были вычислены с помощью программы Power 3 [5] согласно [6]:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2};$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt;$$

$$Q = \left[\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{n\omega T}{T} \int_0^T i_n(t) \left(\int_0^t u_n(\tau) d\tau \right) dt \right)^2 \right]^{1/2};$$

$$D = \left[\frac{1}{2T} \int_0^T \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} (u_m(t)i_n(t) - i_m(t)u_n(t))^2 dt \right]^{1/2};$$

$m \neq n$;

а коэффициент мощности — по [7]:

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} = \frac{P}{S}.$$

Анализ результатов показывает, что в кривой первичного тока амплитуды гармоник, включая 15-ю (гармоники более высоких порядков не учитываются ввиду незначительности их вклада — менее 0,1% от основной гармоники [ГОСТ 13109—97]), со-

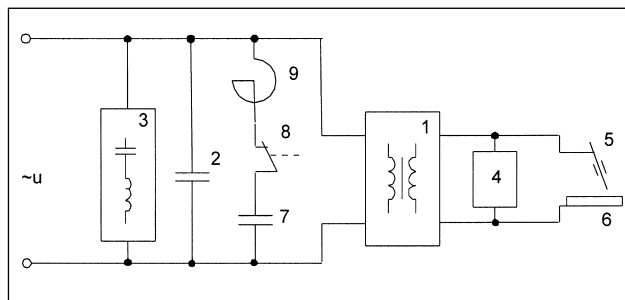


Рис. 2. Схема модернизированного сварочного источника питания: 1 — источник переменного напряжения; 2 — компенсирующий конденсатор; 3 — фильтрующее устройство; 4 — реле сварочной дуги; 5 — сварочный электрод; 6 — свариваемое изделие; 7 — дополнительный компенсирующий конденсатор; 8 — нормально замкнутые контакты реле; 9 — сглаживающий реактор

составляют 14,73% от амплитуды первой гармоники, обуславливая тем самым искажение формы первичного тока.

Кроме высших гармоник, в кривой первичного тока наблюдается фазовый сдвиг первой гармоники первичного тока относительно первой гармоники первичного напряжения. На холостом ходу в этой кривой амплитуды гармоник, включая 15-ю, составляют 83,46% от амплитуды первой гармоники, внося значительное искажение формы первичного тока.

В режиме короткого замыкания в кривой первичного тока амплитуды гармоник, включая 21-ю, составляют 8,7% от амплитуды первой гармоники, что также вызывает искажение формы первичного тока. В этом режиме кроме высших гармоник существует и фазовый сдвиг первой гармоники первичного тока относительно первой гармоники первичного напряжения.

Аналогичные результаты получены и для ручной дуговой сварки плавящимся электродом Ст. 3 диаметром 3 мм под слоем флюса АН348 стальной пластины Ст. 3 толщиной 3 мм.

Анализ полученных результатов (табл. 1) показывает, что коэффициент мощности для исследуемого сварочного источника питания остается низким во всех режимах работы. Кроме того, видно, что даже для одного способа сварки (сварка под флюсом либо сварка обмазанным электродом) значения составляющих полной мощности и соотношения между ними изменяются в течение рабочего цикла, что свидетельствует о высокой динамике электрических процессов, протекающих в сварочных установках.

Для повышения коэффициента мощности в исследуемом источнике питания необходимо ликвидировать фазовый сдвиг между первыми гармониками питающего напряжения и потребляемого тока. Однако компенсация фазового сдвига традиционными средствами, например простым подключением к сетевым клеммам источника питания компенсирующего конденсатора, из-за изменения в течение рабочего цикла значений составляющих полной мощности и соотношений между ними не окажет существенного влияния на повышение коэффициента мощности в целом. Например, если постоянно подключенный компенсирующий конденсатор обеспечивает снижение потребления из сети реактивной мощности, а следовательно, высокий коэффициент мощности в цикле горения дуги и в цикле короткого замыкания, то в цикле холостого хода конденсатор генерирует в сеть реактивную мощность и коэффициент мощности остается низким.

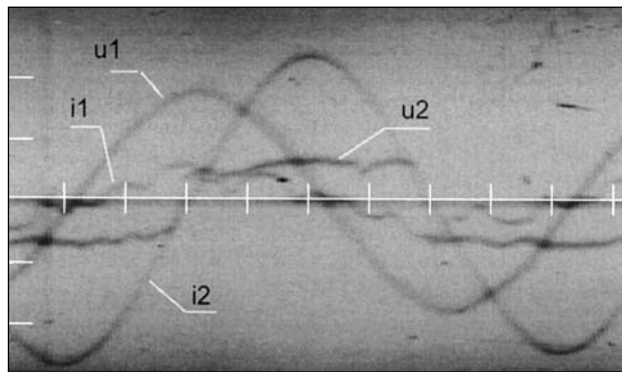


Рис. 3. Осциллограммы кривых токов и напряжений при сварке обмазанным электродом с компенсирующим конденсатором в первичной цепи

Тем не менее рассмотренную выше проблему можно преодолеть относительно простыми средствами, например, подключив компенсирующий конденсатор.

В предложенном варианте модернизированной схемы питания (рис. 2) компенсирующий конденсатор 2 и фильтрующее устройство 3 подключены параллельно клеммам питающей сети.

Источник питания сварочной дуги является для питающей сети резко переменной нагрузкой, поскольку работа такого источника состоит из цикла холостого хода, короткого замыкания и горения дуги. При этом в каждом цикле реактивная мощность, потребляемая источником и требую-

щая компенсации, имеет различные значения.

Слежение за циклами работы источника и управление процессом компенсации осуществляется с помощью реле дуги 4 (см. рис. 2).

Во время горения дуги разность потенциалов между сварочным электродом 5 и свариваемым изделием 6 недостаточна для срабатывания реле дуги 4, его нормально замкнутые контакты 8 замкнуты и дополнительный компенсирующий конденсатор 7 подключен к

клеммам питающей сети. Емкость конденсаторов 2 и 7 суммируются, при этом компенсируется реактивная составляющая первой гармоники потребляемого из сети тока, а компенсация высших гармоник осуществляется фильтрующим устройством 3. Во время холостого хода, когда дуга не горит, разности потенциалов между сварочным электродом и свариваемым изделием достаточно для срабатывания реле дуги 4. Его нормально замкнутые контакты 8 размыкаются, дополнительный компенсирующий конденсатор 7 отключается от сети. Происходит компенсация реактивной составляющей первой гармоники потребляемого из питающей сети тока на холостом ходу сва-

Таблица 1

Значения мощностей при различных режимах работы сварочного оборудования

Показатель	Сварка покрытым электродом	Сварка под слоем флюса	Холостой ход источника питания	Короткое замыкание на вторичной стороне
S , кВ·А	12,03	12,60	1,28	15,37
P , кВт	4,37	4,38	0,56	0,80
Q , квар	11,17	11,72	1,00	15,32
D , кваи	0,82	1,50	0,58	0,88
k	0,36	0,35	0,44	0,05

Таблица 2

Составляющие полной мощности при сварке обмазанным электродом до и после установки компенсирующего устройства

Показатель	До компенсации		После компенсации	
	первичная сторона	вторичная сторона	первичная сторона	вторичная сторона
S , кВ·А	12,03	2,60	3,15	2,68
P , кВт	4,37	2,32	2,93	2,38
Q , квар	11,17	0,44	0,05	0,45
D , кваи	0,82	1,08	1,16	1,13
k	0,36	0,89	0,93	0,89

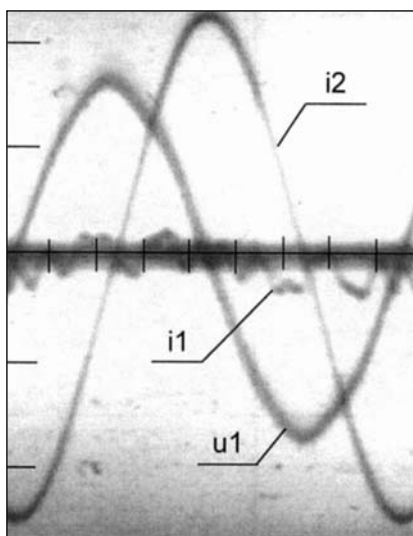


Рис. 4. Осциллограммы кривых токов и напряжений при коротком замыкании по вторичной стороне с компенсирующим конденсатором в первичной цепи

рочного источника питания компенсирующим конденсатором 2. Емкость конденсатора 2 рассчитана только для компенсации на холостом ходу. При возникновении короткого замыкания между электродом и свариваемым изделием разности потенциалов между ними недостаточно для срабатывания реле дуги, нормально замкнутые контакты 8 реле дуги замкнуты и дополнительный компенсирующий конденсатор 7 под-

ключен к питающей сети, компенсируя реактивную составляющую первой гармоники потребляемого из питающей сети тока.

Емкость дополнительного компенсирующего конденсатора 7 выбирается такой, чтобы сумма потребляемого конденсатором тока по первой гармонике сетевого напряжения и пассивной составляющей тока первой гармоники, потребляемой из питающей сети источником питания, стремилась к нулю.

Сглаживающий реактор 9 осуществляет демпфирование переходных процессов, возникающих в цепи дополнительного компенсирующего конденсатора 7 в моменты его подключения к сети.

Анализ данных, полученных на экспериментальной установке (рис. 3, 4, табл. 2), показывает, что после установки компенсирующего устройства потребляемая полная мощность снизилась в 3,81 раза, реактивная мощность в 225,1 раза, активная — в 1,49 раза.

Сравнение энергетических характеристик по вторичной стороне сварочного источника питания до и после установки компенсирующего устройства показывает, что мощность, потребляемая дугой, не изменяется после добавления в источник питания компенсирующего устройства.

Это дает основание констатировать отсутствие влияния компенсирующего устройства на технологический процесс сварки.

Таким образом, использование даже простейших систем управления качеством электроэнергии сварочного источника питания позволяет значительно повысить эффективность эксплуатации сварочным оборудованием питающей сети.

Литература

1. Лебедев В. К. Тенденции развития источников питания для дуговой сварки // Автоматическая сварка. 1995. № 5.
2. Рудык С. Д., Турчанинов В. Е., Флоренцев С. Н. Перспективные источники сварочного тока // Электротехника. 1998. № 7.
3. Micro-Cap and Micro-Logic // Byte. 1986. Vol. 11. No 6.
4. Micro-Cap III. Third-generation interactive circuit analysis // Byte. 1989. Vol. 14, No 4.
5. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ 970360 (Российская Федерация). Программа расчета составляющих полной мощности в электрических цепях с несинусоидальными токами и напряжениями (POWER 3) // Агунов А. В., Агунов М. В., Глобенко И. Г. // Б.И. 1997. № 3.
6. Agunov M. V., Agunov A. V. Globenco I. G. Energy Balance in Electric Circuits with Non-Sinusoidal Voltage and Current // IEEE Trans. on Power Systems. 1997. Vol. 12. No 4.P. 1507—1510.
7. Агунов А. В. Неактивные составляющие полной мощности в автономных электротехнических системах судостроения. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. СПб.: СПбГМТУ, 1997.

ЗАСЕДАНИЕ НТС РОССУДОСТРОЕНИЯ

8 октября 2002 г. состоялась заседание Научно-технического совета (НТС) Россудостроения на тему: «О внедрении САЛS-технологий предприятиями судостроительной промышленности при проектировании, постройке и послепродажном сопровождении кораблей, судов и систем вооружения». С основным докладом выступил начальник отдела ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова Л. И. Розум, с содокладами — генеральный директор ФГУП ЦНИИТС В. Д. Горбач и др.

На НТС было отмечено, в частности, что с 2001 г. на предприятиях и в организациях отрасли (ОАО «Балтийский завод», ФГУП «СПКБ», ФГУП ЦКБ МТ «Рубин», ФГУП «Адмиралтейские верфи», ОАО КБ «Вымпел» совместно с ОАО СЗ «Северная верфь») реализуются пилотные проекты по ИПИ-технологиям.

После реализации этих проектов достигнуты следующие основные результаты:

- в рамках САД/САМ-систем, используемых российскими судостроительными предприятиями, получен опыт трехмерного макетирования, показавший реальность выполнения этой задачи. Наиболее масштабные результаты в ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» — более 10 тыс. объектов;
- значительный опыт получен ОАО СФ «Алмаз» и ОАО «Балтийский завод» по подготовке информации для проведения каталогизации предметов снабжения и взаимодействия с Федеральным центром каталогизации;
- ОАО «Балтийский завод» выполнен анализ информационного взаимодействия с поставщиком оборудования для корабля.

Принципиальное значение имеет опыт параллельного проектирования, полученный ОАО КБ «Вымпел» и ФГУП «СПКБ», а также информационного электронного взаимодействия и реально-

го продвижения к безбумажным информационным технологиям предприятиями ОАО КБ «Вымпел» и ОАО СЗ «Северная верфь».

НТС решил:

1. Одобрить представленную программу работ по внедрению ИПИ-технологий в судостроении.
2. Первоочередными задачами внедрения ИПИ-технологий в российском судостроении считать:
 - формирование типовой структуры модели корабля в PDM на основе международных стандартов, освоение интегрирующих механизмов PDM;
 - освоение конструкторскими бюро режимов параллельного проектирования на уровне САД и PDM с главным легитимным результатом — полной электронной проектной моделью корабля;
 - разработку электронных систем подготовки производства верфей на базе электронных моделей изделий;
 - формирование отраслевой инфраструктуры, в первую очередь, библиотеки электронных каталогов на базе международных стандартов и организацию Центра поддержки ИПИ-технологий в судостроении;
 - переработку отраслевых стандартов, препятствующих легитимизации электронных форм информации;
 - организацию подготовки (переподготовки) специалистов в области ИПИ-технологий.
3. Для организации работ по программе образовать в Россудостроении Координационный совет по проблеме внедрения ИПИ-технологий и Центр поддержки ИПИ-технологий в судостроении, для чего поручить ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова совместно с ФГУП ЦНИИТС подготовить и представить в Россудостроение проекты положений о Координационном совете и Центре, по составу Координационного совета и рабочей группы при нем.

Пресс-центр Россудостроения

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ



ФЛОТ — ОСНОВА КОМПАНИИ

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПАРОХОДСТВО»
JOINT-STOCK NORTH-WESTERN
SHIPPING COMPANY



30 января 2003 г. — знаменательная дата для ОАО «Северо-Западное пароходство». В этот день 80 лет назад Постановлением Совета Труда и Оборона было образовано Северо-Западное Государственное речное пароходство.

История становления пароходства неразрывно связана с развитием судостроения в России и в ее Северо-Западном регионе, в частности.

База водных перевозок в этом регионе страны была заложена еще императором Петром I. После основания в устье реки Невы Санкт-Петербурга и утверждения России на берегах Балтики освоение водного пути от Балтийского моря к центральному району страны стало делом государственным.

Первое российское торговое парусное судно «Святой Павел» было построено летом 1693 г. в Архангельске. В Санкт-Петербурге летом 1815 г. на механическом заводе Ч. Берда был построен первый пароход, что позволило осенью того же года открыть регулярное пароходное сообщение между Санкт-Петербургом и Кронштадтом. Заметным событием в развитии судоходства на Неве явилось создание Б. С. Якоби в 1833 г. большого баркаса с гребными колесами — прообраза современных электроходов. Эти достижения дали толчок к масштабному строительству судов и образованию судоходных компаний.

К концу первой половины XIX века были учреждены «Невское пароходство», «Пароходство между Шлиссельбургом и Санкт-Петербургом», товарищество «Волго-Невское буксирное пароходство» и товарищество на паях «Свирское пароходство». Постепенно число судовладельцев росло и в предвоенном 1913 г. в Северо-Западном бассейне России их насчитывалось уже более 250.

Национализированный после революции флот северо-запада страны стал основой для создания в 1923 г. государственного предприятия — Северо-Западное речное пароходство. В навигацию 1923 г. пароходству принадлежало 500 судов: 412 буксиров, 76 товарно-пассажирских судов и 12 служебных.

В предвоенный период флот пароходства обновляется, создаются портовые и судоремонтно-судостроительные мощности.

