

СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

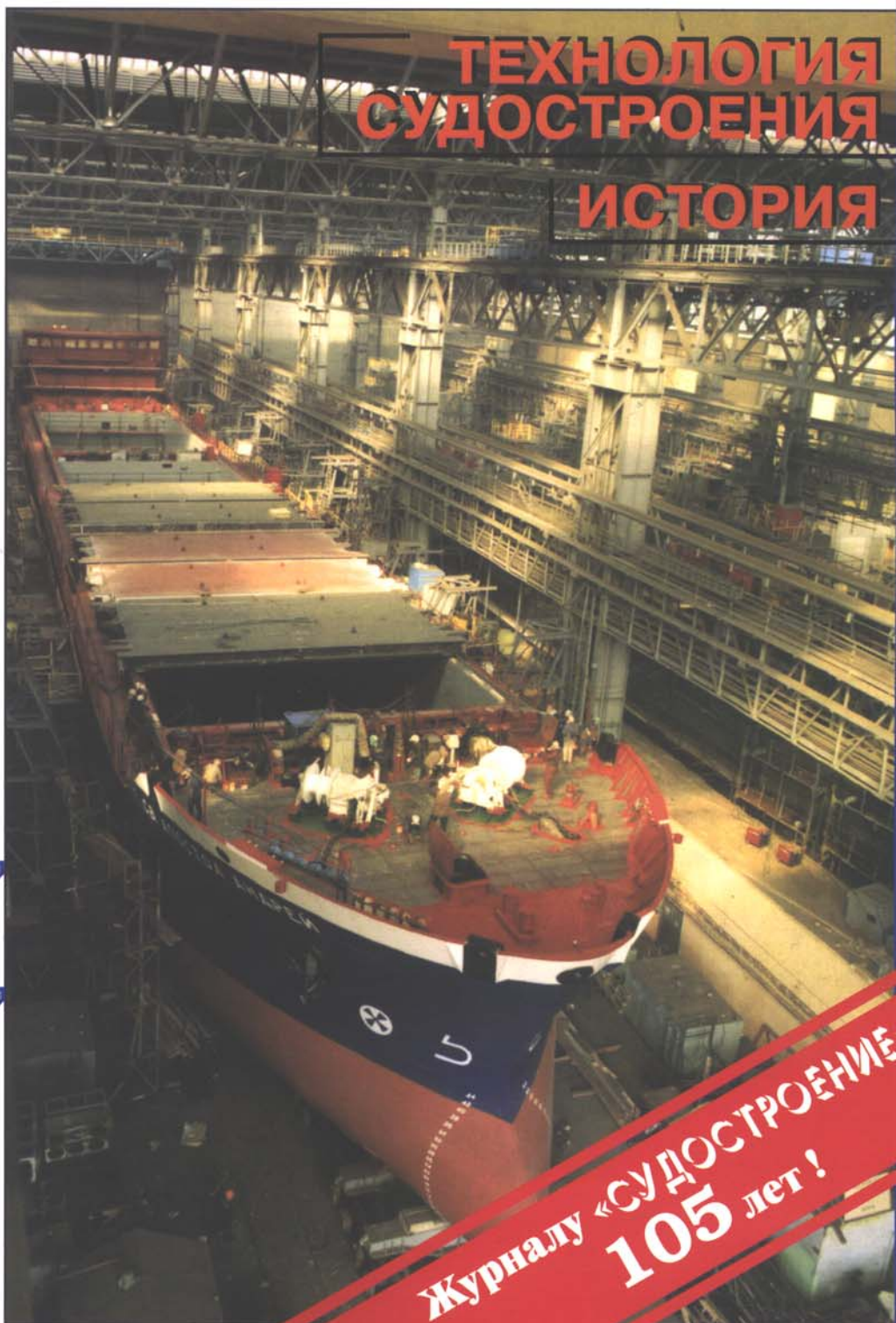
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

**№ 5
2003**

**ВОЕННОЕ
КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

**СУДОВОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

**ТЕХНОЛОГИЯ
СУДОСТРОЕНИЯ
ИСТОРИЯ**



**Журналу «СУДОСТРОЕНИЕ»
105 лет!**

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 «Альтир»

С. Д. Климовский — ученый секретарь ЦВММ

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

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

Ю. А. Корякин — директор ЦНИИ «Морфизприбор»

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

В. Ю. Маринин — начальник управления Россудостроения

В. С. Никитин — директор НИПТБ «Онега»

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

В. П. Олеванов — директор ГМЗ «Салют»

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

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

В. Г. Пешехонов — директор ЦНИИ «Электроприбор»

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

С. Г. Прошкин — директор ЦНИИ «Гидроприбор»

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

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

Л. В. Струтов — начальник управления Россудостроения

В. С. Чачко — директор НИИ морской теплотехники

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

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

О. Б. Шуляковский — ген. директор Балтийского завода

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

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

В. В. Климов, тел. (812)186-16-09

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ

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

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ФГУП ЦНИИТС

© Журнал «Судостроение», 2003

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Ковтун Л. И., Поляков В. Н., Семенов С. В. Человеческий фактор и техногенные аварии на кораблях

11

Русецкий А. А. Опыт применения газоводометных движителей и оценка их эффективности

16

Гольтраф В. И., Кобзев В. В., Курило А. И., Нефедович А. В. Эргономическая экспертиза при проектировании кораблей

19

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Новиков А. Ф. Оптимизация систем регенерации воздуха подводных лодок

24

Ярошенко А. В. Метод автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем

25

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Стаценко В. Н., Якубовский Ю. В. Перспективы повышения экологической безопасности судовых энергетических установок

28

Туркин В. А. Учет факторов безопасности судового оборудования при оценке вероятности возникновения аварийных происшествий

31

Иванов Р. А., Тимофеев В. В., Шитков В. Н. О перспективах использования газотурбинных установок на морских судах и сооружениях

34

Тихомиров Г. И. Физическое моделирование процесса разделения нефтewодяных смесей в коалесцентной ступени очистки на основе зернистой загрузки из полимерных материалов

37

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ

Одинаев В. А. Математическая модель пространства состояний корабельной электроэнергетической системы. Принятие оперативных решений

42

Муравченко В. Л. Резерв повышения мощности корабельных широкополосных радиопередатчиков

44

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Борисов Ю. И. О реализуемости трактов приема и обработки пассивных систем подводного акустического наблюдения на основе специализированных микропроцессоров отечественного производства

46

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Бурмистров Е. Г. Повышение экологической безопасности судостроительного производства методами инженерной оптимизации

49

Ганов Э. В., Смирнова И. А. Применение ЭВМ для выполнения чертежей и подготовки производства изготовления судовых трубопроводов

51

УТИЛИЗАЦИЯ СУДОВ

Александров Н. И., Анитропов В. А., Розинов А. Я., Тарасов И. Н. Основные организационно-технологические принципы утилизации судов АТО

53

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

В. М. Пашин Национальному судостроению и судоходству — экономическую поддержку (57). **Ю. Н. Румянцев, А. П. Фомин** Результаты российско-украинского сотрудничества в области судостроения (59). **Н. П. Лукьянов** Вспоминая М. В. Орлова (61). Зарубежная информация (63). Газете «Корабел» — 60 лет! (23). Из портфеля заказов (45). Блиц-новости (48). Новые кораблестроительные планы ВМС США (56).

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Емелин А. Ю., Дружинин Ю. О. Крейсер II ранга «Русь»

67

Черников И. И. Речные канонерские лодки первой мировой войны

72

Андрienko В. Г. Первые портовые ледоколы «американского типа» на Балтике: «Сампо», «Тармо» и «Петр Великий»

76

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING**5•2003**

(750) September—October

CONTENTS

Published since September 1898

CONTENTS

AT THE SHIPYARDS	3
SHIP DESIGN	
Kovtun L. I., Polyakov V. N., Semyonov S. V. Human factor and man-caused emergencies on ships	11
Rusetsky A. A. Experience in use of gas-water jet propellers and evaluation of their efficiency	16
Goltraf V. I., Kobzev V. V., Kurilo A. I., Nefedovitch A. V. Ergonomic expertise during naval ship design	19
NAVAL SHIPBUILDING	
Novikov A. F. Optimization of submarine air regeneration system	24
Yaroshenko A. V. Method of automatic search topologically weak points in shipboard systems arrangement	25
SHIPBOARD POWER PLANTS	
Stacenko V. N., Yakubovsky Yu. V. Prospects for improvement of ecological safety of shipboard power plants	28
Turkin V. A. Taking into account the factors of safety of shipboard equipment during evaluation of probability of emergency situation arising	31
Ivanov R. A., Timofeev V. V., Shitkov V. N. About prospects of application of gas turbine plants aboard ocean ships and structures	34
Tikhomirov G. I. Physical simulation of process of oily mixtures separation in coalescence stage of purification on the basis of granular polymeric materials	37
MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	
Odinaev V. A. State-space mathematical model of shipboard electric power system. Operative decision-making	42
Muravchenko V. L. Reserve of shipboard broad-band radio transmitters power increase	44
MARINE CONTROL SYSTEMS	
Borisov Yu. I. About realizability of reception and processing tracts of passive systems of underwater acoustic survey on the basis of specialized micro processors of national manufacture	46
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES	
Burmistrov E. G. Improvement of ecological safeness of shipbuilding industry by methods of engineering optimization	49
Ganov E. V., Smirnova I. A. Application of PC for developing drawings and preproduction in manufacture of shipboard pipelines	51
UTILIZATION OF SHIPS	
Alexandrov N. I., Anitropov V. A., Rozinov A. Ya., Tarasov I. N. Main organizational and technological principles of utilization of NTM vessels	53
INFORMATION SECTION	
V. M. Pashin. Economical support — to national shipbuilding and shipping (57). Yu. N. Rumiantsev, A. P. Fomin. Results of Russian-Ukrainian cooperation in the field of shipbuilding (59). N. P. Lukianov. Remembering M.V. Orlov (61). Foreign information (63). 60 years of newspaper «Korabel» (23). From order book (45). Blitz-news (48). New shipbuilding plans of US Navy (56).	
HISTORY OF SHIPBUILDING	
Emelin A. Yu., Druzhinin Yu. O. Cruiser of II rank «Rus'»	67
Tchernikov I. I. River gunboats of World War I	72
Andrienko V. G. First harbor icebreakers of «American type» in Baltics: «Sampo», «Tarmo» and «Pyotr Veliky»	76