Во время Великой Отечественной войны многие суда пароходства непосредственно участвовали в боевых операциях, а также в грузовых и пассажирских перевозках через Ладожское озеро. За три военных

года «река—море». Последнее обстоятельство позволило расширить сферу деятельности пароходства с внутренней речной системы России до бассейнов Балтийского, Северного, Белого, Баренцевого, Каспийского, Черного и Средиземного морей и организовать перевозки грузов в экспортно-импортном направлении. Первыми судами, совершившими рейсы по Волго-Балтийскому водному пути, были теплоходы «Профессор Керичев», перевозивший из Кандалякши железорудный концентрат Череповецкому металлургическому комбинату, «Волго-Балт-7» и «Волго-Балт-10», выполнявшие рейсы по доставке угля из Череповца в Кандалякшу. Первым судном Севе-



Головной универсальный сухогруз «Св. апостол Андрей» (пр. 01010)

навигации на судах пароходства перевезено свыше 2 млн т грузов и более 1 млн чел.

В послевоенный период рубежными являются 60-е годы прошлого века — годы открытия судоходства по Волго-Балтийскому водному пути и пополнения флота пароходства принципиально новым типом судов

ро-Западного речного пароходства, совершившим доставку груза в заграничье, был теплоход «Балтийский-8».

Новый тип судов позволил пароходству не только расширить «географию» перевозок, но и перейти в конце 60-х годов на массовое использование флота в межнавигаци-

онный период, т. е. на круглогодичную эксплуатацию судов.

70—80-е годы — время бурного развития паромства на базе современных судов смешанного плавания. Именно в эти годы были введены в эксплуатацию суда этого типа грузоподъемностью от 2 до 5 тыс. т (типа «Ладога», «Амур», «Волго-Балт», «Сибирский», «Балтийский», «Волга») и сформировался основной состав грузового флота паромства.

В середине 90-х годов флот паромства пополнился судами повышенной мореходности класса $\times 100A$ Ice class $\times 100A$ Ice class $\times 100A$ LVC, UVS (Lloyd's Register of Shipping), позволившими значительно расширить сферу деятельности паромства, которое с 1992 г. имеет статус открытого акционерного общества (ОАО).

В настоящее время ОАО «Северо-Западное паромство» — крупнейшая холдинговая судоходная компания северо-запада России. Ее флот насчитывает более 400 судов, в том числе около 300 ед. самоходного транспортного флота, 120 из которых — суда заграничного плавания класса «река—море». Флот компании осуществляет более 3500 судозаходов в 320 портов стран Европы, Азии и Африки.

Все суда компании соответствуют требованиям международных конвенций и национальных правил. Однако поддержание указанного соответствия становится все сложнее, поскольку больше половины судов имеют возраст более 20 лет, и для них требования к освидетельствованиям и страховым коммерческим рискам permanently ужесточаются.

В связи с этим в 2000 г. была разработана программа реновации флота холдинга. Этой программой предусматривается два направления обновления флота: модернизация существующих судов и строительство нового флота.

На первом этапе программа реализовывалась в основном по пути модернизации судов. Отправной точкой реализации второго направле-



Постройка серийного универсального сухогруза типа «Валдай» в эллинге ОАО СЗ «Северная верфь»

ния стало 26 января 2001 г., когда на ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»» было заложено головное из серии 10 судов типа «Валдай» (пр. 01010), проект которого был разработан ОАО КБ «Вымпел».

Суда типа «Валдай» — это универсальные суда смешанного плавания нового поколения. По классификации Российского Морского Регистра Судоходства они относятся к самому высокому (первому) классу судов такого типа и могут осуществлять плавание в морских районах на волнении с высотой волны 3%-й обеспеченности 8,5 м, с удалением от места убежища до 200 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища до 400 миль. Суда пр. 01010 предназначены для перевозки генеральных и навалочных грузов, а также контейнеров. Их отличает повышенные грузоподъемность (до 4800 т) и контейнероёмкость (более 260 шт.). Длина судна 128,2 м, ширина 16,74 м, высота борта 6,1 м, осадка в реке/море 3,6/4,2 м, дедвейт соответственно 3670/5010 т, автономность 20 сут, скорость 11 уз,

экипаж 10 чел., мощность главных двигателей 2 x 1080 кВт, дизель-генераторов — 3 x 160 кВт.

Выбор такого типа судна вызван, прежде всего, необходимостью расширения перевозок на Балтике и интересами удержания лидерских позиций паромства в этом регионе. Правильность выбора подтверждается спросом на суда такого класса как со стороны отечественных (ОАО «Волжское паромство «Волга-флот»» приобрело проектную документацию), так и зарубежных судовладельцев (подписано соглашение о строительстве таких судов для Чехии в счет погашения государственного долга).

В настоящее время на различных стадиях строительства находятся семь судов типа «Валдай». В конце 2002 г. первое судно «Св. апостол Андрей» введено в эксплуатацию.

Между тем, судами типа «Валдай» программа реновации флота не исчерпывается. В целях сохранения потенциала холдинга значительный объем средств направляется на обновление основного ядра флота — судов среднего класса, способных обеспечивать при полной загрузке сквозные «река—море» перевозки. Это позволит компании заметно расширить «географию» перевозок и органично вписаться в европейскую сеть внутренних водных путей, интегрированной частью которой стали внутренние водные пути Российской Федерации после подписания 29 августа 2002 г. Соглашения UNECE European Agreement on Main Inland Waterways of International Importance.

Принимая поздравления в связи со знаменательной датой, холдинговое транспортное объединение ОАО «Северо-Западное паромство» уверенно смотрит в будущее, рассматривая программу реновации флота как новый этап укрепления позиций компании не только в России, но и в Европе.

**А. С. Баев, технический директор
ОАО «Северо-Западное паромство»,
докт. техн. наук, профессор**

100 ЛЕТ КАФЕДРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ СПБГМТУ

В 2002 г. исполнилось 100 лет кафедре проектирования судов Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (бывш. Ленинградский кораблестроительный институт).

Юбилейный научно-технический семинар, посвященный этому знаменательному событию, прошел 26 декабря 2002 г. в одной из аудиторий СПбГМТУ. В нем участвовали ученые, проектанты и строители кораблей, ветераны судостроения, выпускники кафедры.

Открыл семинар ректор СПбГМТУ К. П. Борисенко. С докладом «Сто лет деятельности кафедры проектирования судов» выступил академик РАН В. М. Пашин. Внешним связям кафедры посвятил свое выступление А. В. Бронников. Далее совместные доклады касались проектирования и постройки основных классов кораблей, в создании которых принимали участие и выпускники кафедры: «Послевоенное развитие надводного кораблестроения» (В. Е. Юхнин, И. В. Челпанов), «Современное состояние и перспективы развития подводного кораблестроения» (Ю. Н. Кормилицин, О. А. Хализев), «Скоростной флот России. Успехи и направления развития» (А. В. Шляхтенко, Г. Ф. Демешко).

С момента создания кафедра рассматривается как выпускающая: она дает путевку в инженерную жизнь всем студентам кораблестроительного факультета института. Тесная связь кафедры с судостроительной промышленностью, обширные знания и навыки, получаемые студентами в процессе обучения, позволяют молодым специалистам успешно работать на верфях, в НИИ и КБ, быстро продвигаться по служеб-



К. П. Боклевский

ной лестнице. Среди выпускников «корабелки» — генеральные директора заводов, главные конструкторы проектов, лауреаты престижных премий. Высочайший уровень базовой кораблестроительной подготовки наших специалистов позволил создать в СССР мощный океанский военный флот, транспортный флот, занимавший по тоннажу шестое место в мире перед распадом СССР, и промысловый флот, находившейся по этому же показателю на первом месте в мире.

С поздравлениями и воспоминаниями о незабываемых годах учебы в «корабелке» на семинаре выступили руководители и ведущие работники «Адмиралтейских верфей», Северного ПКБ, ЦКБ МТ «Рубин», СПМБМ «Малахит», ЦМКБ «Алмаз», ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, «Северной верфи», ЦНИИТС, журнала «Судостроение» и др.

Ряд сотрудников кафедры был награжден серебряными медалями Санкт-Петербургского Морского Собрания. 100-летию

кафедры посвящен и специальный сборник статей «Корабли и люди». Юбилейный семинар закончился дружеским ужином в студенческой столовой. □

Руководители кафедры проектирования судов

Май 1902 г. Утверждение кафедр Санкт-Петербургского политехнического института. Первой кафедрой кораблестроительного отделения стала кафедра корабельной архитектуры. Декан отделения — К. П. Боклевский (он же заведующий кафедрой, руководил ею до 1928 г.).

1928—1948 гг. Кафедрой (с 1930 г. — в составе Ленинградского кораблестроительного института) руководит академик АН СССР В. Л. Поздюнин.

1948—1949 гг. Кафедрой заведует профессор Б. М. Малинин — главный конструктор ряда проектов подводных лодок.

1949—1959 гг. Кафедру возглавляет профессор Л. М. Ногид — главный конструктор траулера и тральщиков, автор классического учебника по проектированию судов.

1959—1977 гг. Кафедрой заведует профессор В. В. Ашик — главный конструктор надводных кораблей, дважды лауреат Сталинской премии I степени.

1977—1989 гг. Кафедрой заведует профессор А. В. Бронников — автор трех учебников по проектированию судов.

1989—1995 гг. Кафедрой заведует доцент И. В. Челпанов — научный сотрудник ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова.

С 1995 г. кафедру возглавляет академик РАН В. М. Пашин, научный руководитель — директор ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова.

О ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В. В. МЕЩЕРЯКОВА

4 марта 2003 г. профессору доктору технических наук, талантливому руководителю — бывшему генеральному директору НПО «Ритм» — Василию Васильевичу Мещерякову исполнилось бы 80 лет.

Он родился в Ленинграде в семье архитектора. После окончания школы в 1940 г. поступил в Ленинградский кораблестроительный институт (ЛКИ), а в 1941 г. со второго курса ушел добровольцем на фронт. Служил в разведке, в артиллерии. Был ранен. Великую Отечественную войну закончил в Венгрии в звании гвардии майора. В 1946 г. В. В. Мещеряков демобилизовался, вернулся в родной город — Ленинград и поступил работать на Балтийский

го научно-исследовательского института технологии судостроения (ЦНИИТС). Имея богатый жизненный и производственный опыт, он сразу энергично взялся за развитие института, строительство новых корпусов с благоустроенными помещениями, оснащение лабораторий, экспериментальных участков и опытно-производственной базы новейшим оборудованием, приборами, вычислительной техникой. Все это в дальнейшем позволило успешно проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Именно здесь, в институте раскрылись незаурядные организаторские способности Василия Васильевича. Внеся определенные новшест-

них была программа создания и широкого внедрения пластмасс в отечественное судостроение, в том числе конструкционных стеклопластиков. Ее реализация обеспечила постройку первого в мировой практике корабля — тральщика «Изумруд» с корпусом из стеклопластика.

Сплотив вокруг себя группу единомышленников в лице руководителей подразделений института, В. В. Мещеряков как специалист в области технологии, экономики, управления и организации судостроительного производства взялся за создание филиалов ЦНИИТС в районах с развитым судостроением — в Николаеве, Горьком, Севастополе, Хабаровске, Феодосии. Эта важная мера была направлена как на ликвидацию пробелов в тематике института, так и на решение актуальных вопросов, касающихся отдельных заводов этих районов и возможности внедрения на них результатов законченных ЦНИИТС НИОКР.

В свою очередь реализация задач комплексной механизации основных видов производства на заводах отрасли, дальнейшего совершенствования блочного поточно-позиционного метода постройки кораблей с новыми энергетическими установками, широкого применения новых металлических и неметаллических материалов для корпусов кораблей, а также новых конструктивно-отделочных материалов потребовала создания более мощной опытно-промышленной базы ЦНИИТС. В. В. Мещеряков стал инициатором создания такой базы за счет передачи Минсудпромом в состав ЦНИИТС ленинградских заводов «Пелла» и «Петрозавод», Свирской судовой верфи. По ходатайству Минсудпрома и при активном участии В. В. Мещерякова, правительством в 1969 г. было принято решение о создании на базе ЦНИИТС, его филиалов и заводов Научно-производственного объединения «Ритм». Это было первое объединение в отрасли и третье в Ленинграде. Его генеральным директором назначили В. В. Мещерякова. Высокая эрудиция



В. В. Мещеряков докладывает о результатах НИОКР на совещании в Москве.
На снимке (слева направо): В. В. Мещеряков, Б.Е. Бутома, Н. М. Лужин, Г. А. Титов, Н. А. Мичурин

судостроительный завод. Без отрыва от производства продолжал учебу в ЛКИ на вечернем отделении, которое окончил в 1950 г. Его трудовой путь на заводе: рядовой конструктор, зам. начальника цеха, зам. главного технолога, главный строитель танкера «Пекин» и зам. главного инженера.

В 1958 г. В. В. Мещеряков назначается директором Централь-

но-исследовательского института выполнения исследований и внедрение их результатов в проектирование и строительство судов и кораблей, он лично участвовал в разработке и реализации комплексных программ создания изделий судового машиностроения из высокопрочных конструктивных материалов и развития новых технологических процессов на предприятиях отрасли. Одной из

и большой производственный опыт позволили ему в кратчайшие сроки установить наиболее рациональные формы связи НПО «Ритм» с промышленностью, а также со смежными отраслями и решить в основном проблему более полного и быстреего внедрения достижений технологической науки в проектирование и производство.

Именно создание объединения обеспечило в дальнейшем решение проблемы комплексной механизации основных видов судостроительного производства, разработку и внедрение систем автоматизированного проектирования (САПР), технологической подготовки производства (АСТПП) и управления технологическими процессами (АСУТП). В. В. Мещеряков много внимания уделял молодым специалистам, передавая им свой богатый опыт, чтобы они продолжали традиции старших товарищей в науке и производстве.

В 1971 г. В. В. Мещерякову решением ВАК присуждается ученая степень доктора технических наук, а через два года он был утвержден в ученом звании профессора. За период своей научно-педагогической и производственной деятельности им опубликовано более 100 научных работ, в том числе в соавторстве издан учебник «Технология судостроения» для вузов. Был Василий Васильевич и главным редактором журнала «Судостроение».

Одновременно с развитием института как технологического центра отечественного судостроения В. В. Мещеряков уделял большое внимание развитию спортивно-оздоровительных баз объединения для отдыха сотрудников и их детей. Так, были созданы стадион «Шторм», база рыбака и охотника, лыжная база и пионерский лагерь «Парус». Кроме тружеников объединения и их детей, сотни ребят Кировского района занимались в спортивных секциях «Шторма».

С 1975 г. и до конца своей жизни (23 октября 1987 г.) Василий Васильевич работал профессором в Институте повышения квалификации руководящих работников и специалистов судостроительной промышленности, передавая им свои знания и богатый опыт в области технологии и организации судостроительного производства.

За проявленное мужество и героизм на фронтах Великой Отечественной войны В. В. Мещеряков был награжден орденами Отечественной войны I степени, Красного Знамени, Красной Звезды и многими медалями. Успехи на трудовом фронте Василия Васильевича отмечены орденами Ленина, Трудового Красного Знамени и медалью «За трудовую доблесть».

Н. П. Лукьянов,

канд. техн. наук, лауреат

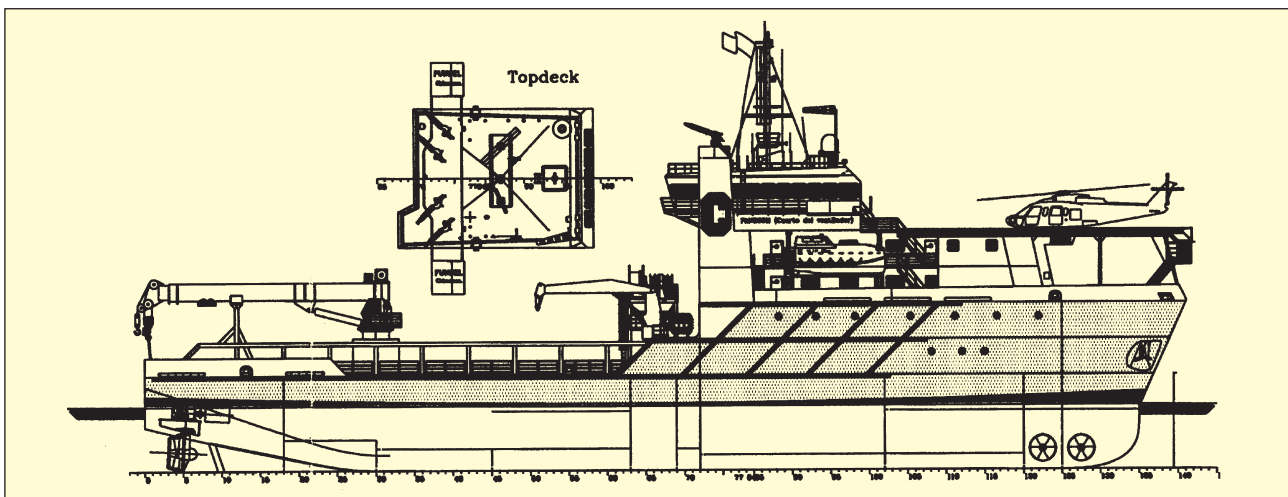
Государственной премии СССР

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

«**Caballo de Trabajo**» — специализированное судно для выполнения водолазных и других работ на шельфе Мексиканского залива, обслуживания буровых платформ построено голландской верфью De Noor по заказу мексиканской компании Otto Candies Mexican Investments. Контракт (58 млн гульденов) был подписан в мае 2001 г., спуск состоялся 24 января 2002 г., а сдача — 1 июня того же года. Главные размерения судна 81,6/74,4 x 8 x 7,4 м, проект-

ная осадка 5 м, дедвейт при осадке 6 м — 3500 т, скорость 11,5 уз, жилые помещения — для 134 чел., свободная площадь палубы 610 м², грузоподъемность палубного крана 100 т при вылете стрелы 9 м (50 т при 15 м). Главная энергетическая установка состоит из четырех дизель-генераторов (4 x 1424 кВт), двигатели — две полноповоротные винторулевые колонки (2 x 1430 кВт). Система динамического позиционирования, включающая в себя также

носые подруливающие устройства (по 800 кВт), обеспечивает нахождение судна на точке работ при высоте волн до 3,5 м и ветре до 15 м/с. Колодец для водолазного колокола имеет размеры в плане 3,6 x 3,6 м и расположен кормовее поперечной переборки машинного отделения. Водолазная система рассчитана на 9—12 чел., в том числе декомпрессионная камера на 3 чел. Судно построено на класс ABS (*Schip en Werf de Zee*. 2002. December. P. 29—31).



Боковой вид водолазного судна «Caballo de Trabajo»



Контейнеровоз «Contship Aurora» — первое судно с сертификатом «Green Passport», выданным GL

«Contship Aurora» — первое судно, получившее 29 октября 2002 г. от Germanischer Lloyd (GL) сертификат соответствия («Green Passport») всем международным стандартам по обеспечению защиты окружающей среды от загрязнения с судов, а также национальным (ФРГ) стандартам и требованиям GL — Environmental Service System (GL-ESS). Судно валовой вместимостью 46 000 рег. т, способное перевозить 4115 стандартных 6-метровых контейнеров, построено 1 сентября 2002 г. южнокорейской верфью Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co. Ltd. в Окпо по заказу компаний Contship Containerlines Ltd (UK) и Anglo-Eastern Ship Management Ltd (China). Разработчики «Green Passport» полагают, что судовладельцы будут весьма заинтересованы в добровольном получении этого документа, который свидетельствовал бы о применении самых совершенных технологий по охране природы, повышал конкурентоспособность судна, способствовал экономии эксплуатационных расходов за счет соответствующего снижения портовых сборов, уменьшая риск ответственности за возможное загрязнение окружающей среды. GL планирует развивать данное направление услуг для судовладельцев путем создания специальной информационной системы Environmental Passport Information System (GL-EPIS), которая будет открыта для всех участников морского рынка, в том числе верфей и изготовителей судового оборудования (GL Press News. 29.10.2002; www.germanlloyd.org).

В августе 2002 г. успешно завершилась операция по подъему 2-орудийной бронированной башни

(диаметр 6 м, высота 2,7 м) знаменитого «Монитора» («Monitor») — первого низкобортного броненосного корабля с вращающейся башенной артиллерийской установкой времен Гражданской войны в США. Корабль находится на глубине 73 м в 16 милях на юго-восток от мыса Хаттерас. Данная операция, в которой участвовали NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), ВМС США и другие организации, стала итогом многолетних усилий по спасению от коррозии и сохранению в музее (The Mariner Museum) ключевого компонента корабля, появление которого открыло новую эру в броненосном кораблестроении и дало название целому классу военных кораблей. Подъем был осуществлен с помощью крановой баржи «Wotan». Предварительно в течение шести недель производился демонтаж 30-тонной корпусной секции, других конструкций,

которые мешали подъему башни с двумя гладкоствольными 11-дюймовыми пушками системы Dahlgren.

«Монитор» был построен Федеральным правительством США по проекту шведского инженера Дж. Эриксона в феврале 1862 г., а в марте того же года убедительно продемонстрировал свое превосходство в решающем бою с броненосцем южан «Мерримак» (переделанным из деревянного фрегата) с казематной артиллерией. 29 декабря 1862 г. «Монитор» затонул, попав в шторм. Его водоизмещение 1250 т, длина 56,4 м, мощность паровой машины около 160 л. с., осадка 3,6 м, высота борта 0,6 м, скорость 7 уз, бронирование бортов 127 мм, башни — 203 мм (Sea Technology. 2002. September. P. 9; МЭС, 1987, Т. 1, с. 450).

Еще на 5 лет продлила немецкая верфь Howaldtswerke-Deutsche Werf AG (HDW) соглашение со шведской фирмой Tribon Solution о сотрудничестве с целью развития на верфи в Киле автоматизированной судостроительной системы Tribon Shipbuilding System. Предшествующие ей системы CAD/CAM применялись здесь с 1986 г., а внедрение Tribon состоялось в 1995 г. За более чем полтора десятилетия HDW спроектировала и построила с помощью CAD/CAM систем свыше 74 гражданских судов и 44 военных корабля. В результате сотрудничества HDW с Tribon Solution были разработаны и внедрены специальные программные модули: Tribon Genauigkeit (повышение точности, улучшение процесса сборки конструкций), Tribon Dotori (выбор геометрических параметров подготовки кромок



Норвежская верфь Ulstein Verft строит ледокольное судно снабжения для шотландской компании BUE Marine. Оно будет снабжено двумя винторулевыми колонками Schottel SRP2020 (2 x 2000 кВт/1194 об/мин) и двумя типа 220T Pump-Jets (2 x 850 кВт). Проект разработан фирмой BMT Shipdesign, класс судна DNV + 1A1 Supply Vessel. EO. Ice 1A*F. Планируется, что судно будет эксплуатироваться нефтяным консорциумом в Каспийском море

деталей под сварку для стыковых и угловых соединений, соответствующие расчеты, получение управляющих программ для оборудования с ЧПУ), Tribon Profile Robot Cutting Interface, Tribon Panel Line Control.

Два судна — автомобилевоза «Neptun Aegli» и «Neptun Dynamis» дедвейтом по 6580 т построены в 2002 г. испанской верфью Hijos de J. Barreras для греческой компании Neptune Lines. Каждое судно вмещает 1500 легковых автомобилей (либо 87 трейлеров и 470 легковых автомобилей), которые перевозятся на семи не имеющих пиллерсов палубах, две из которых подъемные. Для ускорения грузообработки предусмотрены две кормовые аппарели фирмы MacGREGOR: в диаметральной плоскости — длиной 14,5 м (+2 м) и шириной 8,2 м; по правому борту — 15 (+3,7) x 5,2 м. Для перемещения автомобилей с одной палубы на другую используются три подъемные рампы. Ролкеры планируется эксплуатировать на линиях между Турцией, Грецией, Францией, Испанией и Северной Африкой.

Первый заказ на восемь новых судовых кранов типа GLB-2 получила шведская фирма MacGREGOR Cranes AB. Это грейферные краны грузоподъемностью 30 т с максимальным вылетом 26 м будут установлены на двух балкерах дедвейтом по 49 000 т, которые строятся на китайской верфи NACKS для компании



Немецкая верфь Howaldtswerke-Deutsche Werf AG использует при проектировании и постройке транспортных судов и военных кораблей компьютеризированную судостроительную систему Tribon Shipbuilding System

Jiangsu Ocean. Краны специально разработаны для установки на суда для перевозки навалочных грузов дедвейтом до 60 000 т. Их особенность — модульная конструкция и три независимые гидросистемы, обеспечивающие подъем/опускание стрелы, поворот крана, операции перемещения грейфера. Это повышает надежность крана и облегчает работы по техобслуживанию.

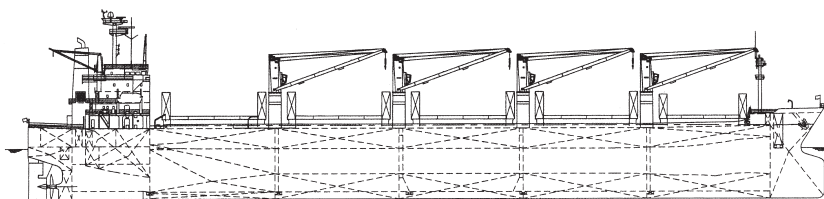
Передвижная установка «Emmie» для очистки масла в системах гидравлики — результат совместной работы двух известных в судостроении фирм — MacGREGOR и

Alfa Laval. По данным разработчиков она обеспечивает удаление воды и свыше 99% всех посторонних частиц размером 2—5 мкм. Установка имеет массу 100 кг; она подсоединяется к системе (масляной цистерне) двумя шлангами и с помощью насоса прокачивает масло через подогреватель (до 70 °С) и сепаратор. Она может применяться для очистки гидросистем различных судовых приводов, например, крышек люков и таких устройств, как ВРШ, лебедки, краны, подруливающие устройства и др. (MacGREGOR News. 2002. No. 146).



Neptun Aegli			
Length oa	157,8m	Deadweight (6,4m draught)	6,580 tonnes
Length bp	145,0m		
Breadth	24,4m	Vehicles	1,500 cars or 87 trailers
Depth main deck	8,0m		+470 cars
Depth upper deck	14,08m	Propulsion	2 x Wartsila 8L46B
Draught design	6,00m	Output	2 x 7,800kW
Draught scantling	6,50m	Speed service	20, knots
Block coefficient	0,6	Class	DNV
RoRo capacity	1,500 lane-m	RoRo systems	MacGREGOR

«Neptun Aegli» — новый ролкер, предназначенный для перевозки автомобилей в бассейне Средиземного моря



Два строящиеся в Китае балкэриера дедвейтом по 49 000 т будут оснащены новыми грейферными кранами (по 4 шт.) типа GIB-2 грузоподъемностью 30 т при вылете 26 м фирмы MacGREGOR Cranes

Три высокоскоростных 47,5-метровых пассажирских катамарана (плюс четыре судна в опционе) с корпусами из алюминиевого сплава поставила австралийская верфь Austal Ships (www.austal-ships.com) в Гонконг для компании New World First Ferry. Катамараны, снабженные поворотными Т-образными подводными крыльями в носу и интерцепторами в корме, будут эксплуатироваться на линии Гонконг—Макао, затрачивая на рейс около 50 мин. Ранее, в 1990—1995 гг., для Гонконга верфь Austal Ships построила 29 подобных катамаранов, что вывело ее в лидеры изготовителей 40-метровых скоростных катамаранов (*Sea Technology*. 2002. December. P. 76, 77).

Баржа-газовоз «Chemgas 20» с корпусом, специально спроектированным, чтобы выдерживать столкновения с другими судами, построена в прошлом году голландской верфью Shipyard Waterhuizen (Гронинген) для компании Chemgas B. V. (Нидерланды). Судно, первое из двух заказанных, предназначено для перевозки пропана и аммиака. Предварительно опытная секция корпуса подверглась удару под углом 90° реального 800-тонного судна с дополнительным танковым бульбом на скорости 3,5

м/с. Даже после второго удара в ту же точку конструкция не была пробита. Возможность применения новой конструкции анализировали классификационные общества GL, LR и BV. Проект «Chemgas 20» был одобрен GL, причем, для корпуса применена обычная малоуглеродистая сталь. Хотя патентованная конструкция применялась только для плоскостных секций, масса корпуса оказалась меньше по сравнению с традиционным набором. Основные элементы и характеристики судна: наибольшая длина 76,5 м, ширина 11,35 м, высота борта 5,65 м, осадка 2,55 м (максимальная 2,75 м), объем грузовых танков 2200 м³ (*Schiff & Hafen*. 2002. No. 11. S. 22—23).

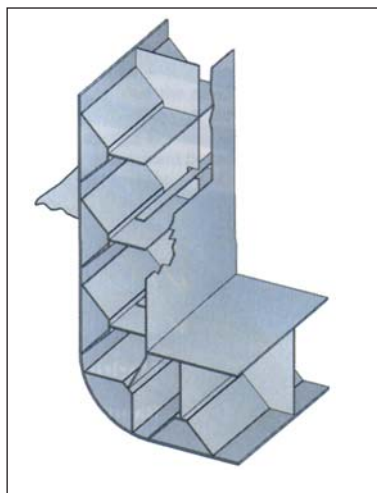
Компания EDS объявила недавно о заключении контракта на сумму 10 млн дол. с тремя немецкими верфями Blohm + Voss, Nordseewerke и Luerssen, согласно которому программные продукты EDS PLM Solutions станут для них корпоративным стандартом. Верфи станут использовать системы Teamcenter и Unigraphics NX для управления процессами создания и производства военных кораблей и яхт класса «люкс», разработки нового корвета K130 для ВМС ФРГ на основе новой



Установка «Eptmie» для очистки масла в судовых гидросистемах

инженерной концепции для судостроительной промышленности. Преимущества EDS PLM Solution были продемонстрированы после всесторонней оценки в ходе предварительного тестирования, в котором участвовали конкуренты EDS, и проектирования инженерами трех указанных верфей конструкций нового корвета.

Компания EDS является ведущим поставщиком программного обеспечения для компьютерного проектирования, производства и инженерного анализа (CAD/CAM/CAE), управления жизненным циклом изделия. Она имеет более 50 офисов в разных странах мира, в том числе в Москве, более 140 000 сотрудников и годовой оборот 21,5 млрд дол. (в 2001 г.). www.eds.com □



Баржа-газовоз «Chemgas 20»; патентованная «противоударная» конструкция ее корпуса; результат натурных испытаний корпусной секции после удара бульбом реального судна

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

10-ПУШЕЧНЫЕ ПАРУСНО-ВИНТОВЫЕ КОРВЕТЫ ТИПА «БОЯРИН»

Ю. И. Головнин

В 1850 г., по случаю 25-летия царствования Николая I, главы разных ведомств России представили императору отчеты о своей деятельности, в которых перечислялись грандиозные успехи, достигнутые благодаря «монаршим попечениям» и их собственному усердию.

Среди прочих был и отчет начальника Главного морского штаба (ГМШ) светлейшего князя адмирала А. С. Меншикова, свидетельствующий о морском могуществе России: 44 линейных корабля, 20 фрегатов и 20 военных пароходов, а всего 621 корабль должны были обеспечить владычество Российского флота в Балтийском и Черном морях.

Но спустя всего три года начавшаяся Крымская (Восточная) война (1853—1856) показала, что морское могущество России, которым она обладала в эпоху парусных кораблей, в середине XIX века оказалось мифом. С заменой парусных кораблей паровыми соотношение сил флотов резко изменилось в пользу Англии и Франции. Справедливости ради следует отметить, что Пароходный комитет в 1851 г. разработал программу постройки парусно-винтовых кораблей для Балтийского флота. Она предусматривала строительство трех фрегатов, корвета и пяти судов других классов. Однако их постройка затянулась. Только в мае 1853 г. был спущен на воду в Архангельске 44-пушечный фрегат «Полкан», остальные два: 46-пушечная «Мария» (с 1854 г. — «Аскольд») в Санкт-Петербурге и 53-пушечный «Илья Муромец» в Архангельске, с машинами по 360 сил, находились еще на стапелях. Между тем, в Англии и Франции развернулось бурное строительство нового парусно-винтового флота. В 1852 г. в составе английского флота было уже 11 винтовых линейных кораб-

лей и 10 фрегатов, у французов — три линейных корабля (еще три строились). Даже Турция приступила к постройке винтовых кораблей.

С приходом к руководству флотом молодого генерал-адмирала великого князя Константина Николаевича образовался довольно широкий круг его помощников и единомышленников. Среди них в возрождении корабельного состава флота наиболее заметную роль сыграли И. И. фон Шанц, И. А. Шестаков и А. А. Попов.



Генерал-адмирал Константин Николаевич

1 октября 1854 г. император Николай I по докладу генерал-адмирала разрешил «построение в С.-Петербурге к навигации 1856 г. 15 винтовых корветов». Их чертежи разрабатывались поручиком А. А. Иващенко под наблюдением И. А. Шестакова.