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 — постройка универсального сухогруза пр. 01010 в эллинге ОАО СЗ «Северная верфь» (снимок предоставлен заводом); на 3-й стр. — достройка кораблей русского флота в Акционерном обществе Николаевских заводов в Николаеве (репродукция из альбома «Российский императорский флот», художник А. В. Ганзен); на 4-й стр. — ракетный крейсер «Москва» в Северном доке ОАО «Севморзавод», завершившего в этом году его ремонт, Севастополь, 2003 г. (снимок предоставлен заводом)

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

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

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

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

Цветоделение
О. И. Руденко

Перевод
К. Д. Могилюк

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

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

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 22.10.2003 г.
Каталожная цена 100 руб.

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

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

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ОАО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД»

25 июля 2003 г. завод передал заказчику — немецкой компании Transocean Shipmanagement — первый из двух заказанных танкеров дедвейтом 5600 т для перевозки химических грузов. Судно получило название «Philipp Essberger». Танкер соответствует последней редакции (1997 г.) международного кодекса постройки и оборудования судов, перевозящих опасные химические грузы наливом, который принят в 1971 г.

Танкер с двойными бортами и днищем имеет 20 грузовых танков объемом от 108 м³ до 551 м³, каждый из которых оснащен погружным насосом подачей 100 м³/ч и отдельной трубопроводной системой, что дает возможность перевозить разные по типу и партионности грузы. Танки и грузовые трубопроводы изготовлены из спецстали. Система мойки танков включает в себя два гидронасоса подачей по 75 м³/ч и двадцать стационарных моечных машин. Особенностью танкера является также изготовление «внутреннего» корпуса целиком из нержавеющей стали с высоким содержанием молибдена (не менее 2,5%).

Технический проект разработан норвежской фирмой SRS, рабочую документацию подготовил технический центр проектирования судов завода. В 1995—1996 гг. завод построил по проекту SRS для Германии два аналогичных танкера-химовоза, опыт эксплуатации которых подтвердил достоинства и обоснованность принятых конструкторских и технологических решений. Тем не менее заводские специалисты разработали концепцию «гибкого» проекта химовоза, позволяющего вносить изменения в соответствии с пожеланиями конкретного судовладельца.

Основные элементы и характеристики танкера-химовоза дедвейтом 5600 т: длина наибольшая 99,97 м, между перпендикулярами — 94,99 м, ширина максимальная 16,74 м, высота борта 8,3 м, проектная осадка 6,1 м (максимальная — 6,78 м), объем грузовых танков 6042 м³, мощность главного двигателя 3840 кВт, скорость 15 уз, автономность 90 сут, экипаж до 18 чел. Главный двигатель — брянский дизель MAN B&W 6L42MC мощностью 3840 кВт.

Второй химовоз «Georg Essberger» был спущен на воду с помощью плавдока 8 августа 2003 г. Как и первый, он строился в эллинге, что обеспечивало независимость технологических процессов от погодных условий. Вывод судна из эллинга осуществлялся на специальных судовозных балках, которые опирались на 28 гидравлических рельсовых тележек грузоподъемностью по 320 т. Движение обеспечивали мощные лебедки. Весь процесс занял несколько часов.

* * *

9 сентября 2003 г. на заводе спущен речной танкер-химовоз «Vancouver» — головной в серии из трех судов (корпусов), заказ на постройку которых был получен в ноябре 2002 г. от голландской компании Rensen B. V. Танкер предназначен для перевозки химикатов и продуктов нефтепереработки по европейским рекам. Проект разработан судовладельцем Джоржем Ренсеном. Длина судна 110 м, ширина 13,5 м, водоизмещение 3500 т, масса корпуса около 1000 т. Постройка осуществляется под контролем классификационного общества Lloyd's Register of Shipping. Главная конструктивная особенность танкера — крепление жилой надстройки к корпусу на специальных резиновых амортизаторах с целью снижения до минимума вибрации во время движения и работы двигателей. В Нидерландах подобные суда часто используют в семейном бизнесе, поэтому обеспечению комфортабельных условий на борту уделяется повышенное вни-



Танкер-химовоз «Philipp Essberger» у причала ОАО «Балтийский завод»

мание. Достройку судна проведут в Нидерландах. Два других танкера «Texas» и «Proteus» планируется построить к концу ноября — началу декабря.

* * *

Новая индукционная тигельная печь емкостью 25 т для плавки черных и цветных металлов, закупленная заводом в начале лета у американской компании Inductotherm, использовалась 10 сентября вместе с другими восемью печами для заливки сплава олова и меди в форму для получения уникального колокола, предназначенного для Свято-Троицкой Сергиевой лавры. Новый агрегат способен работать на частоте до 300 Гц, что значительно ускоряет процесс плавки по сравнению с существующими печами, рассчитанными на 50 Гц. Он будет использоваться для отливки крупных гребных винтов.

Ну, а новый колокол, по форме напоминающий знаменитый 200-тонный царь-колокол в Московском Кремле, станет самым крупным из когда-либо изготовленных в России и действующих колоколов: его масса 72 т, высота 4,55 м, диаметр 4,5 м. В последние годы Балтийский завод накопил большой опыт производства церковных колоколов — за пять лет их отлито более ста массой от 8 кг до 4,5 т.

ОАО «КОНЦЕРН СРЕДНЕ-И МАЛОТОННАЖНОГО КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ»

ОАО «КСМК» создано в Москве в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 713 от 11 октября 2001 г. «О федеральной целевой программе "Реформирование и развитие оборонно-промышленного комплекса на период 2002—2006 гг."». В состав концерна входят ОАО ПСЗ «Янтарь», ОАО СЗ «Вымпел», ФГУП ЦМКБ «Алмаз», ФГУП «Средне-Невский судостроительный завод», ОАО «Амурский судостроительный завод», ФГУП «Хабаровский судостроительный завод» и ЗАО АКБ «Межрегиональный инвестиционный банк» (Москва).

Для обеспечения охраны морских биологических ресурсов экономической зоны России в июне 2002 г. было подписано генеральное



Танкер-химовоз «Georg Essberger» в процессе вывода из эллинга ОАО «Балтийский завод»

соглашение между ФПС РФ и концерном о взаимовыгодном сотрудничестве. Предприятия концерна строят пограничные сторожевые корабли пр. 14310 «Мираж», патрульные катера пр. 12150 «Мангуст» и пр. 14170 «Терьер», речные пограничные артиллерийские корабли пр. 12130 «Огонек» и др.

Используя преимущества интеграции, заложенные в объединении возможностей верфей, проектировщиков и банка, ОАО «КСМК» реализует перспективные проекты, такие как природоохранное патрульное судно пр. 6457С «Спрут», ракетно-

артиллерийский катер пр. 12300 «Скорпион», переоборудование нефтедобывающей платформы «Орлан» и др. Девиз и позиция ОАО «КСМК» в реализации государственного курса на реформирование оборонно-промышленного комплекса России — «упорство, сила, надежность».

ОАО МЗ «АЛМАЗ»

Морской завод «Алмаз» строит водолазный катер по заказу дирекции морского порта Клайпеды (Литва). Контракт был заключен 24 июля 2003 г. по результатам тендера в мае, который выиграл МЗ «Алмаз». Катер водоизмещением 21 т будет иметь длину 14 м, ширину 2,2 м, осадку 1,1 м, скорость 12 уз. Его предназначение — выполнение аварийно-спасательных и подводно-технических работ в прибрежных районах на глубинах до 45 м. В составе судового специализированного оборудования — декомпрессионная камера, водолазная станция, аппаратура подводного телевидения. Корпус изготавливается из стали, надстройка — из алюминий-магниевого сплава. Стоимость контракта составляет около 400 тыс. дол., срок поставки — через 260 сут после подписания контракта. Постройка осуществляется под надзором классификационного общества Bureau Veritas.



Ракетно-артиллерийский катер пр. 12300 «Скорпион», спроектированный ФГУП ЦМКБ «Алмаз», заложен 5 июня 2001 г. в Рыбинске на стапеле открытого акционерного судостроительного общества «Вымпел».