Строительство винтовых корветов предусматривалось в Охтинском адмиралтействе с внесением в смету Морского министерства на 1856 г. ожидаемых расходов на сумму 1700 тыс. руб. серебром. 27 июня 1855 г. поступило распоряжение

генерал-адмирала приступить к их постройке «с тем, чтобы работа сия по стесненным обстоятельствам нынешнего времени была поручена доверенным мною лицам, не стесняя их обыкновенными формальностями, но с личной передо мной ответственностью. Вследствие чего, возлагаю на адъютанта моего Шестакова постройку корветов, а на чиновника Кораблестроительного департамента Путилова — изготовление для них механизмов, заказывая оные на заводах по его усмотрению. Шестаков будет иметь наблюдение за этой постройкой в техническом отношении, а все хозяйственные заботы (приискание подрядчиков, заключение с ними условий [контрактов на поставку]), наблюдение за соблюдением этих условий и т. д. — возлагаются на Кораблестроительный департамент».

Постройку корпусов корветов, как и канлодок, принял на себя петергофский купец 1-й гильдии Сергей Галактионович Кудрявцев, имевший опыт подрядного строительства судов с 1852 г. При этом Морское министерство согласилось на его условия — корпуса строить из казенного леса. Строителями корветов назначили капитана И. Г. Карповского и поручика А. А. Иващенко.

Вначале предполагалось заложить семь корветов на старой территории адмиралтейства (на Охте), остальные восемь — на Малой Охте, где до этого строились канлодки. 25 июля того же года генерал-адмиралом было предписано построить на Охте вместо семи — шесть корветов. При этом оговаривалось, что «корпуса корветов на Охте строить преимущественно из дуба, на Малой Охте — из сосны, с употреблением в необходимых местах дуба и лиственницы, как это было допущено при построении винтовых канлодок». Постройка корветов на Охте была поручена Иващенко, на Малой Охте — Карповскому.

3 августа 1855 г. Кораблестроительный департамент заключил с подрядчиком С. Г. Кудрявцевым контракт, по которому корпуса корветов должны были быть готовы к уста-

новке на них паровых машин и котлов к 15 марта, а к спуску на воду — не позднее 15 апреля 1856 г. Стоимость постройки одного корпуса корвета оценивалась в 24 750 руб. серебром, с выплатой в три срока.

8 августа того же года, при очередном посещении Охтинского адмиралтейства, генерал-адмирал принял решение «корпуса корветов водой не пробовать, а только — маслом; для постройки «дубовых» корветов использовать казанский дуб; для постройки «сосновых» корветов на Малой Охте закончить там дооборудование восьми эллингов; начальнику Адмиралтейских Ижорских заводов изготовить для корветов 14 камбузов на 170 порций каждый с опреснительными аппаратами; для организации заказа паровых механизмов выдать на руки Н. И. Путилову 140 тыс. руб. серебром».

Через месяц (8 сентября) винтовым корветам был присвоен ранг 10-пушечных, для определения должностных окладов обслуживающему персоналу они были приравнены «к военным пароходам с паровым механизмом в 200 сил».

В результате проведенных Пароходным комитетом переговоров с изготовителями паровых механизмов, их поставку для подлежащих постройке винтовых корветов приняли на себя владельцы трех петербургских заводов: чугунолитейного и механического завода «Эммануэль Нобель с сыновьями», чугунолитейного завода «Франц Берд» и Гальванопластического литейного и механического заведения — в лице его управляющего генерал-майора Фуллона.

Требования Кораблестроительного департамента к их изготовлению были следующими: все 14 паровых машин строить по одному чертежу; все машины должны быть высокого давления, с двумя котлами из красной меди, нарицательной мощностью 200 л. с.; стоимость каждого комплекта механизмов — 50 тыс. руб. серебром. Изготовление всех 14 паровых механизмов на трех различных предприятиях по одному чертежу (проекту) предусматривалось в России впервые.

Приказом управляющего Морским министерством от 20 сентября 1855 г. № 372 винтовым корветам,



И. А. Шестаков

строящимся на Охте («дубовым»), были присвоены наименования: «Боярин», «Воевода», «Гридень», «Новик», «Посадник» и «Рында»; на Малой Охте («сосновым») — «Буйвол», «Вебрь», «Вол», «Волк», «Зубр», «Медведь», «Рысь» и «Удав».

Все корветы было решено заложить в один день, в воскресенье 9 октября 1855 г. До этого следовало окончательно определиться с местами их постройки. В корабельный эллинг адмиралтейства перенесли съемное оборудование из двух фрегатских, где предстояло заложить по два корвета, пятый — на свободной площади корабельного эллинга. Старшему производителю судостроительных работ капитану Карповскому поступило распоряжение из Морского министерства «до закладки корветов построить на территории Адмиралтейства крытый сарай из горбылей, в котором и заложить шестой корвет».

Адмиралтейским Ижорским заводам были заказаны закладные доски корветов с типовым текстом следующего содержания: «10-пуш. винтовой корвет (наименование) заложен 9 октября 1855 г. на Охтинской верфи. Строитель — корабельный инженер (звание, фамилия). В присутствии Его Императорского Высочества Генерал-адмирала и Управляющего Морским министерством вице-адмирала Врангеля». Закладка корветов состоялась в назначенный день «в час пополудни» (в 13 ч).

Подводную часть корпусов «дубовых» корветов решили обшить

красной листовой медью на просмоленном войлоке, а «сосновых» — листовым оцинкованным железом (как на канлодках), закупив его на Нижегородской ярмарке. Рули и румпели для всех корветов заказали заводу Берда, ему же — железные старнпосты (передняя часть ахтерштевня, через которую проходит гребной вал) для «сосновых» корветов (на «дубовых» установили деревянные). Железные ящики (цистерны) для воды поручалось изготовить на Ижорских заводах. На корветах предусматривалось по 30 бортовых иллюминаторов в пятигранных медных оправках со стеклами. Кроме того, по примеру черноморских судов, Шестаков разрешил установку и палубных иллюминаторов над каждой каютой (по 26 на корвет). Якорные канаты заказали калибром 1 3/8 дюйма (33 мм), длиной в 300 сажень каждый (348 м). Палубный настил на верхней палубе было приказано изготовить из дубовых четырехдюймовых (10 см) досок.

Артиллерийский департамент предложил установить на баке и юте корветов по одной 60-фунтовой (195-мм) пушке массой 300 пудов (4800 кг) на станинах с поворотными платформами, остальные — 36-фунтовые (173-мм).

2 декабря 1855 г. барону П. К. Клодту заказали изготовление из дубовых кряжей моделей кормовых украшений («зверей») для «сосновых» корветов, с готовностью первой модели к резьбе не позже 21 февраля следующего года.

Через два месяца после закладки, 14 декабря, корпуса строящихся корветов были обследованы и обмерены комиссией Кораблестроительного департамента. Длина между перпендикулярами составила 163 фута 4 дюйма (49,8 м), ширина — 31 фут 11 дюймов (9,8 м), ожидаемое водоизмещение определялось величиной 885 т при осадке 13 футов (4 м).

24 марта 1856 г. генерал-адмирал распорядился на «дубовых» корветах установить «подъемные» гребные винты, на «сосновых» — стационарные. 12 мая того же года он отменил установку на корветах 60-фунтовых пушек вообще, а на баке вместо такой пушки приказал поставить 36-фунтовую на вращаю-

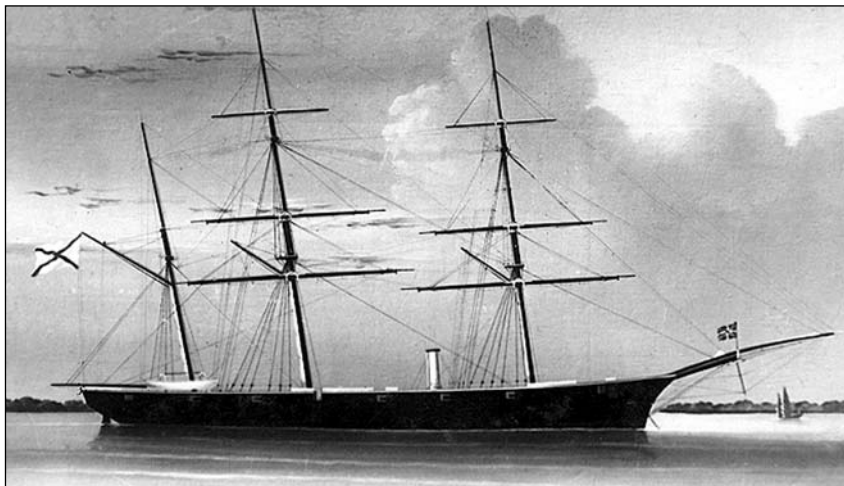
щейся платформе. Изменения состава артиллерийского вооружения привели к сокращению численности экипажа со 153 до 115 чел.

21 мая 1856 г. на Охте был спущен на воду головной корвет «Боярин», а на Малой Охте — «Волк». 1 июня состоялся спуск корвета «Зубр», 10 июня сошли на воду «Вепрь», «Рысь» и «Новик», 17 июня — «Медведь» и «Воевода». 1 июля были спущены корветы «Буйвол» и «Посадник», 6 июля — «Удав», 7 июля — «Гридень», 18 июля — «Вол» и 21 июля — «Рында».

5 августа 1856 г. генерал-адмирал распорядился из строящихся корветов четыре «дубовых» и два «сосновых» оставить на зиму в Санкт-Петербурге, а остальные до ледостава перевести для достройки в Кронштадт. Для перевода корветов через мелководье «маркизовой лужи» в Финском заливе построили четыре проводочных бота, которые имели длину по ватерлинии 24,4 м, ширину по палубе 8,5 м и глубину интрьума 3,1 м. Два из них предназначались для крепления к левому борту корвета, два — к правому. Постановкой корветов на боты и проводкой их до Кронштадта руководил поручик Корпуса корабельных инженеров О. И. Лемуань. Проводку каравана из двух корветов на ботах осуществлял «вольный» пароход «Ястреб».

К 22 августа того же года в Кронштадте находились первые четыре корвета: «Боярин», «Волк», «Зубр» и «Новик». 6 сентября туда же перевели «Рысь». Ожидали проводки «Удав», «Медведь» и «Вепрь». Остались зимовать в Санкт-Петербурге — «Буйвол», «Воевода», «Вол», «Гридень», «Посадник» и «Рында». Корвет «Воевода», почти оконченный постройкой, был определен в качестве учебного для подготовки экипажей остальных пяти кораблей. Окончательной отделкой всех кораблей руководил Карповский. Проведение испытаний корветов было поручено возглавить контр-адмиралу К. Ф. Розену, которому предписывалось держать флаг на пароходофрегате «Камчатка».

В сентябре 1856 г. И. А. Шестаков и А. А. Иващенко были откомандированы в США. Наблюдение за достройкой корветов и их сдачей



Корвет «Новик» (из коллекции Н. Н. Афонина)

в казну возложили на капитана 1-го ранга А. А. Попова, а в помощь ему по машинной части назначили опытного инженера-механика Н. М. Зарубина. Подготовка экипажей находящихся в Кронштадте корветов к кампании 1857 г., под руководством их командиров, возлагалась на контр-адмирала К. Ф. Розена. В помощь офицерам-механикам корветов разрешалось привлечь «окончательно-назначенных» вольнонаемных механиков с винтовых канлодок, а машинную команду — отправлять для обучения и ознакомления с эксплуатацией паровых механизмов на предприятия-поставщики. Руководство стажировкой машинных команд на этих предприятиях поручалось штабс-капитану Корпуса инженеров-механиков Диего-Диего Эшпару. Особое внимание при обучении обращалось на умение поддерживать сохранность и обеспечивать правильную эксплуатацию механизмов, особенно — котлов и трубопроводов.

На корветах, оставшихся на зимовку в Санкт-Петербурге, было приказано продолжить монтаж и наладку механизмов, а также выполнение прочих работ, «пока состояние погоды позволяет».

Установленные на кораблях паровые машины с двумя цилиндрами и двумя мотылями имели рабочее давление 4,2 атм, цилиндры диаметром 660 мм с толщиной стенок 28,6 мм и ход поршня — 610 мм. Гребные валы имели диаметр 190 мм, гребные винты были двухлопастными медными, системы Смита, диаметром 3,2 м.

15 ноября 1856 г. Карповский доложил в Кораблестроительный департамент о полной готовности к испытаниям всех восьми корветов, находящихся в Кронштадте. Проба (испытания) машин проводилась в ходе плавания корабля на дальность 200 миль или при их непрерывной работе в течение 40 ч. 18 ноября того же года Э. Нобель гарантировал Кораблестроительному департаменту, что если изготовленные на его заводе механизмы для корветов «Буйвол», «Вепрь», «Вол», «Волк» и «Медведь» при пробе окажутся ненадежными, то он исправит эти повреждения без оплаты. Ф. Берд дал такую же гарантию для корветов «Зубр», «Рысь» и «Удав». На механизмы «дубовых» корветов гарантию представил 19 ноября управляющий Гальванопластическим, литейным и механическим заводением Фуллон.

Вскоре все шесть «дубовых» корветов были зачислены в 28-й флотский экипаж Сибирской флотилии, так как еще 25 июня генерал-адмирал выразил пожелание «послать к устью Амура осенью этого года три «дубовых» корвета, а на будущий год — три «дубовых» корвета и клипера». Но в сентябре того же года управляющий Морским министерством сообщил в Кораблестроительный департамент, что «отправление винтовых корветов в заграничное плавание отложено до будущей весны, а переведенные на зимовку в Кронштадт корветы следует отправить в практическое плавание на один месяц».



Корвет «Боярин» (из коллекции Н. Н. Афонина)

Парижский мирный договор, подписанный 18 (30) марта 1856 г., завершивший Крымскую войну 1853—1856 гг., в числе прочего предусматривал возвращение Россией Турции г. Карса с крепостью в обмен на Севастополь и другие города в Крыму, занятые союзниками Турции, и главное — объявление Черного моря нейтральным с запрещением России и Турции иметь там военные флоты и арсеналы.

К договору прилагались три конвенции, одна из которых устанавливала ограничения в отношении количества и водоизмещения легких военных судов России и Турции, предназначенных для несения сторожевой службы в Черном море (по шесть паровых судов по 800 т и по четыре паровых или парусных судна водоизмещением по 200 т). В соответствии с этой конвенцией, «сосновые» корветы «Вепрь», «Волк», «Зубр», «Медведь», «Рысь» и «Удав» были зачислены в 4-ю флотскую дивизию Черноморского флота. 9 мая 1857 г. управляющий Морским министерством приказал черноморские корветы разделить на два отряда, из них первый (под командованием капитана 1-го ранга Лихачева) в составе корветов «Зубр», «Рысь» и «Удав» подготовить к переходу к 5 июня; второй (под командованием капитана 1-го ранга Винка), включавший в себя корветы «Вепрь», «Волк» и «Медведь», — «когда будут готовы», но не позже осени 1857 г.

В августе того же года капитан 1-го ранга Д. И. Кузнецов начал формировать первый Амурский отряд, состоящий из корветов и клиперов, для перехода к устью Амура. Он вышел из Кронштадта 19 сентября 1857 г. Второй отряд отправился в июле 1858 г.

В 1863 г., когда в связи с польским восстанием вновь обострилась политическая обстановка в Европе, правительство России направило с визитом в Северную Америку две крейсерские эскадры (Атлантического океана, из Кронштадта и Средиземного моря — в Нью-Йорк, а Тихого океана, с Дальнего Востока — в Сан-Франциско). Это событие получило в истории название «Американская экспедиция русского флота».

Эскадра Атлантического океана, под командованием контр-адмирала С. С. Лесовского, имела в своем составе три фрегата («Александр Невский», «Пересвет» и «Ослябя»), два корвета («Варяг» и «Витязь») и клипер «Алмаз». Сосредоточившись 25 июня в проливе Малый Бельт, она в целях скрытности своего похода пересекла Северное море и обогнула Англию с севера; выдержав в Атлантике два сильных шторма, корабли прибыли в Нью-Йорк 12 сентября.

Эскадра Тихого океана под командованием контр-адмирала А. А. Попова, включавшая три корвета («Богатырь», «Калевала» и «Рында») и два клипера («Абрек» и «Гайдамак»), прибыла из портов Азии и

Японии в Сан-Франциско в сентябре—октябре. Четвертый корвет эскадры («Новик») 14 сентября на подходе к американскому побережью (севернее Сан-Франциско) в тумане наскочил на камни и разбился. Его команду спасли американцы, а остатки корпуса продали с аукциона. Именем «Новика» названы бухта и банка в Японском море, а также два построенных позднее и широко известных корабля русского флота.

Посылая эти эскадры в порты северян во время гражданской войны в США, русское правительство своим военно-морским присутствием у побережья американского континента преследовало две цели: с одной стороны — упрочить дружественные отношения России с Соединенными Штатами; с другой — помешать попыткам Англии организовать вмешательство европейских держав во внутренние дела России, используя эти корабли для нарушения английских и французских коммуникаций в Атлантическом и Тихом океанах в случае нападения Англии и Франции.

Эта была одна из наиболее смелых, хорошо организованных и проведенных демонстрационных операций русского флота, повлиявшая на британскую и французскую политику не только в отношении США, но и России. Выполнив поставленную задачу, корабли обеих эскадр через год вернулись в Россию. Благодаря успеху этого похода, в России получила развитие идея постройки специальных кораблей для крейсерских действий в океане.

Автор благодарит члена исторической секции журнала А. Б. Морина за помощь при подготовке рукописи к публикации.

Литература

- РГАВМФ, ф. 158, оп. 2, д. 1699—1705.
 Боевая летопись русского флота. М., 1948.
 Веселаго Ф. Ф. Список русских военных судов с 1668 по 1860 года. СПб., 1872.
 Михайлов Л. Н. На вершине флотской власти. СПб., 2000.
 Моисеев С. П. Список кораблей русского парового и броненосного флота (с 1861 по 1917 гг.). М., 1948.
 Судостроение. 1984. № 6; 1986. № 1; 1989. № 11.
 Шевырев А. П. Русский флот после Крымской войны: либеральная бюрократия и морские реформы. М., 1990.

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ПОДВОДНОГО ФЛОТА КНР

В. В. Козырь

Утро 24 июня 1954 г. в Порт-Артуре выдалось тихим и солнечным. Вдоль стенки Восточного бассейна борт о борт стояли две советские подводные лодки (ПЛ) С-52 и С-53. На их палубах выстроились советские моряки, а на стенке застыли четыре китайских экипажа из состава Группы по изучению подводного флота.



В. И. Головачев (фото 1954 г.)

Раздались команды командиров С-52 и С-53 капитанов 2-го ранга Г. М. Пятакова и Н. П. Прыгунова: «Флаг Военно-Морского Флота Союза Советских Социалистических Республик спустить!». Под государственный гимн флаги медленно скользнули с флагштоков вниз. Советские моряки сошли с палуб своих кораблей, и на их месте выстроились экипажи № 1 и № 2 китайского подводного флота. По команде командира группы генерала Фу Цзыцзе под гимн Китайской Народной Республики командиры китайских экипажей на ПЛ «Новый Китай-11» и «Новый Китай-12» подняли военный и государственный флаги КНР. Советские подводники навсегда покидали базу в Порт-Артуре, а китайский военно-морской флот праздновал появление первых в своей истории подводных лодок.

А начиналось все так. Сразу после образования КНР и признания

ее Советским Союзом по указанию Мао Цзедуну в октябре 1950 г. началось создание подводного флота Военно-морских сил (ВМС) КНР. Исполнение указаний вождя осуществлялось по трем направлениям: подбор и обучение на советских ПЛ китайских военнослужащих; строительство базы ПЛ в Циндао; приобретение в СССР ПЛ военной и послевоенной постройки, а также рабочих чертежей ПЛ для их последующего строительства на судостроительных заводах Шанхая.

Для реализации указаний председателя Мао в декабре 1950 г. в Москву прибыл командующий ВМС КНР генерал Сяо Дингуан. С советской стороны переговоры были поручены начальнику Генерального морского штаба адмиралу А. Г. Головки, который с пониманием отнесся



Ф. И. Маслов (фото 1954 г.)

к нуждам молодого китайского флота и обещал всяческую поддержку. О результатах переговоров было доложено И. В. Сталину и Н. А. Булганину. Вскоре появилось постановление Совета Министров СССР, в котором говорилось: «Выделить из состава Порт-Артурской военно-морской базы две средние ПЛ типа «Щ» для обучения китайских экипажей. Принять для обучения на указанных ПЛ (в течение 1951—1953 гг.) китайские экипажи для че-

тырех ПЛ. По окончании обучения эти ПЛ передать правительству КНР. На период обучения обеспечивать китайские экипажи учебными пособиями, всеми видами довольствия и питания по нормам и в размерах, установленных для личного состава ПЛ ВМФ СССР с последующей оплатой стоимости всех расходов правительством КНР через Министерство внешней торговли по счетам Военно-морского министерства».

Удовлетворенный поездкой в Москву и встречами с государственными деятелями Советского Союза командующий ВМС КНР отбыл в Пекин, где о ходе переговоров доложил Военному совету ЦК КПК, в результате чего была организована группа по изучению подводного флота, в составе которой было около 400 чел. для обучения и дальнейшего комплектования четырех китайских ПЛ.

Отбор кандидатов в подводники из числа коммунистов и комсомольцев Китая провел командир одной из дивизий НОАК генерал Фу Цзыцзе.

Одновременно с комплектованием группы к приему китайских военнослужащих готовились и советские подводники. Исполняя предварительные распоряжения командующего 5-м ВМФ, командир 125-й бригады ПЛ в Порт-Артуре капитан 1-го ранга В. И. Головачев сформировал на полуострове Тигровый Управление



Н. П. Прыгунов (фото 1955 г.)

для руководства обучением и материально-техническим обеспечением личного состава экипажей будущих китайских ПЛ. Его начальником был на-



Г. Д. Коваленко (фото 1955 г.)

значен командир ПЛ С-123 капитан 2-го ранга Ф. И. Маслов — самый опытный из командиров бригады ПЛ типа «Щ». Кроме того была сформирована команда обеспечения.

Для корабельной практики китайцев приказом командующего 5-м ВМФ выделялись две ПЛ типа «Щ»: С-121 (командир капитан 3-го ранга Н. П. Прыгунков) и С-123 (командир капитан 2-го ранга Ф. И. Маслов). Со второй половины 1952 г. для корабельной практики стали привлекаться ПЛ С-122 (командир капитан 3-го ранга Н. М. Тимофеев) и С-124 (командир капитан-лейтенант Н. И. Гусев).

Кроме ПЛ в штабе бригады для обучения китайских моряков имелись хорошо оборудованные кабинеты: тактический, артиллерийской стрельбы, гидроакустический, электронavigационный, системы «Спрут», класс связи.

В мае 1951 г. по железной дороге в Порт-Артур прибыло около 400 китайских военнослужащих из группы по изучению подводного флота. Их разместили в казармах бывшей минной школы на полуострове Тигровый.

Первые шесть месяцев организация подготовки курсантов складывалась довольно сложно. Не хватало плавсредств для их перевозки на занятия в штаб бригады, возникали проблемы с обеспечением пресной водой, никак не удавалось полностью обмундировать китайцев, особенно

офицеров, с трудом налаживались занятия по специальностям. По принятой схеме советские преподаватели из числа офицеров штаба бригады и ПЛ С-121 и С-123 готовили конспекты занятий, которые после проверки в штабе бригады передавались китайским переводчикам; те готовили тексты на китайском языке, затем передавали уже китайским преподавателям для освоения. Занятия проводились в присутствии советских офицеров. Все это отнимало очень много времени и требовало огромного количества переводчиков. В качестве последних использовались выпускники филологических факультетов университетов и слушатели курсов русского языка в Харбине, где преподавателями были русские эмигранты. Лишь к началу 1952 г. удалось наладить более или менее четкую организацию проведения занятий с китайцами.

В то же время, как отмечал Фу Цзыцзе, китайская сторона столкнулась с тремя видами трудностей: сложность оборудования ПЛ и слабость теоретических знаний; низкий уровень образования кандида-

ятий ПЛ типа «Щ» перешли к причалу бывшей Минной школы.

С 20 июня ПЛ начали выходы в море, которые до 20 августа отрабатывались только в надводном положении. В августе—ноябре экипажи получили практику плавания и в подводном положении. После каждого выхода в море с курсантами группы командиры боевых частей и старшины команд проводили тщательный разбор действий обучающихся, указывали на совершенные ошибки и их возможные последствия.

Обучение экипажей проводилось по курсу боевой подготовки 1941 г., который был наиболее приемлем начинающим китайским подводникам (курс боевой подготовки 1952 г. для них не годился, поскольку был рассчитан на уже подготовленные экипажи).

К началу 1953 г. корабельная стажировка курсантов группы была закончена. Начался новый этап освоения ПЛ. Весь личный состав группы разделили на четыре экипажа и расписали по штатным должностям ПЛ типа «Щ». С января 1953 г. экипажи стали самостоятельно, но под



Средняя подводная лодка С-24

тов в подводники; то обстоятельство, что будущие подводники пришли из армейских частей.

К 15 апреля 1952 г. удалось закончить теоретическую часть обучения и перейти к практическим занятиям на ПЛ, которые предполагалось закончить в декабре этого же года. Перед началом отработки экипажей на практических выходах в море в штабе бригады и на ПЛ была проведена огромная подготовительная работа, направленная на предупреждение аварий и поломок материальной части. После проведения всех подготовительных меропр-

наблюдением советских подводников, осваивать боевую и повседневную организацию службы по всем корабельным расписаниям сразу на четыре ПЛ типа «Щ».

В конце февраля — начале марта все экипажи с оценкой «хорошо» сдали вступительную задачу. Офицеры штаба бригады на последующих разборах отмечали хорошие теоретические знания курсантов в объеме изучавшихся программ.

В феврале же в Порт-Артур прибыла инспекция Министерства Военно-Морских Сил СССР для проверки хода обучения китайских экипажей.

Инспекция вполне удовлетворительно оценила успехи китайских подводников, но указала командирам советских ПЛ, что с них не снимается ответственность за обучение экипажей вплоть до передачи ПЛ КНР.

Вслед за инспекцией МВМС СССР в Порт-Артур прибыла китайская комиссия во главе с премьером Госсовета Чжоу Эньлаем. Во время инспекции Чжоу Эньлай посетил ПЛ С-123. Пояснения премьеру давал командир китайского экипажа Цон Тие и инженер-механик И Цан.

Премьер остался доволен качеством подготовки китайских курсантов и, покидая ПЛ, записал в китайском вахтенном журнале: «По указанию товарища Мао Цзедуну вам надлежит много учиться у Советского Союза. Изучайте передовой опыт подводного дела, чтоб защищать передовые рубежи нашей Родины». А в советском вахтенном журнале записал: «Капитану 2-го ранга товарищу Маслову. Благодаря за воспитание и обучение китайских курсантов подводному делу».

Высокие гости отбыли, и все в бригаде понимали, что в скором времени должна состояться передача ПЛ КНР. Все четыре «щуки» одновременно отдоковали на СРЗ № 102 под руководством начальника корпусно-докового цеха старшего инженер-лейтенанта Д. И. Погорельского. Причем во время докования на каждой ПЛ было по два экипажа: китайский и советский.

Однако на благоприятный ход развития событий в сильной степени повлияло трагическое происшествие на 7-м ВМФ СССР. 15 декабря 1952 г. в Татарском проливе затонула подводная лодка С-117. Во избежание других подобных случаев по распоряжению министра ВМС техническому обследованию были подвергнуты все ПЛ типа «Щ». По результатам проверки все четыре порт-артурские «щуки» вывели из боевого состава и переклассифицировали в учебные корабли без права выхода в море даже в надводном положении.

И тогда советское правительство приняло решение передать КНР четыре ПЛ типа «С» (IX-бис серии) и четыре ПЛ типа «М» (пр. 96, XV серии). Из этих ПЛ две типа «С» из порт-артурской бригады находились на СРЗ-102 на капитальном ремонте, а две были во Владивостоке в составе 40-й дивизии ПЛ. Три ПЛ типа



Средняя подводная лодка С-25

«М» входили в состав Совгаванской бригады ПЛ, а одна в составе 171 бригады в Находке. Шесть ПЛ типа «М» (VI серии) и четыре «щуки», входившие в состав порт-артурской бригады ПЛ, специальные команды утилизировали на металлолом.

Таким образом, все нужно было начинать сначала. Но к этому времени китайские подводники уже прошли хорошую практику на ПЛ типа «Щ», и этим повторное обучение значительно облегчалось.

Вновь были созданы группы по изучению ПЛ, но теперь уже типа «С». После капитального ремонта ПЛ С-52 и С-53 началась интенсивная учеба под руководством офицеров этих ПЛ.

К 1 ноября 1953 г. теоретическая учеба была закончена, и весь личный состав сдавал государственный экзамен. В общей сложности было выставлено: отличных оценок — 67,51%, хороших — 27,39%, удовлетворительных — 4,47% и неудовлетворительных — 0,63%.

С января 1954 г. экипажи приступили к корабельной практике, а с середины апреля начали выходы в море для практической отработки на действующих механизмах в море. Учеба закончилась в июне, и уже 24 июня обе ПЛ были переданы ВМС КНР. Через три дня ПЛ самостоятельно перешли из Порт-Артура в Циндао, где к этому времени была построена база для ПЛ в бывшей Торговой гавани. Вскоре ПЛ перешли в операционную зону Восточного ВМФ КНР.

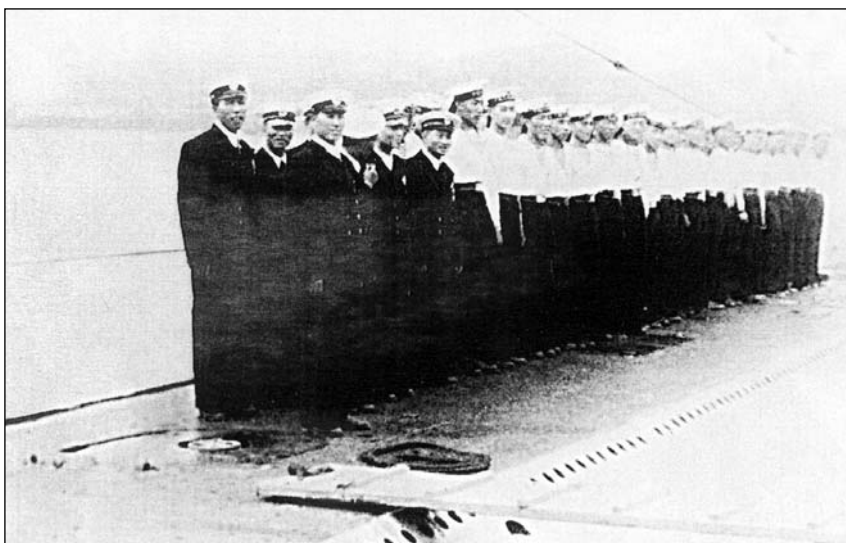
В середине 1954 г. для оказания помощи китайским подводникам в

освоении прибывающих из Советского Союза ПЛ в Циндао командировали группу советников и инструкторов, в которую входили: Г. Д. Коваленко, П. А. Горячев, В. А. Кураев, Н. П. Прыгунков, К. И. Ростовцев, И. О. Панов, Ю. И. Бабич, а также автор статьи и другие специалисты срочной и сверхсрочной службы.

Первая группа кораблей Тихоокеанского флота в составе эскадренных миноносцев пр. 7 «Решительный» и «Ретивый», двух тральщиков пр. 254 и двух ПЛ М-276 (командир капитан 3-го ранга Я. Ш. Ошеревич) и М-277 (командир капитан 3-го ранга Н. С. Сотосов) под командованием контр-адмирала Б. Ф. Петрова прибыли в Циндао в июне 1954 г.

Вторая группа кораблей Тихоокеанского флота: два эсминца пр. 7 «Рекордный» и «Резкий», ПЛ С-24 (командир капитан 2-го ранга М. К. Казанцев) и С-25 (командир капитан 2-го ранга И. Д. Пеккер), подводные лодки М-278 (командир капитан 3-го ранга В. И. Савченко) и М-279 (старший на переходе капитан 2-го ранга Н. И. Лаврищев) и дивизион малых противолодочных кораблей пр. 122 под общим командованием контр-адмирала А. И. Рассохо — прибыла в Циндао в конце июня 1955 г.

С появлением в Циндао шести ПЛ бригада стала вполне боееспособным соединением. Боеготовность соединения подтвердили ПЛ типа «С» («Новый Китай-11» и «Новый Китай-12») во время оперативно-тактических учений у берегов Квантунского полуострова в 1955 г.



Экипаж № 1 группы по изучению подводных лодок на борту подводной лодки ВМС КНР «Народный Китай-11» (бывшая С-52). Порт-Артур. 24 июня 1954 г.