Основные элементы и характеристики: длина наибольшая 56,7 м, по ватерлинии — 51,6 м, ширина по палубе 10,3 м, по кринолину — 10,8 м, высота борта 5,2 м, в носу — 6,5 м, полное водоизмещение 465 т; главная трехвальная пропульсивная энергетическая установка типа CODAG включает в себя газовую турбину ГТУ-12 и два дизеля М530 суммарной мощностью 18 300 кВт, максимальная скорость 40 уз, дальность плавания 1500 миль при 12 уз, автономность 10 сут, экипаж 37 чел. Вооружение: артиллерийская А-190, четыре противокорабельные ракеты в вертикальных шахтах («Яхонт»), два ракетно-артиллерийских комплекса «Каштан-1» (артустановка АК-630М и четыре зенитные ракеты)



Проектное изображение скоростного патрульного катера «Горноста́й» пр. 20990

ФПГ «СКОРОСТНОЙ ФЛОТ»

Финансово-промышленная группа «Скоростной флот» (ОАО «Центральная компания ФПГ «Скоростной флот») находится в Москве) создана в 1994 г. для разработки, производства, поставки и сервисного обслуживания речных и морских скоростных кораблей и судов на подводных крыльях, воздушной подушке, воздушной каверне, экранопланов, а также судовых дизельных двигателей мощностью до 7400 кВт и дизель-генераторов. В состав ФПГ входят ОАО «ЦКБ по СПК им. Р. Е. Алексеева», ОАО СЗ «Волга», ОАО «Редан», ЗАО ЦКБ «Нептун» и ОАО «Звезда». Образцы эффективной продукции предприятий ФПГ: пограничный катер пр. 14230 «Сокжой», десантный катер пр. 11770 «Серна», патрульные катера пр. 18627 «Мустанг» и пр. 18623 «Мустанг-2», СПК «Ласточка-М», многоцелевой катер пр. 13987 «Боец», жестко-надувные катера (типа РН и РТ) и др.

ФГУП «ХАБАРОВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

В номенклатуру продукции завода входит скоростной патрульный катер «Горноста́й» проекта 20990 (ФГУП ЦМКБ «Алмаз»), который способен в прибрежной морской зоне решать задачи патрулирования, перехвата и досмотра судов-нарушителей, экологического контроля, служебно-разъездных перевозок. Полное водоизмещение катера 16,5 т, габаритная длина 15,57 м, ширина 3,95 м, осадка 0,96 м, максимальная скорость хода 52 уз, дальность плавания 400 миль при 35 уз, автономность 1 сут, экипаж 3 чел., досмотровая группа 9 чел. В состав главной энергетической установки входят два дизеля мощностью 809 кВт фирмы MAN, работающих на два водомета типа FF-410SS (Kamewa). Автономный дизель-генератор типа

GHS9SI фирмы Vetus обеспечивает катер электроэнергией (60 Гц, 240 В, 7,7 кВт). Вооружение: пулемет калибром 12,7 мм или 7,62 мм, два гранатомета (30 мм).

ОАО «ЗЕЛЕНОДОЛЬСКИЙ ЗАВОД им. А. М. ГОРЬКОГО»

Российскому флоту недавно сдан головной фрегат «Татарстан» (типа «Гепард», проект 11661 разработан ФГУП «Зеленодольское ПКБ»). Этот сторожевой корабль, спущенный на воду 12 июля 2002 г. и сразу же отправленный на Каспийское море, предназначен для эскортных операций, поиска и борьбы с подводными, надводными и воздушными целями, охраны морской государственной границы и экономической зоны. Наибольшая длина корабля 102,2 м, ширина 13,1 м, осадка на миделе 3,5 м, полное водоизмещение около 1930 т, максимальная скорость около 28 уз, дальность плавания 3500 миль при 14 уз, автономность 15 сут, экипаж 109 чел. Главная энергетическая установка — двухвальная типа CODOG в составе одного дизеля и двух газовых турбин. Электроэнергию вырабатывают три дизель-генератора по 600 кВт каждый. Вооружение корабля включает в себя две четверенные пусковые установки «Уран» для противокорабельных ракет, зенитный ракетный комплекс «Оса-М», артустановку АК-176 калибром 76,2 мм, две скорострельные артустановки АК-630М калибром 30 мм, два двухтрубных торпедных аппарата (533 мм), одну 12-ствольную реак-

тивную бомбометную установку, четыре установки пассивных помех. В боевые системы входят: система сбора, обработки, отображения информации и выдачи целеуказания; радиолокационная станция общего обнаружения воздушных и надводных целей; гидроакустическая станция с буксируемой и подкильной антеннами; радиотехнический комплекс обнаружения целей и выдачи целеуказания противокорабельным ракетам; радиолокационная система управления артиллерийскими орудиями; станция радиотехнической обстановки и постановки пассивных помех; навигационная радиолокационная станция. Кормовая вертолетная площадка и ангар приспособлены для базирования вертолета Ка-28 или Ка-31. Головной корабль уже охраняет рубежи страны на Каспийском море. Там же будет использоваться и строящийся сейчас второй фрегат «Дагестан».

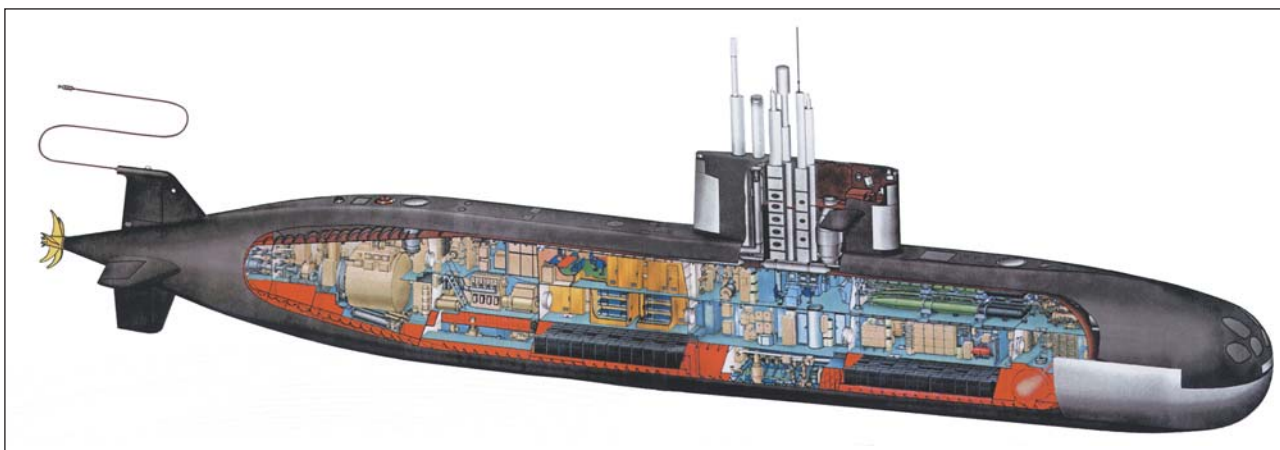
ФГУП ЦКБ МТ «РУБИН»

Экспортный вариант неатомной подводной лодки четвертого поколения «Амур 1650», разработанный специалистами ЦКБ МТ «Рубин», строится ФГУП «Адмиралтейские верфи».

Лодка — однокорпусная, пятиотсечная, с новым всережимным электродвигателем — имеет надводное (нормальное) водоизмещение 1765 м³, длину 66,8 м, ширину (диаметр прочного корпуса) 7,1 м, осадку 6,7 м, скорость подводного хода 21 уз, дальность подводного плавания 650 миль при экономиче-



Сторожевой корабль «Татарстан» в порту Махачкалы («Военный парад»)



Неатомная подводная лодка «Амур 1650» (ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»)

ской скорости 3 уз, дальность плавания в режиме РДП со скоростью 7 уз — 6000 миль, предельную глубину погружения 300 м, автономность 45 сут, экипаж 35 чел. В состав вооружения могут входить крылатые ракеты, торпеды, мины (суммарный боезапас 18 ед.). Шесть носовых торпедных аппаратов имеют калибр 533 мм. Лодка способна выпускать боевых пловцов и принимать их обратно на борт.

Особенностью этой лодки является способность наносить залповые ракетные удары по кораблям, причем интервал между залпами не превышает нескольких минут. Новейший гидроакустический комплекс в сочетании с уменьшенным в несколько раз акустическим полем (в сравнении с лодками класса «Кило») обеспечивают гарантированное упреждающее обнаружение цели и, соответственно, выигрыш в дуэльной ситуации на большой дистанции, а также своевременное уклонение противолодочных кораблей.

Площадь высокочувствительной шумопеленгаторной антенны, раз-

мещенной в носовой оконечности, в несколько раз превосходит этот показатель у других неатомных подводных лодок. Дополнением к ней является буксируемая гидроакустическая антенна.

Система автоматизированного управления кораблем, его боевыми и техническими средствами имеет современную элементную и программную базу. Она обеспечивает централизованное управление с операторских пультов в главном командном пункте. Радиоэлектронные средства получения информации о внешней обстановке объединены общекорабельной системой обмена данными, которая с высокой скоростью проводит автоматическую обработку и анализ информации от различных датчиков и в обобщенном виде представляет ее на дисплеи операторских пультов (управление оборудованием с местных постов в отсеках — резервное).

Инерциальный навигационный комплекс позволяет лодке длительно находиться под водой без всплытия для обсервации, обеспечивая

безопасность плавания и определение параметров движения с необходимой для использования оружия точностью.

Подъемно-мачтовые устройства — телескопические, не проникающие в прочный корпус (кроме командирского перископа).

Новая разработка, превосходящая известные зарубежные аналоги, — всережимный гребной электродвигатель типа СЭД-1 с постоянными магнитами мощностью 4100 кВт и номинальной частотой вращения 200 об/мин.

Аккумуляторная батарея включает в себя две группы аккумуляторов по 126 шт. в каждой. Энергоемкость в длительном режиме разряда 10580 кВт·ч. Срок службы батареи не менее 5 лет.

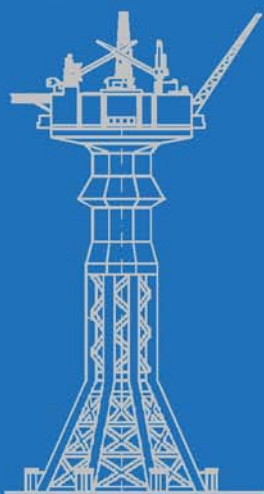
Все члены экипажа размещаются в каютах. Предусмотрены хорошо оборудованный камбуз и каюткомпания; эффективные системы вентиляции и кондиционирования воздуха для жилых и служебных помещений рассчитаны на эксплуатацию лодки в тропических районах во всех режимах плавания, в том числе РДП.

Прочный корпус разделен прочной переборкой на две зоны спасения. Носовой и кормовой люки с комингс-площадками обеспечивают посадку на них спасательных подводных аппаратов. Входная рубка в носовой зоне и кормовой люк снабжены системой шлюзования и обеспечивают выход людей в спасательном снаряжении методом свободного всплытия. В надстройке установлены два контейнера с надувными плотами вместимостью 20 чел. каждый.



Основной вид деятельности ФГУП 33СРЗ — комплексный ремонт и докование кораблей (фото из сборника «Технология судоремонта»)

ПРОГРЕСС И КАЧЕСТВО



ЛАТФОРМЫ



ОДВОДНЫЕ ЛОДКИ

РУБИН

ОЕЗДА

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

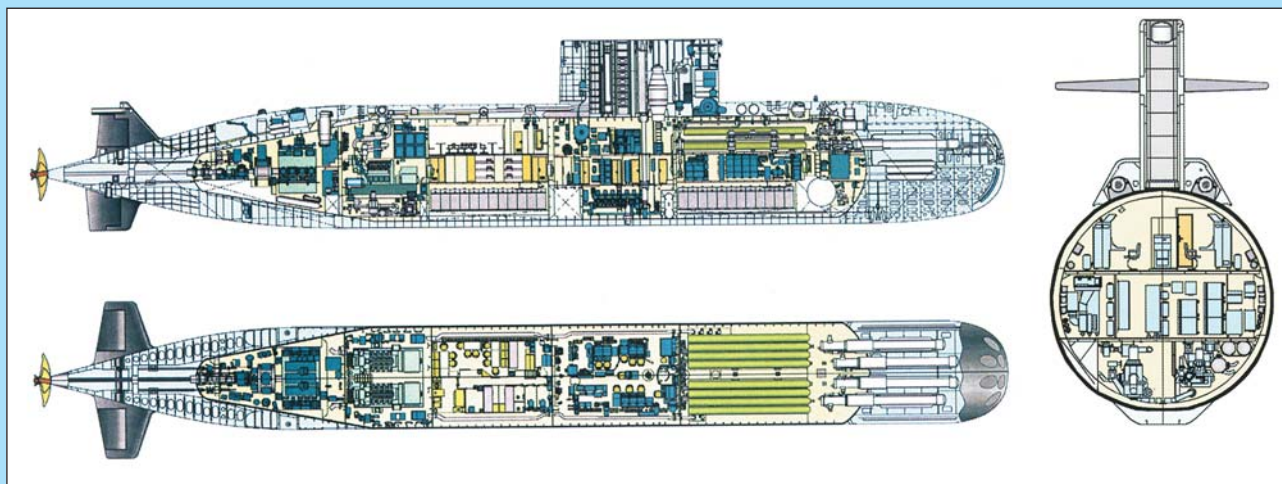
Россия, 191119, С-Петербург, ул. Марата 90 Телефон: (812) 113-5132 Факс: (812) 164-3749 E-mail: neptun@ckb-rubin.spb.su

- **УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ**
- **РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ**
- **ПРОЕКТИРОВАНИЕ**
- **ИНЖИНИРИНГ**
- **АВТОРСКИЙ НАДЗОР**

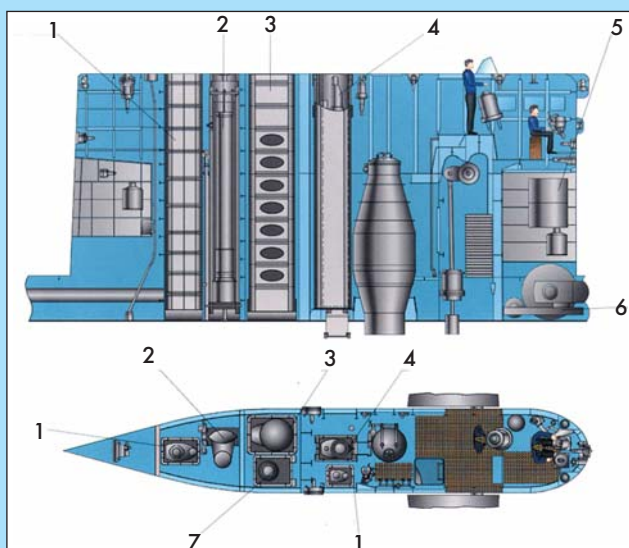


НЕАТОМНАЯ ПОДВОДНАЯ ЛОДКА «АМУР 1650»

ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»



Подъемно-мачтовые устройства

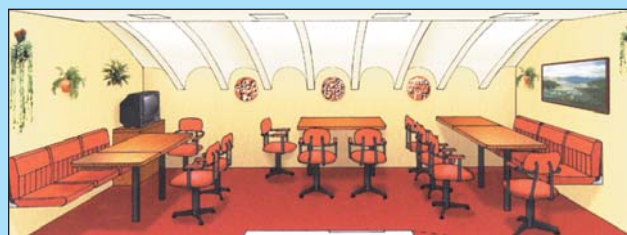


1 — подъемное устройство радиосвязи; 2 — подъемное устройство РДП; 3 — подъемное устройство радиолокации; 4 — командирский перископ; 5 — излучающая антенна измерения дистанции; 6 — лебедка буксируемой гидроакустической антенны; 7 — оптронная мачта

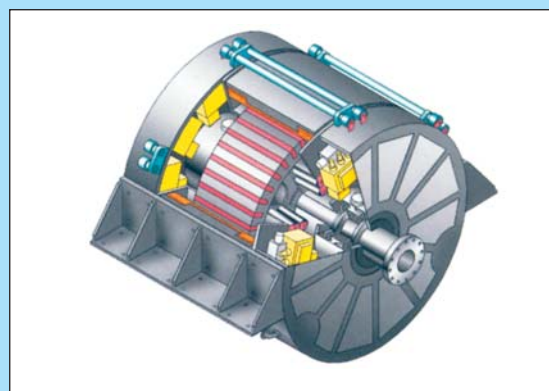
Главный командный пункт



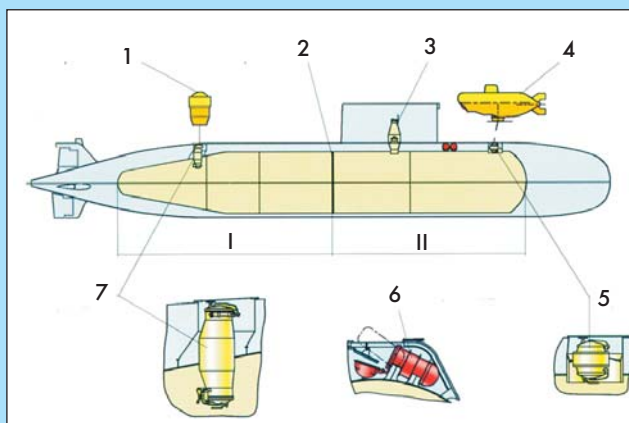
Кают-компания



Всережимный гребной электродвигатель с постоянными магнитами типа СЭД-1



Спасательное оборудование



I, II — кормовая и носовая зоны спасения;
1 — спасательный колокол; 2 — прочная переборка; 3 — входная рубка; 4 — спасательный аппарат; 5 — носовой люк с комингс-площадкой; 6 — контейнеры с плотами; 7 — кормовой люк с комингс-площадкой

Оборудование подводной лодки «Амур 1650» имеет хорошие ресурсные показатели: общий срок службы не менее 25 лет, до заводского ремонта — 10 лет.