Освоение прибывавших ПЛ осуществлялось китайскими подводниками самостоятельно, но под наблюдением советских специалистов, оставленных на двух ПЛ типа «С» и на первых двух ПЛ типа «М». На последних двух ПЛ типа «М» наших моряков не было. В конце 1955 г. потребность в советских специалистах отпала, и они отбыли в Советский Союз. В Циндао остались советники и инструкторы.

Но уже первые самостоятельные шаги китайских подводников настораживали. На базе начались аварийные происшествия на ПЛ обоих типов. На выходах в море обнаружилась очень слабая практическая подготовка офицеров при управлении кораблями в достаточно простых условиях.

В мае 1956 г. ПЛ № 403 при возвращении на базу в вечерних сумерках столкнулась с рыболовным сейнером. Судно затонуло, а ПЛ получила пробоину в цистерне главного балласта. Самый тяжелый случай произошел в Порт-Артуре во время докования той же ПЛ, когда взорвался баллон воздуха высокого давления. В результате несколько рабочих дока получили смертельные ранения, а на ПЛ был поврежден легкий корпус, на прочном корпусе образовалась вмятина со стрелкою прогиба до 10–12 мм.

Желая содействовать упорядочению службы в китайском соединении ПЛ, советские специалисты предлагали, чтобы китайские подводники приняли как законы для ис-

полнения переведенные на китайский язык наши инструкции по управлению ПЛ, наставления по борьбе за живучесть, правила ухода за аккумуляторной батареей, наставление по боевому использованию ПЛ,



Советские подводники и китайские специалисты после стажировки на ПЛ С-52 и С-53. Порт-Артур. 24 июня 1954 г.

корабельный устав и другие документы, регламентирующие службу на ПЛ. Попытки эти оказались не реализованы. На одни документы китайцы смотрели как на справочную литературу, на другие как на методическое пособие. Корабельный устав 1952 г. отвергался с ходу как «не демократический».

И без того напряженная атмосфера в бригаде ПЛ усложнялась внутривидовой борьбой в Коммунистической партии Китая. Почти весь 1955 г. осуждалась антипар-

тийная деятельность группы Ху Фына. Едва закончилась эта кампания, как наступила другая — осуждение философских взглядов Лян Шумина. После почти годовой промывки мозгов офицеры флота очень настойчиво встретили выступление премьера Госсовета Чжоу Эньлая «К вопросу о роли интеллигенции». Среди большей части личного состава царили неуверенность, смятение и нервозность. Стало нормой жизни «не высовываться, ничего не видеть, ничего не слышать и плыть по течению».

Нелучшим образом на настроение офицеров повлияло введение воинских званий, наплечных погон и петлиц. Звания присваивались не по фактическому положению офицеров, а по тому, которое они занимали в армии. Особенно пострадали офицеры штаба, оказавшиеся в званиях ниже своих подчиненных на кораблях. В это же время обострились отношения между офицерами штаба, кораблей и советскими специалистами.

В мае 1956 г. китайское командование проводило крупные опера-

тивно-тактические учения у берегов Квантунского полуострова. Для участия в них из Циндао в Порт-Артур перешли четыре ПЛ. Вместе с ними в Порт-Артур прибыли и советские специалисты.

Их поселили в гостинице Старого города. Плавсредств для ежедневного контроля за состоянием кораблей советским специалистам не выделили, на очень старом автобусе дорога на полуостров Тигровый занимала только в одну сторону около 1,5 ч. Специалисты оказались факти-

чески в изоляции и посещать корабли могли только от случая к случаю.

После окончания учений для представителей стран Тихоокеанского бассейна и военных атташе был дан государственный прием, на который были приглашены все наши подводники. Прием казался очень теплым и дружественным. Премьер оказывал всяческое внимание сидевшим неподалеку за столом советским морякам.

По возвращении в Порт-Артур советским специалистам было объявлено, что контракт досрочно прерывается и они должны возвратиться в Советский Союз. Известие это было очень неожиданным, так как к

этому времени экипажи только приступили к отработке огневых задач. Теперь скорее приходилось говорить не о том, что было сделано, а о том, что не успели сделать. И все же научили китайцев плавать под водой, хотя и в самых простых условиях.

С тех пор, как советские специалисты покинули Китай, прошло 50 лет. Из тех, кто был в Порт-Артуре и Циндао, на сегодня здравствует лишь несколько человек. В Санкт-Петербурге проживают бывший начальник Управления по подготовке китайских подводников контр-адмирал Ф. И. Маслов, преподаватель в Порт-Артуре капитан 1-го ранга Ю. И. Бажанов, советник начальни-

ка строительного управления полковник О. С. Наумов — строитель базы подводных лодок в Циндао, советники флагманских специалистов П. А. Горячев, В. А. Кураев, В. М. Гребенюк, инструкторы М. К. Казацев, Д. И. Погорельский, В. В. Козырь, Ю. М. Клубков и др.

24 июня 2004 г. китайский подводный флот будет отмечать свое 50-летие. Думается, что и российские ветераны событий в Порт-Артуре и Циндао не останутся в стороне. Недавно побывавшая в Санкт-Петербурге делегация писателей Циндао выразила готовность всячески поддержать совместные мероприятия по поводу этого юбилея.

ПОРТОВЫЕ ЛЕДОКОЛЬНЫЕ БУКСИРЫ ТИПА «УДАЛЕЦ»

В. Г. Андриенко

Для борьбы со льдом на замерзающих акваториях портов, кроме использования специальных ледоколов, применяли и небольшие буксирные винтовые пароходы, резавшие или ломавшие лед своим корпусом. В 1889—1898 гг. для работы в российских портах в ледовых условиях было построено восемь таких буксиров, именовавшихся тогда «ледорезами» или «ледорезными пароходами» (табл. 1).

Наиболее удачным и к тому же дешевым по стоимости оказался «Пушкарь», постройка которого обошлась в 43125 руб., или 371,76 руб. за 1 т водоизмещения [1]. Вскоре Общество Санкт-Петербургских лоцманов заказало АО «Мотала» (Швеция) стальной ледорезный пароход «Лощмейстер» [2], а в 1898 г. Варкаузский завод (завод «П. Валя и К°») на севере Финляндии построил пароход «Силач», который в отличие от «Пушкаря» и «Лощмейстера», имевших по одной носовой балластной цистерне, получил вторую — кормовую [1].

Постройка «Силача»¹ совпала с началом реализации программы Морского министерства по пополнению военных портов буксирными пароходами, или, как они тогда числи-

лись по классификации, «портовыми судами». Прототипом для восьми из них послужил сам «Силач» (табл. 2). Все эти буксиры, построенные по одной и той же спецификации как

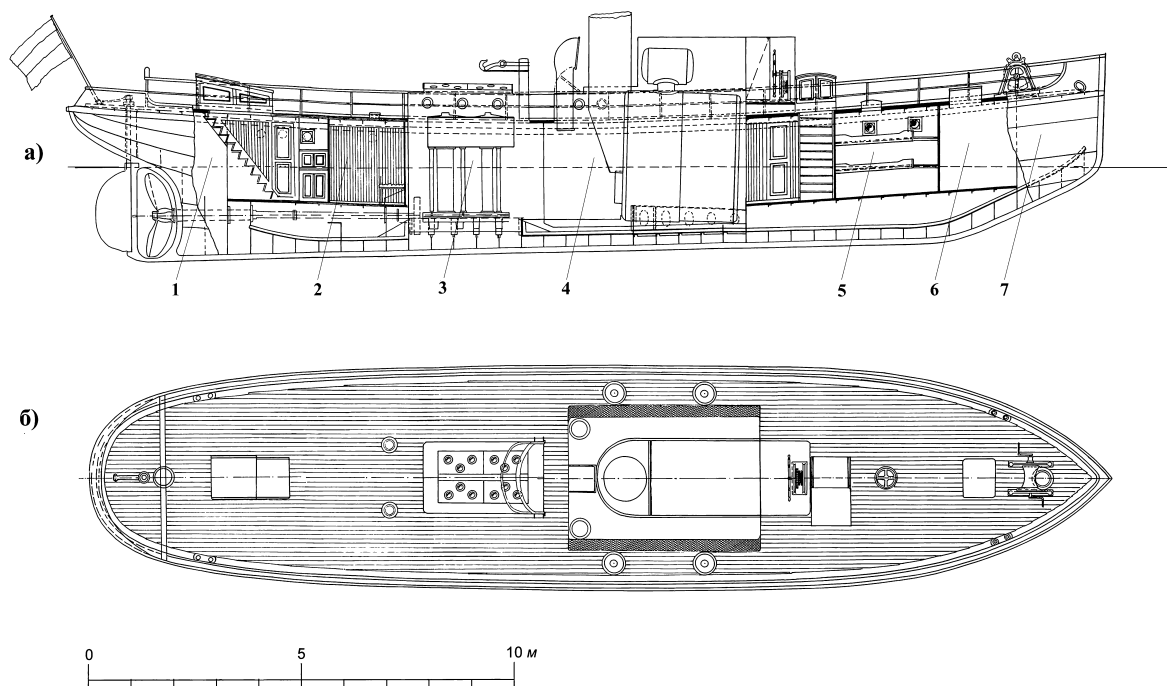
по корпусу, так и по механизмам, в начале XX века стали называть ледорезами типа «Удалой» или «Удалец». Каждый из них представлял собой стальное гладкопалубное судно с ледокольным форштевнем, «срезанным» почти по прямой линии ниже ватерлинии под углом 20—22° к горизонту воды (по чертежу). Защиту винторулевого комплекса при работе во льдах обеспечивало заглубленные кормы с помощью кормовой балластной (дифферентной) цистерны.

Таблица 1

Краткие сведения о первых ледорезных пароходах российских портов (1900 г.) [1—3]

Наименование парохода, тип, владелец	Завод-строитель, страна, год постройки	Технические элементы					
		Главные размерения, м			Мощность, и. л. с.	Скорость, уз	Вместимость, брт
		Длина	Ширина	Осадка в грузу			
«Форвертс», букс. и лед., Либавск. бирж. комитет	«Ланге и сын», Россия, 1888	25,3	5,9	3,2	330	9	94,13
«Буй», букс.-пас. спас., Бритнев, Кронштадт	з-д Бритнева, Россия, 1889	21,4	5,5	1,8	40 ном	·	55,07
«Луна» и «Заря», тов.-пас. и букс., Тов-во парох. сообщений между Кронштадтом и Ораниенбаумом	«Мотала», Швеция, 1889—1890	30,5	7,0	1,8	250	10	120,31
«Гернмарк», букс.-лед., Рижский бирж. комитет	Там же, 1891	22,51	5,09	2,44	200	10	72,63
«Пушкарь», Кронштадтская крепость	Там же, 1894	23,16	5,64	2,06	200	10	116 т водоизм.
«Лощмейстер», лоцманское, Общ-во СПб лоцманов	Там же, 1895	23,39	5,33	2,74	200	10	75,94
«Силач», лоцманское, Общ-во СПб лоцманов	Варкаузский з-д, Финляндия, 1898	23,16	5,33	2,24	200	10	72,82

¹ Не следует путать «Силач» Общества лоцманов с одноименным портовым судном Морского ведомства, который в 1892—1893 гг. перевели с Балтики на Дальний Восток.



Лоцмейстерское судно «Силач»: а — продольный разрез; б — вид сверху;

1 — кормовая балластная цистерна; 2 — офицерские помещения (2 каюты, кают-компания); 3 — машинное отделение; 4 — котельное отделение; 5 — помещения команды (кубрик); 6 — помещение для запасов; 7 — носовая балластная цистерна

© Реконструкция и выполнение чертежей. В. Г. Андриенко, 2003

Корпус судна разделялся четырьмя водонепроницаемыми переборками на пять отсеков.

Набор корпуса состоял из 42 основных шпангоутов из уголкового стали 63,5 x 50,8 x 8 мм (в районе машинного и котельного отделения 63,5 x 63,5 x 8 мм), усиленных в районе указанных отделений обратными шпангоутами со шпацией 533 мм. Для работы во льду между основными шпангоута-

ми на пространстве от форштевня до котельной переборки устанавливались дополнительные шпангоуты, в этой части корпуса шпация составляла уже 267 мм. Киль и форштевень изготавливались из плоской кованой стали, а ахтерштевень из полосовой.

Наружная обшивка состояла из стальных листов толщиной 6,4—9,5 мм. Снаружи борта был положен по всему обводу корпуса сосновый

кранцевый брус, скрепленный с бортом уголкового сталью (63,5 x 50,8 x 8 мм). Фальшборт от палубы на высоту 178 мм имел небольшой железный буртик, далее — железные поручни с планширем из дуба.

На палубе из сосновых 63-мм досок находилась рулевая рубка со штурвалом, машинным телеграфом и переговорным устройством. В ходе эксплуатации нередко эту рубку перемещали по желанию судовладельца. При одной подобной модернизации на «удальцах», принадлежащих управлениям торговых портов, на крыше рубки не только установили путевой компас, но и создали небольшой ходовой мостик (сначала с леерным ограждением, а потом и закрытый).

Согласно первоначальному условию о габаритной высоте парохода не более 3,66 м (от поверхности воды), дымовую трубу сделали откидной (на пружинах), а мачту для сигналов — съемной. Съемными были и железные шлюпбалки для небольшой деревянной шлюпки. Каждое судно снабжалось 14-пудовым якорем с 90-метровой цепью. Имелось и буксирное устройство с дву-



Лоцмейстерское судно «Силач»

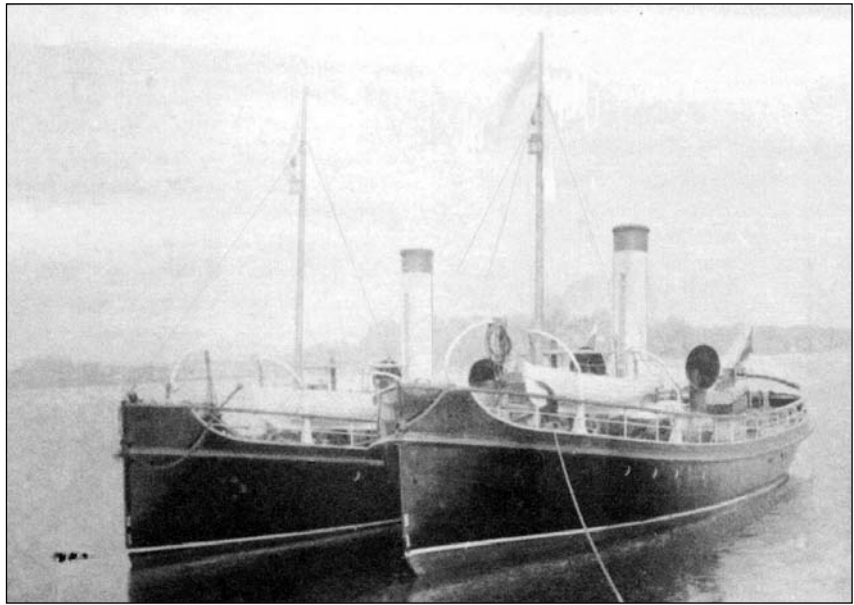
мя откидными крюками, один из них на стационарной железной дуге. Буксирный гак на большинстве «удальцов» в отличие от прототипа («Силача») перенесли ближе к дымовой трубе. Позади входной рубки в кормовую офицерскую (шкиперскую) каюту устанавливалась откидная деревянная буксирная дуга.

Энергетическая установка состояла из вертикальной паровой машины двойного расширения (цилиндры высокого и низкого давления) системы «компаунд» (Compound) контрактной мощностью не менее 200 л. с. Паром она питалась от цилиндрического двухтопочного котла нагревательной поверхностью 55,8 м² (рабочее давление 7 атм). Судно снабжалось стальным литым 4-лопастным винтом (имелся еще один такой же запасной). На ходовых испытаниях «удальцы» развивали скорость от 10 до 10,5 уз. Мощность паровой машины, как правило, значительно превышала контрактную и, при увеличении давления пара в котле (до 9 атм), достигала 250—300 и даже 350 л. с.

Почти на всех буксирах в машинном отделении устанавливалась центробежная помпа подачи 300 т/ч, приводимая в действие отдельной вертикальной одноцилиндровой паровой машиной. Помпа предназначалась для спасательных и пожарных работ. Любопытно, что шланги к ней не входили в перечень снабжения. После ввода каждого судна в строй портовикам приходилось самим изыскивать средства для их приобретения.

Жилые помещения в носу и корме обогревались паровым отоплением (чугунные грелки и железные трубы). Освещение осуществлялось пиронафтовыми лампами. Во время приемки первых ледорезов (построенных для Владивостока) комиссия в своем акте вполне резонно рекомендовала установить на каждом из пароходов «электродинамо» для электроосвещения. Однако, судя по публиковавшимся справочным данным «удальцов», это разумное предложение не было реализовано. Явно из экономии, аналогично шлангам к паровой помпе.

Ко всем кингстонам были проведены от котла паровые трубки для освобождения их ото льда. Один кингстонный клапан, расположенный у самого киля в кормовой части, при-



Портовые суда «Удалец» и «Молодец» на рейде Свеаборга. 1900 г.

способлялся для соединения с циркуляционной помпой во время хода во льду.

Типовой «удалец» предназначался для безостановочной работы во льду толщиной до 15 см. Имеются сведения, что буксиры на Азовском море продвигались в молодом льду толщиной 20 см [4]. Нередко «ледорезу» приходилось действовать в более толстых льдах, которые он преодолевал с разбега, как ледокол. Так,

поэтому их наглухо заделывали стальными крышками.

Вопрос о постройке трех ледорезных пароходов для военного Владивостокского порта был поднят в 1897 г. В середине ноября чиновники Главного управления кораблестроения и снабжений (ГУКИС) начали рассылку на различные судостроительные предприятия (в России и за границей) требований на постройку таких пароходов. А 10 марта



Портовое судно «Виндавец»

например, действовали портовые суда Владивостока, дробя ледяные поля в бухте Золотой Рог [5]. Аналогичным образом использовалось судно и в торосах. Усиленная конструкция корпуса позволяла безболезненно эксплуатировать такой буксир на замерзшей акватории любого порта. Страдали только кормовые иллюминаторы, расположенные слишком низко, почти у самой поверхности воды;

следующего года Морское министерство заключило контракт с Варкаузским заводом в Финляндии на постройку «трех ледорезных пароходов для Владивостокского порта» со сдачей во Владивостоке — первого до 25 сентября 1898 г., остальных в течение мая 1899 г. [1].

Наблюдающим за постройкой этих и всех последующих буксиров на финских верфях являлся судостро-

Таблица 2

«Удалыцы» — портовые суда Морского ведомства				
Наименование	Год постройки, завод (порт приписки)	Данные испытаний		Стоимость, руб.
		Мощность средняя (наиб.), л. с.	Скорость средняя (наиб.), уз	
Балтийский флот				
«Невка»	1899, Машино- и мостостр. завод, Гельсингфорс (Петербург)	240	•	40 000
№ 2 («Ледокол № 2»)	1901, «Вулкан», Або (Кронштадт)	223	10,48	38 900
№ 1 («Ледокол № 1»)	1901, Варкаузский з-д, Финляндия (Кронштадт)	(291)	10,5 (10,9)	41 100
«Молодец»	1900, Машино- и мост. завод, Гельсингфорс (Ревель)	233	10,31	45 000
«Карлос»	1902, Варкаузский з-д (Ревель)	304	10,85	39 000
«Виндава»	1900, з-д «Ланге и сын», Рига (Порт императора Александра III)	225	10,3	45 000
«Либава»		(279)	10,75	за каждый
Черноморский флот				
«Удалец»	1900, Машино- и мост. завод, Гельсингфорс (Севастополь)	219	10,53	45 000
«Пригодный»		•	•	•
Сибирский флотский экипаж				
№ 1, (бывш. «Удалой»)	1898—1899 гг, Варкаузский з-д, Финляндия. Собраны во Владивостоке в 1899 г.	351	10,75	40 800 за каждый
№ 2, (бывш. «Усердный»)	(Владивосток)	330	10,5	
№ 3, (бывш. «Проворный»)		242	10,75	
Квантунский флотский экипаж				
«Ординарец»	1900 г, Варкаузский з-д, Собраны в Порт-Артуре в 1901 г. (Порт-Артур)	•	•	40 300 за каждый
№ 1 (бывш. «Сильный»)				
№ 2 (бывш. «Прилежный»)	1899, Машино- и мост. завод, Гельсингфорс. Собраны в Порт-Артуре в 1900 г. (Порт-Артур)	Св.200	10	45 000 за каждый
№ 3 (бывш. «Ретивый»)		Св.200	10	
№ 5	1903, Варкаузский з-д, Собраны в Порт-Артуре в 1903 г. (Порт-Артур)	•	•	37 000 за каждый
№ 6				

итель В. К. Берг, наблюдение за механической частью осуществлял старший инженер-механик Свеаборгского порта Ф. В. Семенов. Собранные на болтах корпуса судов после освидетельствования комиссией Морского ведомства разбирались. Упакованные в деревянные ящики детали судов доставлялись в Санкт-Петербург. Далее ящики грузили на пароходы, которые перевозили их во Владивосток, где проводилась повторная сборка за казенные средства под наблюдением специалистов завода-строителя. Первым в июле 1899 г. был испытан и принят «Удалой», через несколько дней — «Усердный», а в конце сентября — «Проворный». Контр-адмирал Г. П. Чухнин, тогда командир Владивостокского порта, был доволен: на испытаниях суда легко раз-

вили требуемые 10 уз, а машины значительно превысили контрактную мощность. Например, максимальная мощность «Удалого» на мерной миле достигла 351 л. с., а скорость — 10,75 уз [1].



Портовое судно № 1 («Ледокол № 1») в Кронштадтском порту. 1917 г.

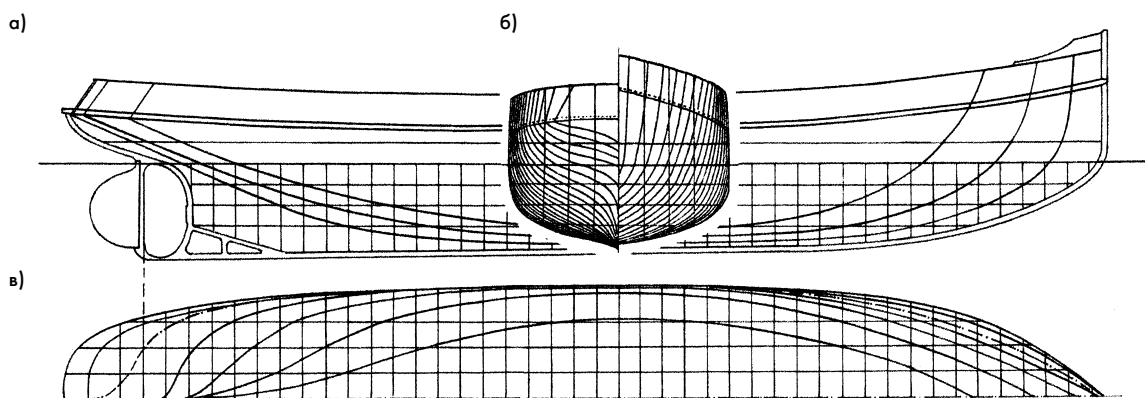
В 1899 г. для Кронштадтского порта заказали Машино- и мостостроительному заводу в Гельсингфорсе еще два таких же парохода — «Удалец» и «Молодец» [1]. Согласно контракту, заключенному 20 сентября 1899 г., они должны были быть сданы в Гельсингфорсе до 1 мая 1900 г. и не позднее 15 мая отправлены в Кронштадт, где до 20 мая переданы порту.

Строительство обоих ледорезов началось незамедлительно и было завершено в срок. Поскольку Черноморскому флоту срочно требовались мощные буксиры для обслуживания броненосцев, в Морском министерстве решили передать один из готовых пароходов Севастопольскому порту. Строителям предложили самим выбрать и затем перегнать судно на Черное море.

Выбор пал на «Удалыца», который 9 июня отправился из Гельсингфорса в Севастополь. Менее чем за месяц судно успешно добралось до Мальты (4 июля), а 19 июля «Удалец» уже был принят у перегонной команды в Севастопольском порту [1]. Этот переход не только продемонстрировал отличные мореходные качества буксира, но и подтвердил надежность корпуса и механизмов.

«Молодец» в Кронштадт также не попал. Сразу после постройки его передали Ревельскому порту.

Появление в 1898 г. на Дальнем Востоке новой российской военно-морской базы — Порт-Артура — заставило Морское министерство «озаботиться» оснащением его портовыми судами. Хотя этот порт считался незамерзающим, основным типом портового буксира для него избрали «Удалец». Такой выбор скорее всего обуславливался невысокой ценой за пароход, которая к тому же была понижена примерно на 5—



Буксир-ледорез «Фанагория»; теоретический чертеж: а — проекция «бок»; б — «корпус»; в — «полуширота»

© Реконструкция и выполнение чертежей. В. Г. Андриенко, 2003

6 тыс. руб. благодаря разрешению Министерства финансов не платить ввозную пошлину за ледокольные суда, построенные за границей.

Перевозка разобранного буксира-ледореза, масса которого с упаковкой составляла более 100 т, с Балтики на Тихий океан обходилось очень дорого — не менее четверти его первоначальной стоимости. Даже перегон «Удальца» с Балтики на Черное море обошелся в 6900 руб. [1]. Однако из-за отсутствия судостроительной базы на Дальнем Востоке приходилось мириться с подобными расходами. В 1899 г. Машино- и мостостроительный завод в Гельсингфорсе сдал для Порт-Артура два первых буксира — «Прилежный» и «Ретивый». Контракт на их постройку был заключен 1 июня 1899 г. Они должны были предварительно собираться на болтах, далее следовала разборка, упаковка частей и перевозка в Порт-Артур, где их должны были вновь собрать под наблюдением заводских специалистов.

9 октября оба парохода были приняты комиссией, а 15 ноября уже разобранные отправлены на пароходе «Normania» на Дальний Восток. Сборка «удальцов» в Порт-Артуре продолжалась с января по конец августа 1900 г. На испытаниях их паровые машины работали удовлетворительно, мощность превысила 200 л. с., а скорость — 10 уз.

Порт-артурскую серию буксиров продолжили ледорезами «Ординарец» и «Сильный». Руководство Варкаузского завода согласилось построить два очередных «удальца» до сентября 1900 г. (с доставкой в Санкт-Петербург). Подписание контракта на постройку затянулось до конца января 1900 г., но к началу

сентября оба судна были готовы к освидетельствованию, и 26 сентября члены комиссии подписали акт о приемке. Через месяц доставленные в Санкт-Петербург части буксиров погрузили на пароход «Дагмар».

В конце 1902 г. — начале 1903 г. на том же Варкаузском заводе построили для Порт-Артура еще два «удальца». По новой системе наименований, принятой в Морском ведомстве для портовых судов, они получили номера — № 5 и № 6. 18—20 апреля 1903 г. оба парохода уже были осмотрены на заводе комиссией. По неподтвержденным данным эти последние порт-артурские «удальцы» доставили к месту службы по железной дороге [1].

Еще три подобных буксира-ледореза строились Обществом су-

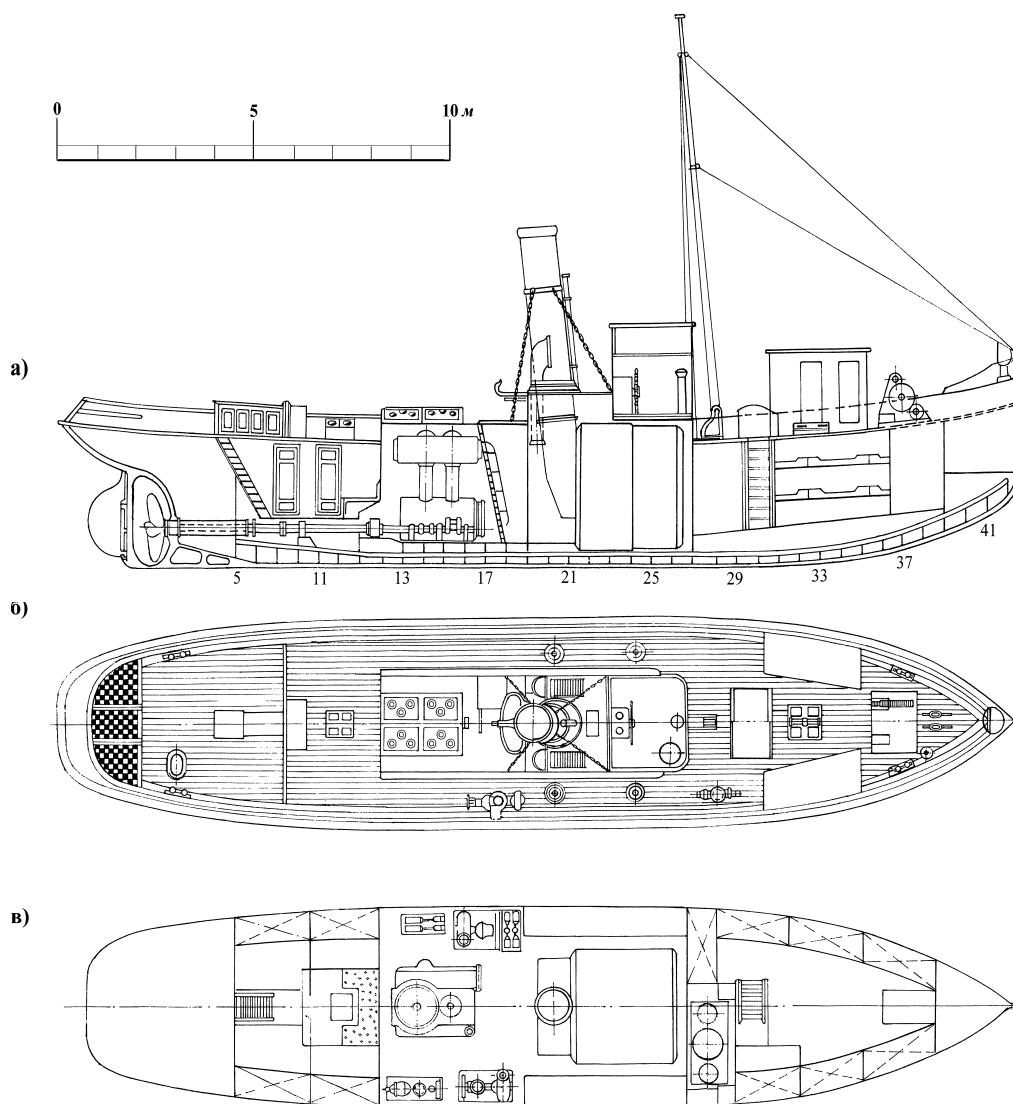
достроительных и литейных заводов в Николаеве, но попасть на Дальний Восток из-за начавшейся русско-японской войны им уже не довелось.

Одновременно с дальневосточными буксирами строились типовые «ледорезы» и для балтийских портов. Для Санкт-Петербурга построили «Невку» и наконец-то наполнили Кронштадтский порт двумя портовыми судами — № 1 и № 2 (последние одно время числились под «громкими» именами «Ледокол № 1» и «Ледокол № 2»). Буксир «Карлос», предназначенный для Севастополя, оставили в Ревеле. На судостроительном заводе «Ланге и сын» для Либавского порта заказали еще два «удальца» — буксиры «Виндава» и «Либава» [1].

Таблица 3

«Удальцы» торговых портов [6]

Порт	Название парохода, тип и мощность механизмов, л. с.	Год, место постройки, завод, стоимость, руб.
Херсон	«Евгений», пожарно-ледорезный, 140 л. с.	1902, Херсон, «Вадон», 35 000
Керчь	«Пантикапея», ледорезный, 200 л. с.	1903, Николаев, Об-во судостр. и лит. з-дов, 31 600
Ростов-на-Дону	«Фанагория», буксирный ледорез, 241 л. с.	1903, Николаев, Об-во судостр. и лит. з-дов, 37 000
Поти	«Таврида», буксирно-ледорезный, 200 л. с.	1903, То же, 31 600
Таганрог	«Горгия», буксирно-ледорезный, 300 л. с.	1904, Гельсингфорс, Сандвикский завод, 46 812
Рига	«Рига», буксирно-ледорезный, 200 л. с.	1904, Рига, «Ланге и сын», 40200
Ревель	«Либава», ледорезный, 200 л. с.	1904, Гельсингфорс, Сандвикский завод, 40 200
Петербург	«Орешек», пожарно-ледорезный, 200 л. с.	1904, СПб. «Дж. Пульман», 36 550
Бердянск	«Ногайск», буксирно-ледорезный, 200 л. с.	1908, Рига, «Ланге и сын», 54 000
Архангельск	«Лебедин», ледорезный, 200 л. с.	1908, Рига, «Ланге и сын», 54 250
Владивосток	«Славянка», ледорезный, 275 л.с.	1914, Шанхай



Буксир-ледорез «Фанагория»; теоретический чертеж: а — продольный разрез; б — вид сверху; в — платформы и трюм
© Реконструкция и выполнение чертежей. В. Г. Андриенко, 2003

Портовые инженеры Министерства путей сообщения, оснащая реконструированные и модернизированные торговые порты ледоколами, не могли обратить внимания на новые ледорезные буксиры Морского ведомства, идеально подходящие для вспомогательных ледокольных работ на акватории этих портов.