ЗАО «ТЮМЕНЬСУДОКОМПЛЕКТ»

Закрытое акционерное общество «Тюменьсудокомплект» основано в Тюмени (пос. Антипино) в 1996 г. Оно осуществляет комплексное техническое снабжение судов, занимается ремонтом, переоборудованием и постройкой судов. Наиболее крупные из выполненных работ: переоборудование теплоходов пр. Р-376, 1606, 544 в служебно-разъездные суда представительского класса (всего сдано 21 судно); постройка трех плавучих морозильных рыбозаводов на базе барж грузоподъемностью 200 т; переоборудование теплохода «Заря» (пр. Р-83) в служебно-разъездное судно представительского класса, используемое сейчас администрацией Ханты-Мансийского автономного округа для деловых поездок в районы, не доступные для других видов транспорта; для транспортировки нефтепродуктов переоборудовано несколько барж различной грузоподъемности. На базе понтона плавкрана пр. Р-99 в настоящее время строятся два плавучих морозильных рыбозавода, ведется подготовка к постройке плавстанции для комплексной переработки отходов на базе баржи пр. 183 грузоподъемностью 200 т.

В соответствии с пожеланиями заказчиков и требованиями Российского Речного Регистра конструкторское бюро ЗАО «Тюменьсудокомплект» разработало ряд проектов по переоборудованию и дооборудованию судов различных классов.

Важное направление работы предприятия — конвертация автомобильных двигателей семейства ЯМЗ в дизель-редукторные агрегаты (ДРА) мощностью 66, 110 и 220 кВт для замены дизелей К-161, ЗД6 и ЗД12. Уже изготовлено около 500 агрегатов разных модификаций. На базе двигателей ЯМЗ производятся также судовые дизель-генераторы (ДГ) мощностью 60, 75 и 100 кВт (а 30 кВт — на базе Д243). Вся продукция сертифицирована Российским Речным Регистром. Ведутся работы по сертификации Российским Морским



Комплексный корабельный тренажер типа «Лагуна» (ЗАО «Р. Е. Т. Кронштадт»)

Регистром Судоходства (РМРС) выпускаемых ДРА и ДГ. Головной ДГ мощностью 60 кВт после успешного завершения испытаний по программе РМРС получил соответствующий сертификат.

М. М. Игнатюк

ОАО СРЗ «КРАСНАЯ КУЗНИЦА»

В этом году архангельскому судоремонтному заводу «Красная кузница» исполняется 310 лет. Предприятие, основанное Петром I в 1693 г., стало первой государственной верфью России. Сейчас основные виды деятельности завода — ремонт судов морского, речного, рыбопромыслового и технического флота водоизмещением до 13 500 т, постройка судов водоизмещением до 1000 т (порожнем), изготовление металлоконструкций для мостов, а также выпуск изделий машиностроения. Для докования судов имеется два плавдока грузоподъемностью 5000 т и 9600 т (второй — собственной постройки); причалы длиной 1100 м оборудованы кранами грузоподъемностью до 32 т.

Корпусоварочный цех располагает технологическим оборудованием для обработки до 6000 т листовой и профильной стали; доковое производство выполняет весь комплекс работ по докованию, ремонт ВРК, абразивно-струйную очистку корпуса, окраску ледостойкими красками; механозаготовительное производство осуществляет ремонт судовых двигателей и меха-

низмов, термообработку, нанесение гальванопокрытий; электромонтажный цех обеспечивает ремонт и наладку электродвигателей, судовой автоматики, радионавигационной аппаратуры; литейный цех способен поставлять отливки из чугуна массой до 400 кг и медных сплавов (до 100 кг).

Судостроительный участок располагает стапельными местами общей площадью 10 000 м², шестью спусковыми дорожками для бокового спуска судов массой до 1000 т и длиной до 90 м. В последние годы были построены несколько корпусов буксиров для голландской фирмы «Дамен», а также понтоны для фирмы «Нептун» (Голландия) и несамоходные баржи для фирмы «Рутенберг». Под конкретные заказы получены сертификаты LRS и BV. Производство мостовых пролетных строений сертифицировано Государственной мостовой инспекцией РФ. Пример этого рода работ — мост через Северную Двину длиной 250 м около г. Котлас.

Рабочие и специалисты «Красной кузницы» сохраняют корабельные традиции Севера, передавая из поколения в поколение богатый опыт, любовь к морю и кораблям.

ФГУП 33СРЗ

Этот судоремонтный завод в Балтийске был введен в состав ВМФ в 1945 г. как Пиллауский СРЗ. В ноябре 1946 г. он переименован в СРЗ города Балтийска, а в 2001 г. — в ФГУП

ЗЗСРЗ Министерства обороны РФ. Основной вид деятельности завода — комплексный ремонт и докование кораблей ВМФ, а также судов других ведомств и стран. В его составе два плавдока грузоподъемностью по 4500 т, оборудованные причалы длиной более 800 м с глубинами 3—8 м, специализированные цехи и участки общей площадью 19 000 м² — корпусный, доковый, краскоприготовления, слесарно-механический, дизельный, трубопроводный, электротехнический, кузнечно-литейный, ремонта баллонов, пескоструйной очистки и окраски методом безвоздушного распыления. Незамерзающая акватория для стоянки кораблей имеет площадь 12 000 м² и глубины до 10 м. С 1945 г. завод сдал флоту свыше 650 кораблей.



Катера типа «Стрела», выпускаемые ОАО КНААПО, на МВМС-2003 в Санкт-Петербурге

ОАО КНААПО

ОАО «Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение им. Ю. А. Гагарина» кроме всемирно известных истребителей марки «Су» выпускает скоростные катера новой серии «Стрела», в которых воплощены последние достижения авиационных технологий. Расчеты прочности корпуса, выполненного из морского алюминиевого сплава (предел прочности 180 МПа), производились по гидродинамическим нагрузкам при максимальной скорости и высоте волны с применением программного пакета MSC NASTRAN.

Основные характеристики катеров, выпускаемых ОАО КНААПО

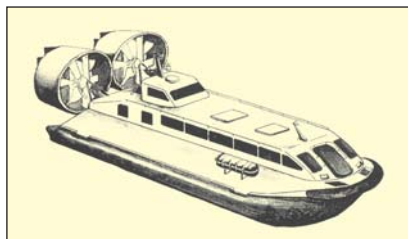
	«Стрела-4»	«Стрела-5»	«Стрела-8»
Длина наибольшая, м	5,8	6,83	8,5
Ширина наибольшая, м	2,03	2,03	2,85
Осадка, м	0,35	0,42	0,5
Водоизмещение полное, т	1,3	1,8	3,6
Мощность двигателя, кВт	до 110	до 185	до 305
Скорость макс., км/ч	75	85	75
Дальность, км	400	до 300	250
Мореходность (высота волны)	3 балла (1,2 м)	3 балла (1,2 м)	4 балла (2 м)
Пассажиропместимость, чел.	6	6	10

Катера типа «Стрела» могут использоваться для отдыха на воде, патрульных и других целей. Так, катера «Стрела-5» с мощным стационарным двигателем успешно эксплуатируются подразделениями МВД, пограничниками, инспекторами рыбоохраны.

ЗАО «Р. Е. Т. КРОНШТАДТ»

Основной целью этой компании, созданной в 2000 г., является активное продвижение отечественной продукции на мировой рынок систем вооружений. Она использует научно-производственный базис известной компании «Транзас» и участвует в проведении маркетинговой политики ФГУП «Рособоронэкспорт». Одно из направлений работы — комплексные тренажерные системы. Созданы или находятся в различной степени проработки тренажеры по управлению такими кораблями, как фрегат пр. 11356, ЭМ пр. 956, БПК пр. 1155, СКР пр. 1135, РК пр. 1241, КВП пр. 12061 и 12322.

На МВМС-2003 в Санкт-Петербурге компания представила тренажер типа «Лагуна», предназначенный для выработки командных и операторских навыков экипажа с использованием радиоэлектронных средств, средств связи и навигации, движительно-рулевого комплекса и системы имитации визуальной обстановки. В 2002 г. по заказу ВМС Вьетнама компания поставила полномасштабный комплексный навигационный тренажер «Лагуна-1241РЭ» для подготовки экипажей по маневрированию и управлению закупленными ранее в нашей стране ракетными катерами пр. 1241РЭ.



Амфибийное пассажирское СВП «Хивус-32» (ООО «Аэроход»)

ООО «АЭРОХОД»

Эта нижегородская фирма разработала проект амфибийного судна на воздушной подушке «Хивус-32» для перевозки 32 пассажиров. СВП имеет полное водоизмещение 7,5 т (полезная нагрузка — 2,91 т), габариты 14,7х6,5х3,9 м и способно развивать крейсерскую скорость 50 км/ч на воде и 70 км/ч — на снегу (максимальная — 90 км/ч). В качестве энергетической установки предусмотрены двигатели фирмы Mitsubishi — два марки 4М41 (по 118 кВт) и один марки 4М40 (94 кВт); расход дизельного топлива 40 л/ч. На СВП используется оригинальная схема воздушной подушки (патент РФ № 2097231) с высотой гибкого ограждения 1 м. Высота преодолеваемых препятствий 0,8 м, мореходность 3 балла, дальность плавания до 700 км. Класс Российского Речного Регистра 0-пр.

ФГУП ПО «СЕВМАШ»

24 августа акваторию «Севмаша» покинула подводная лодка Б-396 «Новосибирский комсомолец» (пр. 641Б), переоборудованная в музей по заказу правительства Москвы. Транспортировка лодки осуществле-



Лодка-музей Б-396 — последние минуты на акватории ФГУП ПО «Севмаш»

на на специальном понтоне с помощью буксиров. В Москве ее установят на подводный постамент, и специалисты «Севмаша» выполнят окончательную отделку и монтаж в рубке штатных выдвигаемых устройств (перископы, антенны). Лодка была заложена на заводе «Красное Сормово» в 1979 г., зачислена в состав флота осенью 1980 г., завершила службу в 1998 г. и прибыла на «Севмаш» в октябре 2000 г. □

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И ТЕХНОГЕННЫЕ АВАРИИ НА КОРАБЛЯХ

Л. И. Ковтун, докт. техн. наук, В. Н. Поляков, канд. техн. наук,
С. В. Семенов (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 656.61.08:681.518

Система управления безопасностью на море и научные задачи ее обеспечения. Развитие современного высокотехнологического общества связано с возрастанием опасностей техногенных аварий и экологических катастроф, потерь человеческих жизней, дорогостоящей техники и имущества. Современные высокоавтоматизированные комплексы морской техники, управляемые автоматами по жестким алгоритмам, освободили человека от большинства рутинных интеллектуальных операций, оставив за ним функции эргатического резерва. Однако при этом усилилась зависимость безопасности сложных технологических процессов от эффективности управляющих воздействий лиц, принимающих решения (ЛПР) в экстремальных условиях и аварийных ситуациях. ЛПР должно в течение ограниченного времени продумать различные варианты решения, предвидеть последствия каждого из них и выбрать лучший. Отличительной особенностью такого решения является невозможность заранее описать все комбинаторное множество «нештатных» ситуаций. Для сложных многофункциональных человеко-машинных систем невозможно не только вычислить оптимизируемый функционал, но даже представить его в явном виде.

Традиционная технология принятия управленческих решений базируется на использовании многочисленных наставлений, директивных, нормативных, правовых и технических документов на бумажных носителях, плохо приспособленных для поиска, восприятия и переработки необходимой информации. Общие соображения и рекомендации таких документов безусловно полезны, но в экстремальных ситуациях они не позволяют быстро находить конкретные управленческие решения. Громоздкая документация и правила ее применения не обеспечивают оперативного проведения сложных расчетов и численных оценок процессов, которые должны быть выполнены с упреждением по отношению к управляемым быстропротекающим событиям.

В резолюции Международной морской организации (ИМО) № А.796(19) от 23 ноября 1995 г. отмечается, что «в настоящее время на современных технически оснащенных судах для принятия решений в аварий-

ных случаях необходимо обращаться к большому числу наставлений и руководств, а находящиеся на мостике дисплеи цифровых неунифицированных приборов не позволяют легко и быстро обнаружить критические тенденции... Процесс поиска информации требует времени, а нерациональное размещение приборных дисплеев на мостике иногда приводит к еще большему замешательству». Эта резолюция отражает официальную точку зрения одной из авторитетных организаций в области безопасности мореплавания по результатам анализа катастрофы парома «Эстония». Для усовершенствования базы быстрого принятия решений в аварийных ситуациях на судах ИМО рекомендовала создание интегрированной системы контроля и принятия решений в аварийных ситуациях.

Статистика аварийных происшествий показывает, что, хотя прямые причины аварий часто можно отнести на счет действий отдельных лиц, доминирующими чаще всего являются ошибки группы лиц, т. е. организационные. Анализ специалистов-психологов [1–3] показывает наличие все возрастающего разрыва между сложностью современной техники и психологическими возможностями человека как элемента сложной системы «человек—машина». Обслуживающий технику персонал средней квалификации не может оперировать углубленными знаниями в области специальных разделов математики, теории управления и физики сложных процессов, без которых невозможно прогнозировать развитие аварийных процессов и принимать необходимые управленческие решения. Руководящая и операторская деятельность человека на борту корабля информационно перегружена и плохо обеспечена технологией принятия управленческих решений, учитывающей психологическое состояние человека, особенно в экстремальных ситуациях. Не случайно, что человеческий фактор доминирует среди всех причин аварийных происшествий и катастроф в таких отраслях мирового хозяйства, как транспорт, энергетика, военная техника, нефтегазодобыча и т. д. По данным страховых обществ, в области морского транспорта ошибки людей соотносятся с другими причинами аварий не менее как 5:1 [1].

В современных условиях постоянно ужесточаются международные обязательства и

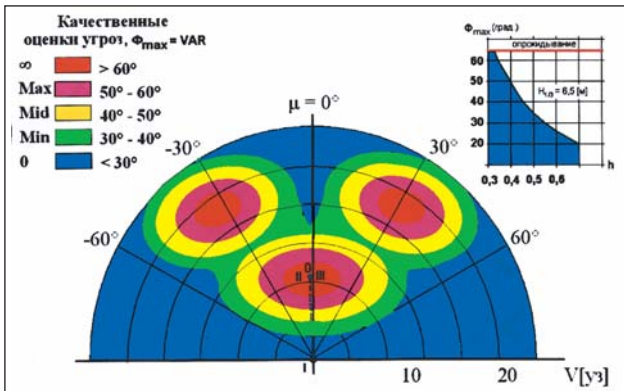


Рис. 1. Зависимость максимальных углов крена Φ_{max} от скорости V и курсового угла M при интенсивности волнения $H_{1/3} = 6,5$ м и ухудшения остойчивости (метацентрической высоты до $h = 0,3$ м)

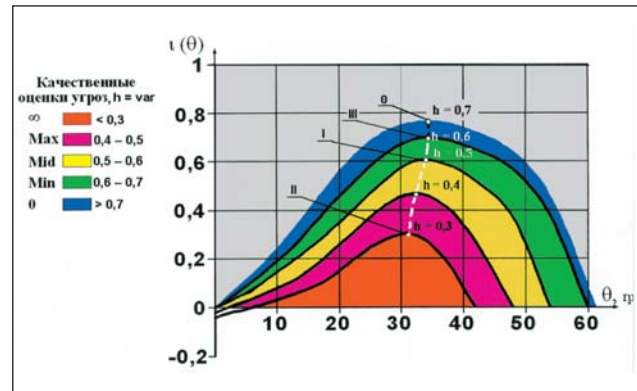


Рис. 2. Запас динамической поперечной остойчивости корабля при различных значениях метацентрической высоты ($h = 0,3...0,7$ м)

национальные законодательства по обеспечению безопасности населения и окружающей природной среды, уменьшения опасности возникновения техногенных аварий и катастроф с региональными и глобальными последствиями. Безопасность судов российского флота регламентируется «Правилами классификации и постройки морских и речных судов», которые учитывают унифицированные требования, стандарты и рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ и соответствующие резолюции ИМО.

В настоящее время в деятельность всех судоходных компаний внедряется Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (МКУБ). Основной целью его введения является повышение уровня организации всех судовладельцев, береговых служб, экипажей судов и административных надзорных органов в обеспечение снижения аварийности и опасностей, связанных с сохранностью человеческих жизней, окружающей среды, перевозимого груза, судна и имущества. Кодекс включает основные требования по разработке, внедрению и оценке управления безопасностью.

Однако МКУБ и предлагаемая им система управления безопасностью (СУБ) на начальном этапе их внедрения привели к созданию достаточно громоздких документированных организационных систем, которые не оказали еще позитивного влияния на повышение реальной безопасности мореплавания. В то же время традиционная бумажная технология такой системы значительно увеличила трудоемкость ее об-

служивания в части учета, регистрации, хранения, обновления и поиска необходимой информации.

XXI век характеризуется стремительным развитием информационных технологий и интеграцией их в глобальные структуры. В соответствии с этой тенденцией на смену сегодняшней громоздкой (основанной на бумажном документообороте) СУБ на морском транспорте идет глобальная СУБ, базирующаяся на современных компьютерных технологиях, важнейшими из которых являются: телекоммуникационная, автоматизированного мониторинга характеристик судов и их дислокации, спутникового контроля судоходства на море, навигационная электронно-картографическая и технология принятия управленческих решений. Цифровые технологии позволяют резко увеличить объем и полноту собираемой и хранимой информации, а также повысить скорость ее обработки, активизировать процессы генерирования, циркуляции и более полного использования в целях управления. При этом телекоммуникационная, мониторинговая и навигационная электронно-картографическая технологии уже разрабатываются и внедряются на кораблях впечатляющими темпами.

Однако новая более эффективная управленческая технология, основанная на компьютерной регистрации, статистической обработке и прогнозном анализе прошлого, настоящего и будущего состояния каждого образца морской техники, еще не создана. Главной задачей информационных технологий в автоматизированных системах управления сложными организационно-техниче-

скими системами является оптимизация процессов управления путем сбора, хранения и математической обработки информации (в режиме реального времени — on-line optimization) [4].