Первое из подобных судов было построено для Херсонского торгового порта уже в 1902 г. — пожарно-ледорезный пароход «Евгений», имевший несколько меньшие, чем сам «Удалец», размеры и более слабую машину. После образования в том же 1902 г. отдельного ведомства — Главного управления торгового мореплавания и портов, которое возглавил великий князь Александр Михайлович, отдел портов этого управления начал энергично пополнять портфлот «удальцами» (табл. 3).

Сначала для этих целей перекупили три буксира, строившихся в Николаеве для Порт-Артура: «Пантикапея», «Фанагория» и «Таврида» (по 31,6 тыс. руб. за судно). При достройке каждый из них приспособляли в соответствии с условиями конкретного портового управления (соответственно — Керчи, Ростова-на-Дону и Поти). В результате, суда эти отличались друг от друга по планировке внутренних помещений, рубкой и другими конструкциями на верхней палубе, а «Таврида» — и толщиной наружной обшивки.

В 1904 г. портовики заказали еще четыре «удальца» для портов Санкт-Петербурга, Ревеля, Риги и Таганрога. Петербургский «Орешек» собирала фирма Дж. Пульмана в столице, «Ригу» строил местный завод «Ланге и сын», а остальные два —

«Либаву» для Ревеля и «Горгипию» для Таганрога — «Сандвикский корабельный док и механический завод» в Гельсингфорсе [5]. Через четыре года отдел портов Министерства торговли и промышленности (МТиП) заказал в Риге на заводе «Ланге и сын» еще два «удальца»: «Лебедин» для Архангельска и «Ногайск» для Бердянска. В 1914 г. для Владивостокского торгового порта был построен буксир «Славянка» [7, 8].

Известно, что финские и шведские судостроители до 1914 г. построили еще ряд ледорезных пароходов по столь хорошо зарекомендовавшему себя проекту. Однако точно выяснить, кто являлся заказчиком этих судов, где они затем эксплуатировались, довольно сложно, так как размеры пароходов и конкретная мощность машины на каждом из них часто отличались от прототипа.

Технические данные ледокольного буксира «Удалец» [1, 9, 10]

Длина наибольшая/по ГВЛ, м	24,38/23,16
Ширина наибольшая и по ГВЛ, м	5,33
Высота борта, м	2,77
Вместимость носовой/кормовой балластных цистерн, м ³	2,55/5,66
Осадка средняя проектная, м	ок. 2,24
Водоизмещение при этой осадке, т	ок. 106
Осадка в полном грузу носом/кормой, м	1,63/2,69
Запас угля, т	13*
Мощность паровой машины контрактная/максимальная, л. с.	не менее 200/233

Частота вращения нормальная/максимальная, об/мин	132/150—154
Скорость наибольшая/экономическая, уз	10,5/7,5
Дальность плавания полным/эконом. ходом, миль:	420*/600*
Экипаж, чел.	6—10

* Данные для посыльного судна «Невка», 1916 г.

Итого в период с 1895 по 1914 г. для военно-морского флота, торговых портов и обществ было построено не менее 30 судов типа «Удалец», а именно: портовых судов Морского ведомства — 18; буксиров-ледорезов для торговых портов (включая пароходы «Евгений» и «Таврида») — 12; спасательно-лоцмейстерских судов Общества лоцманов — 2.

Судьба скромных портовых трюг напрямую зависела не столько от их работы, сколько от исторических событий, периодически потрясавших страну.

Во время русско-японской войны 1904—1905 г. завершилась короткая жизнь пяти порт-артурских «удальцов», которые в самом конце 1904 г. были затоплены во внутренней гавани, перед сдачей крепости. Буксирам Владивостокского порта повезло больше. Должителем здесь оказался «Удалой» (впоследствии «Юный пионер», затем — «Полюс»), прослуживший до конца Великой Отечественной войны.

На Балтике в годы первой мировой войны 1914—1918 г. погиб только один «удалец» — в Либаве 6 мая 1915 г. вместе с несколькими другими судами накануне оставления порта и города была взорвана «Либава». Зато во время гражданской войны несколько ледорезов этого типа поменяли гражданство: «Рига» (МТиП) оказалась в Латвии, портовые суда «Молодец», «Виндава», а также буксир МТиП «Либава» (в годы войны переименованный в «Церель») — в Эстонии. Был оставлен в Гельсингфорсе «Карлос». Последнее судно



Буксир-ледорез Архангельского порта «Лябедин» на Северной Двине

финны через несколько лет вернули, и буксир под новым названием «Норд-ост» работал в Ленинградском торговом порту вместе с «Орешком», переименованным в «Зюйд-вест».

Родоначальник «удальцов» «Пушкарь», переданный в годы первой мировой войны в состав военно-морского флота, так и остался в портофлоте Кронштадта, по крайней мере до конца Великой Отечественной войны, как и «Силач» (впоследствии РБ-93), разобранный на металл в середине 60-х годов. Вместе с ними обслуживали гавани Кронштадта и обеспечивали деятельность кораблей Балтфлота: № 1 («Крестьянин», КП-12, КП-17, К-33) и № 2 («Рабочий», КП-13, КП-18). Последний погиб в конце августа 1941 г. во время Таллинского перехода.

«Невка», единственная из портовых судов типа «удалец», использовалась в годы первой мировой войны в качестве посыльного судна и даже была вооружена (47-мм орудие и пулемет). Этот буксир, переименованный последовательно в «Якобинец», Л-1 и ЛК-1, обслуживал бригаду линейных кораблей, а после Великой Отечественной войны — линкор «Октябрьская революция»; исключен из списков флота только в 1960 г. [8].

Из восьми черноморско-азовских «удальцов» после гражданской войны уцелело только четыре. Буксиры, или, как они уже тогда назывались, «паровые ледорезные катера» «Пантикапея» и «Ногайск», входившие в состав белого Черноморского флота, были брошены в море в ноябре 1920 г. при эвакуации из Крыма. А «Горгипия» (в белом флоте посыльное судно «Атаман Каледин») уведена белыми за границу и впоследствии продана туркам. Оба севастопольских портовых судна

продолжали обслуживать порт: «Пригодный» до конца 20-х годов, а «Удалец» («Кооператор» и СП-6) даже стал участником Великой Отечественной войны.

Прославилась «Фанагория». Во время гражданской войны она входила в состав красной Азовской флотилии как посыльное судно «Емельян Пугачев». До Великой Отечественной войны судно использовалось в составе Азовского государственного морского пароходства в качестве буксира и ледокола, а в 1941—1943 гг. — во многих операциях Черноморского флота. Затем восстановленная «Фанагория» работала в составе торгового флота до конца 40-х годов.

Всех их пережил единственный «удалец», построенный для Архангельского порта, — «Лябедин». Он, считавшийся первым портовым ледоколом этого северного порта, находился в строю 67 лет и был исключен из списков флота в 1975 г.

Литература

1. РГАВМФ, ф. 417, оп. 1, д. 221, 1758; ф. 421 оп. 1, д. 1299, 1426, 1428, 1429, 1435, 1440, 1476, 1756; ф. 427, оп. 1, д. 221, 282, 340, 341, 348, 407, 436, 1462; ф. 972, оп. 2, д. 544.
2. Русский торговый флот. Список судов к 1 января 1901 г. СПб., 1901.
3. То же. Список судов к 1 сентября 1904 г. СПб., 1905.
4. Изучение ледокольного дела в морских портах СССР // Труды НТК НКПС. Вып. 5. М., 1925.
5. Римский-Корсаков П. Незамерзающий порт на Дальнем Востоке // Записки по гидрографии. 1925. Т. 49.
6. Список дноуглубительных снарядов, паровых судов и механических приспособлений в торговых портах. На 1-е января 1913 г. СПб., 1913.
7. Русское портостроительство в период войны 1914—1918 гг. // Труды отдела водного строительства. Материалы по торговым портам. Вып. 7. Л., 1924.
8. Котлин. 1909, от 28 апреля.
9. Судовой список Российского Императорского флота 1914 г. СПб., 1914.
10. Осмоловский А. К. Морские и портовые буксиры. Л., 1941.
11. Корабли и вспомогательные суда Советского Военно-Морского Флота (1917—1927 гг.). М., 1981.

РЕФЕРАТЫ

УДК 681.332:62.001.6:629.552 **Ключевые слова:** сухогруз, характеристики, оборудование.

«Русич» из Нижнего Новгорода // Судостроение. 2003. № 1. С. 9—11. Приводится описание универсального сухогрузного теплохода смешанного плавания «Русич» дедвейтом 5190 т, строящегося на ОАО «Завод «Красное Сормово». Проект нижегородского КБ «Вымпел». Ил. 1.

УДК 681.3.06:629.11.012.814:629.5 **Ключевые слова:** крыльевые конструкции, нестационарные нагрузки, компьютерные технологии.

Старцев С. Б. Компьютерное моделирование вращательных колебаний судовых крыльевых конструкций // Судостроение. 2003. № 1. С. 11—14.

Представлены результаты исследований и разработки компьютерной технологии расчета нестационарных нагрузок на судовых крыльевых конструкциях при вращательных колебаниях, позволяющей определять мгновенные и осредненные аэрогидродинамические характеристики крыльев произвольной формы в плане в широком диапазоне чисел Струхалея. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

УДК 681.3.06:629.5.05.2 **Ключевые слова:** угол затопления, квазистатический метод, остойчивость.

Кар А. Р. Угол заливания — квазистатический метод // Судостроение. 2003. № 1. С. 13—17.

Описывается алгоритм определения угла нижнего затопления судна с использованием квазистатического метода, основанного на принципе физики свободно плавающего тела. Ил. 3. Табл. 1.

УДК 629.12.03 **Ключевые слова:** бироторный движитель, гидродинамические характеристики.

Жинкин В. Б. Бироторный движитель — гидродинамический элемент многофункционального движительно-рулевого комплекса // Судостроение. 2003. № 1. С. 17—19.

Рассматривается конструкция бироторного движителя, который может служить гидродинамическим элементом многофункционального движительно-рулевого комплекса, применяемого для обеспечения движения и маневрирования амфибийного подводного аппарата в воде и при выходе его на берег. Ил. 3. Библиогр. 5 назв.

УДК 681.518.54:629.561.5 **Ключевые слова:** атомный ледокол, паротурбинная установка, диагностирование.

Петров Н. И., Перевощиков С. Г., Гаврилов Е. И. Техническое диагностирование оборудования — путь к повышению эффективности использования атомных ледоколов // Судостроение. 2003. № 1. С. 22—25.

На основе многолетнего опыта работы и имеющихся разработок излагаются основные принципы и методология диагностирования судового оборудования атомных судов. Ил. 2. Библиогр.: 6 назв.

УДК 621.43.019.9:662.614.4:536.423.45 **Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, утилизационный котел, низкотемпературная коррозия.

Литаврин О. Г. Утилизация тепла отработавших газов газотурбинных двигателей при температуре поверхности теплообменных аппаратов ниже «точки росы» // Судостроение. 2003. № 1. С. 26—30.

Приведены результаты исследования экспериментального экономайзера утилизационного котла газотурбинного двигателя, питаемого холодной водой. Даются рекомендации по снижению негативного воздействия явлений, возникающих при эксплуатации теплообменных аппаратов в условиях низкотемпературной коррозии. Ил. 5. Табл. 1.

УДК 681.518.54:629.5.061.1-82-192 **Ключевые слова:** диагностика, техническое состояние, гидравлический привод.

Валдаев М. М. Диагностика технического состояния гидравлических приводов судовых механизмов // Судостроение. 2003. № 1. С. 31—34.

На примере гидравлических грузовых кранов и рулевых машин показана возможность диагностики их технического состояния при наличии проектных, сдаточных или ранее полученных данных. Для кранов — это время исполнения одних и тех же команд разными кранами. В рулевых машинах диагностическим параметром является давление, число включений и углы рыскания судна. Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

УДК 331.101.11:007.51 **Ключевые слова:** эргономика, средства отображения информации, оператор.

Эргономическая экспертиза перспективных корабельных средств отображения информации и управления / В. И. Гольтраф, В. В. Кобзев, А. В. Нефедович, Т. А. Гончарова, Н. А. Лемещенко // Судостроение. 2003. № 1. С. 34—38.

Дается описание процедуры экспериментальной оценки характеристик работы оператора с перспективными средствами отображения информации и управления, приводятся результаты измерения этих характеристик с целью отработки эргономических показателей информационно-управляющих панелей перспективных пультов управления корабельных КСУ ТС. Рис. 2. Табл. 5. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.028.3.001.24:629.561.5 **Ключевые слова:** ледокол, буксировка, кранцы, нагрузка.

Куликов Н. В. Расчет кранцевых устройств при буксировке судов в ледовых условиях // Судостроение. 2003. № 1. С. 39—40

Приведена новая методика расчета динамических и кинематических параметров ледокола и буксируемого судна, позволяющая правильно оценить нагрузки действующие на кранцы и корпусные конструкции при проводке судов во льдах. Ил. 2. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.352:629.5.03 **Ключевые слова:** подводная лодка, анаэробный источник энергии, электрохимический генератор.

Скачков Ю. В., Белоусов О. А. Перспективы применения электрохимического генератора в составе судовой ЭЭС // Судостроение. 2003. № 1. С. 43—45.

Рассматривается возможность увеличения энергооборуженности судовых электроэнергетических систем путем применения в составе энергетической установки перспективных источников энергии — электрохимических генераторов (ЭХГ). Проведен сравнительный анализ качества корабельной энергетики применительно к задачам использования подводных судов. Ил. 1. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621.3.048:621.315.616.1 **Ключевые слова:** судовые кабели, срок службы, изоляция, температура.

Власов А. Б. К вопросу о сроке службы кабелей с резиновой изоляцией // Судостроение. 2003. № 1. С. 45—47.

Рассмотрены основные этапы создания методики расчета срока службы кабелей с резиновой изоляцией при тепловом старении. Приведены значения времени жизни распространенных кабелей типа КНР, НРШМ. Ил. 5. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 658.512.2.011.56 **Ключевые слова:** управление данными, жизненный цикл, CALS, PLM, PDM.

Багаев Г. В., Образцов А. С. Использование систем управления данными проекта в судостроении // Судостроение. 2003. № 1. С. 48—52.

Рассматриваются вопросы внедрения современных технологий информационной поддержки процессов жизненного цикла судов. Ил. 3.

УДК 681.322:62.001.6:629.5 **Ключевые слова:** система «Ритм-Судно», 3D-модель, производство.

Ковалев А. Ю. Опыт применения системы «Ритм-Судно» для решения машиностроительных задач // Судостроение. 2003. № 1. С. 52—54.

Рассказывается об опыте применения специалистами отделения «Ритм-Информ» ЦНИИТС автоматизированной системы «Ритм-Судно» при создании модуля кабины машиниста (МКМ) электропоезда, и адаптации конструкции МКМ для постройки на судостроительном заводе. Ил. 4.

УДК 621.791.052:539.37 **Ключевые слова:** сферическая оболочка, цилиндрический патрубков, деформация, напряжение.

Горбач В. Д., Хвалынский В. Н., Прокофьев Н. В. Остаточные реактивные напряжения в сферической оболочке от сварки патрубков // Судостроение. 2003. № 1. С. 55—57.

Предлагается приближенный расчет остаточных реактивных напряжений в сферической оболочке от сварки ее многопроходного соединения с цилиндрическим патрубком. Напряжения определялись с учетом повышенной жесткости кругового сварного соединения, снижающей его поперечное укорочение по сравнению с прямолинейным швом, выполненным в идентичных условиях, а также с использованием метода, основанного на представлении оболочки в виде множества балок-полосок на сплошном упругом основании. Ил. 2. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.311.6:621.791.03.001.76 **Ключевые слова:** сварочное оборудование, коэффициент мощности, корректирующие узлы.

Агунов А. В. Энергосберегающая модернизация сварочного оборудования судостроительных предприятий // Судостроение. 2003. № 1. С. 58—60.

Описывается простой подход к дооборудованию имеющихся на промышленных предприятиях отрасли сварочных источников питания корректирующими коэффициент мощности узлами. Предложенный подход является недорогим решением проблемы улучшения качества питающей сети и снижения потребляемой сварочным оборудованием электроэнергии. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 7 назв.