Существует настоятельная необходимость совершенствования методического аппарата исследования кораблей с учетом человеческого фактора. В связи с этим в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова планируется создание компьютерной системы комплексного представления знаний о корабле, пригодной для управленческой деятельности лиц на разных уровнях иерархии — руководителей, аналитиков, операторов и командного состава экипажей кораблей. Однако, как справедливо отметил академик В. М. Пашин — «для экстремальной задачи с неизвестными дискретного и непрерывного характера, с функциями критерия и ограничений, заданными чаще всего алгоритмически ... с большим количеством неизвестных различной значимости пока не существует эффективных методов решения сложных оптимизационных задач, отличающихся самым общим характером функций и неизвестных. При этом имеется тенденция преувеличения практической роли формального оптимизационного аппарата в принятии решений» [5]. Все известные в настоящее время программные разработки не решают указанную научную задачу. Успехов в этом направлении можно ожидать на пути создания нетрадиционных систем гибридного интеллекта, использующих компьютерные имитационные системы и формализованные процедуры ситуационного анализа

аварийных процессов руководителями различного уровня управления. Интеграция таких систем в новые технологии электронного документооборота как часть технологии управления жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Management — PLM) позволит использовать базы данных и знаний исследовательских центров, проектантов и строителей кораблей, эксплуатирующих организаций и ВМФ, что обеспечит более эффективное управление безопасностью мореплавания.

Новые технологии управленческих решений на основе имитационных систем и ситуационного моделирования аварийных процессов. Современные информационные технологии позволяют организовать глобальную СУБ на принципе превентивной (упреждающей) техногенной безопасности на транспорте. Это комплекс мер, позволяющий действовать с упреждением уменьшать опасность катастрофического развития аварийных событий, неизбежных в сфере повышенного риска, за счет внедрения математических методов обработки информации в системах реального времени. Таким образом, планируется осуществить переход от концепции «реагировать и выправлять» случившиеся аварийные происшествия к концепции «предвидеть и упреждать» их развитие, т.е. перейти от контроля за безопасной эксплуатацией судов к управлению ею.

Попытка глобальной формализации задач управления такого рода наталкивается на трудность принципиального характера. Классические теории оптимального управления, принятия решений, исследования операций, игры, основанные на традиционной математике, эффективны, если общее число учитываемых факторов невелико. Однако область их практического применения

резко сужается с ростом размерности задачи. Ключ к разрешению этой проблемы управления лежит отнюдь не в мощности вычислительных средств, а на путях существенного уменьшения размерности описания,

агрегирования и обобщения характеристик сложных систем [6].

Ситуация, когда руководителю приходится иметь дело с многофакторной информацией, усложняется тем, что человек, как правило, может одновременно оперировать не более чем тремя—четырьмя сущностями (факторами), учитывая при этом связи между ними. С их увеличением эффективность обработки информации человеком резко падает. Поэтому необходимость снижения размерности описания управленческих задач определяется не только требованием численной обработки огромных объемов информации, но и ограниченной способностью человека оперировать многомерными данными. С этой целью системный анализ процессов в сложных технологических комплексах должен опираться не только на численные оценки и их зависимости, но и на неформальные процедуры, использующие вербальное качественное описание ситуаций и содержательную постановку задачи управления, т. е. формы представления информации удобные и привычные для человека [7]. Для этого необходимо использовать технологию эвристической фильтрации (преобразования) многовариантных вычислений имитационной системы в ситуационные модели.

Имитационное моделирование относится к методам решения практических задач большой размерности на основе многовариантных расчетов численных показателей сложных систем при различных исходных характеристиках процессов. Ситуационное (когнитивное) моделирование — это представление качественных знаний о процессах в сложных системах на основе логиколингвистического описания событий в топологической (порядковой) шкале отношений с целью формулиро-

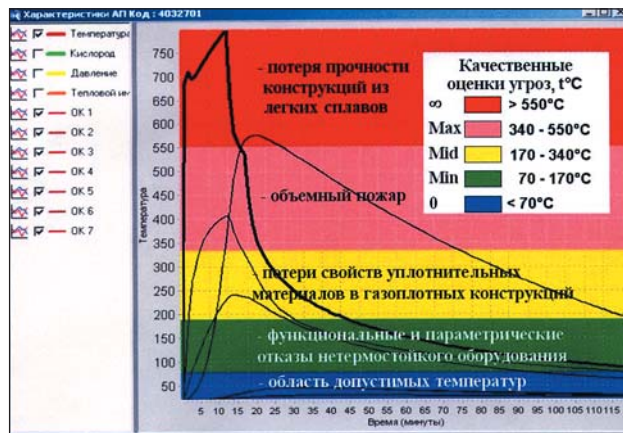


Рис. 3. Зависимость температуры газовой среды и ограждающих конструкций помещения при пожаре в электростанции (ЭС), смежной с машинным отделением (МО)

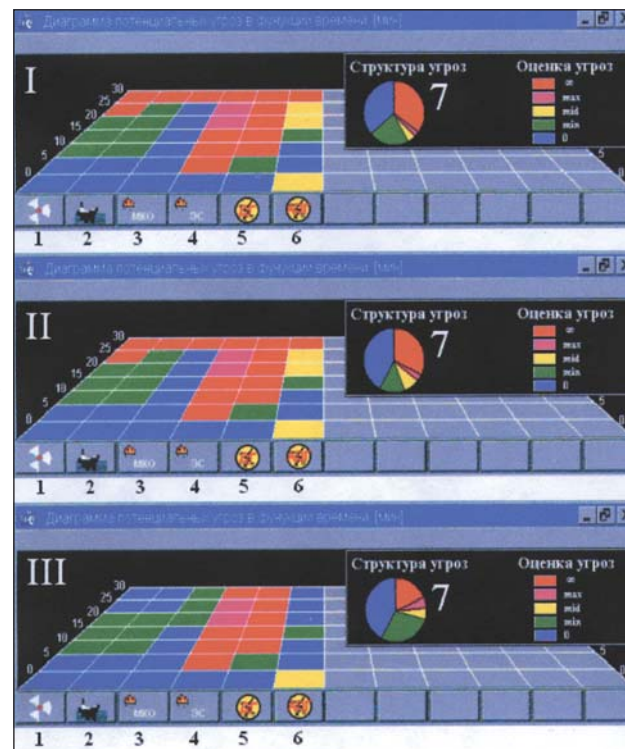


Рис. 4. Сценарии событий на диаграмме потенциальных угроз при разных управленческих решениях:

I — первоочередные действия выполнены в полном объеме; II — первоочередные действия выполнены в полном объеме и остановлен главный осушительный насос (ГОН); III — первоочередные действия выполнены в полном объеме и остановлен пожарный насос (ПН).
Свойства судна: 1 — ход и управляемость; 2 — непотопляемость; 3 — температура ГВС в МКО; 4 — температура ГВС в ЭС; 5 — электроснабжение от ДГ; 6 — электроснабжение от АДГ; 7 — структура угроз за 30 мин

вания проблемной ситуации и концепции выбора рационального решения ЛПР. В качестве визуального отображения результатов такого моделирования нами предложена диаграмма потенциальных угроз, отражающая развитие аварийных происшествий в терминах различных уровней опасности [8]. Ситуационная модель в ограниченном смысле изоморфна (тождественна) имитационной модели. Академик В. В. Новожилов заметил: «Как и прибор, математическая модель имеет погрешность, мерой которой является расхождение ее предсказаний с практикой. И, подобно прибору, модель имеет свое «поле зрения» и свою «разрешающую» способность» [9]. Ситуационная модель теряет в точности предсказаний по сравнению с имитационной, но расширяет «поле зрения», обеспечивая наглядность и обозримость результатов упреждающих вычислений.

Известно, что имитационная модель не позволяет организовать экономный способ поиска наилучшего варианта управления сложной системой методом прямого перебора. Просмотр всех траекторий ее движения в многомерном пространстве численных оценок лежит за пределами возможностей даже перспективных ЭВМ. Поэтому возможным вариантом решения этой проблемы остается поочередное итерационное использование имитационного и ситуационного моделирования. Качественно оценив прогноз ожидаемых событий, мы с большим пониманием можем подойти и к его точным численным оценкам с помощью имитационного моделирования, которое само не позволяет выделить наиболее существенные характеристики процессов. Поясним наши предложения по уменьшению размерности описания аварийных процессов и применению эвристических процедур поиска эффективных управленческих решений на примере борьбы с пожарами на кораблях.

Пусть известны экстремальные условия функционирования корабля по характеристикам мореходности в штормовых условиях, непотопляемости при поступлении воды и температурного режима при пожаре в помещении корабельной электростанции (ЭС), смежном с машинным отделением (МО). На рис. 1, 2, 3

цветом (или тоном) выделены области характеристик процессов. Будем исходить из условия, что корабль не должен потерять ход и изменить курс по соображениям навигационных опасностей и погодных условий. Далее, пожар удалось локализовать в пределах корабельной электростанции. Борьба с пожаром потребовала принятия забортной воды для охлаждения переборок с помощью пожарных насосов (ПН), чтобы исключить распространение пожара в смежные помещения. При этом огнестойкая конструкция переборки МО принадлежит классу А-30. Для обеспечения непотопляемости потребовалась работа главных осушительных насосов (ГОН). На графиках точка «0» представляет исходные значения характеристик в многомерном пространстве состояний корабля и внешней среды, рассчитанные имитационной системой. Непосредственный анализ приведенных характеристик не позволяет определить целесообразную траекторию изменения состояний из точки «0» для уменьшения последствий пожара на корабле.

На рис. 4 показан сценарий (I вариант событий) изменения состояния корабля в качественных оценках угроз, полученный с помощью эвристической фильтрации численных оценок упреждающего имитационного моделирования. Он соответствует событиям герметизации аварийного помещения на 12-й минуте, включению средств пожаротушения на 17-й минуте, а также использованию ПН и ГОН. При этом электроснабжение корабля переводится с основных дизель-генераторов ЭС на аварийные (АДГ), расположенные вне зоны пожара.

Однако такой сценарий не может удовлетворить руководителя борьбой за живучесть, так как на 15-й минуте произойдет срабатывание сигнализации по перегрузке АДГ, и далее главные двигатели теряют электропитание, корабль теряет ход и возможность маневрирования на фарватере. Недопустимость этого события отображается красным цветом на 20-й минуте по сегменту мореходность (обеспечение хода и управляемости). Для снятия перегрузки АДГ достаточно остановить один ПН или ГОН. Оба варианта решения, на первый взгляд, недопустимы, так как ухудшают ус-

ловия борьбы за живучесть корабля. Необходимо принять решение, что более предпочтительно. В этой ситуации здравый смысл или интуиция не дают убедительного ответа. Необходимо задать эти варианты задач для расчетов имитационной системе.

На рис. 4 представлены также сценарии изменения состояний корабля при остановке ГОН (II вариант) и ПН (III вариант). При этом последний показывает предпочтительность варианта остановки ПН, так как при этом хотя и увеличится прогрев ограждающей конструкции МО, но огонь в смежное помещение не пройдет. В то же время уменьшится интенсивность поступления забортной воды и опасность потери остойчивости корабля в штормовых условиях. Корабль сохраняет мореходные качества в ограниченном объеме: ход, управляемость, минимальную остойчивость и возможность ликвидации пожара в аварийном помещении. Вариант остановки ГОН приводит к недопустимому ухудшению остойчивости корабля и опасности его опрокидывания на 25-й минуте вследствие интенсивной бортовой и килевой качки при невозможности изменения его курса и скорости. Таким образом, предпочтительный вариант обоснован прямым вычислительным экспериментом, а постановка задачи для различных вариантов сформулирована на основе логического анализа ЭВМ, результаты которых представлены в интуитивно понятном для человека виде диаграммы потенциальных угроз.

Полученные сценарии выделяют цветовой раскраской области допустимых рисков и недопустимых угроз в 3-мерном пространстве времени, опасных событий (угроз) и важнейших свойств корабля (мореходность, остойчивость, пожаробезопасность, энергоснабжение). В ходе неблагоприятного развития аварии сценарий опасных событий динамически изменяется, представляя анимационную картину надвигающегося на наблюдателя поля потенциальных угроз, что заставляет оператора реагировать прежде всего на те события, в которых лидируют недопустимые угрозы, выделенные красным цветом. Отдаление фронта недопустимых событий-угроз и является первоочередной за-

дачей руководителя борьбой за живучесть, который таким образом определяет ее конкретные цели и проверяет их в диалоге с имитационной системой. Успешность борьбы за живучесть будет также определяться последующими точными действиями экипажа и быстрой корректировкой текущих целей руководителем в случае изменения хода аварии или появления новых обстоятельств. В нашем примере, вероятно, потребуются поочередное функционирование ПН и ГОН, чтобы исключить перегрузку АДГ и обеспечить эффективное пожаротушение без опасности потери остойчивости.

Упрощенный характер приведенного примера оправдан желанием пояснить суть технологии имитации и эвристической фильтрации вычислений. Более полное представление наших предложений изложено в [8].

Предлагаемая технология разработки управленческих решений позволяет разделить работу между человеком и имитационной системой, возложив выбор текущих целей и ответственность на человека, а сложную вычислительную и логико-лингвистическую работу на ЭВМ. Это система так называемого гибридного интеллекта. Здесь правило отбраковки неэффективных управленческих решений формализовано на эвристическом уровне: «лучше то, что отодвигает лидирующую недопустимую угрозу дальше от текущего момента времени».

Повышение уровня профессиональной подготовки моряков на базе компьютерных когнитивно-активных форм обучения. Развитие индустриального общества делает процесс подготовки и постоянного повышения квалификации специалистов все дороже и дороже. На первое место выходят как проблемы доучебного тестирования и отсева кандидатов (профориентация), так и всемерное удешевление процесса подготовки при сохранении приемлемой эффективности. По мнению Haskett Consulting Inc. (HCI): «Люди запоминают 20% того, что они видят, 40% того, что они видят и слышат, и 70% того, что они видят, слышат и делают». Понятно, что необходимым элементом эффективного обучения являются постоянные тренировки с использованием средств активного представления

знаний в процедурах прямого воздействия на образные механизмы мышления. Однако в реальных условиях организовать тренировки людей в условиях пожаров, затоплений, навигационных происшествий и т. п. практически невозможно по соображениям безопасности или стоимости таких форм обучения. Выход найден в области систем и технологии виртуальной реальности, которые позволяют человеку внедриться в смоделированный компьютером мир и взаимодействовать не только с виртуальным (абстрактным) кораблем, но и с абстрактной внешней средой (морской акваторией, другими кораблями, погодными условиями на море, поражающими факторами аварии и т. п.). К числу наиболее сложных и ответственных процессов обучения в этой области относятся, например, принятие решений по управлению кораблем в условиях навигационных опасностей и применения оружия противником, при отказах движительно-рулевых комплексов и оборудования энергетических установок, ухудшении обитаемости, потере части экипажа и т. п.

Традиционные тренажеры (в том числе с использованием компьютерной техники), хотя и обладают структурно-поведенческим реализмом и точным подобием пультов и процессов управления, имеют существенные недостатки в дидактической компоненте обучения. Обучаемый занимает здесь, как правило, пассивное положение и пассивно выполняет заложенные в тренажерах программы; сценарий обучения мало зависит от поведения обучаемого. Он не пригоден для интеллектуальных задач выбора решения в условиях неопределенности протекания сложных аварий. При этом затруднена возможность объективной оценки уровня профессиональных знаний и навыков. Отмечается также чрезмерная сложность современных тренажеров и ограниченность количества и качества решаемых задач [10].

В целом пассивные объяснительно-иллюстративные формы обучения преобладают в профессиональной подготовке моряков. При этом также плохо учитываются психологические особенности человека в осмыслении сложных процессов и восприятии больших объемов

быстроизменяющейся информации [11].

Последние разработки когнитивных (познавательных) форм обучения учитывают указанные выше недостатки. Они основаны на активизации образных механизмов мышления и визуализации не только 3-мерных объектов управления, но и процессов их изменения, а также разнообразных характеристик среды, в которой они функционируют. Удачным примером таких разработок являются судоводительский полномасштабный тренажер интегрированного навигационного мостика фирмы «Транзас», включающий средства управления судном. Его визуализационная система позволяет воспроизводить окружающую обстановку, содержащую водное пространство, береговую черту, навигационную ситуацию, береговые объекты и сооружения, различные атмосферные явления, эффекты видимости и освещенности. Кроме того, система создает звуковую среду, соответствующую условиям плавания. Однако и эта удачная разработка не обеспечивает обучение руководящего состава экипажа управлению аварийным кораблем при комплексных авариях.

Современные средства компьютерной визуализации позволяют представлять многооконное анимационно-синхронное изображение внешнего и внутреннего содержания многофакторных процессов на разных уровнях детализации сложных объектов. С помощью 3-мерной графики можно наблюдать их с различных позиций вне и внутри виртуального корабля, синхронизировать пространственно-временные, функциональные и причинно-следственные события, отображать физическое состояние морской техники, формировать звуковую среду опасных факторов аварийных происшествий в корабельных помещениях (взрывов, огня и т. п.) и таким образом приблизить психоэмоциональную обстановку в процессах обучения к реальным условиям.

Недостаточный учет специфических характеристик человека как элемента системы управления в условиях значительных информационных и интеллектуальных перегрузок в ходе реальных аварий уже неоднократно был причиной техно-

генных и экологических катастроф. Поэтому создание компьютерных обучающих систем и тренажеров нового поколения на основе когнитивистики, науки о мышлении человека, должно повысить уровень используемых знаний в профессиональной подготовке экипажей кораблей. При этом пассивные иллюстративно-объяснительные формы обучения дополняются активными формами познания методом «проб и ошибок» в той области знаний, где невозможно приобрести опыт в натуральных условиях.

Интеграция компьютерных тренажеров в новые системы управления сложными технологическими процессами на кораблях в составе бортовых систем информационной поддержки операторов позволит обеспечить непрерывность профессиональной подготовки и поддержание высокого уровня обученности экипажей.

Повышение уровня используемых знаний в профессиональной подготовке экипажей кораблей может быть обеспечено с помощью виртуального морского полигона (компьютерного симулятора), разрабатываемого в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова по теме НИР «Тренажер». Виртуальный полигон — это система комплексного представления знаний о корабле в нормальных и аварийных условиях плавания. Он допускает совместное использование с традиционными тренажерами и может быть использован для оцен-

ки их достоверности функционирования (сертификации), а также обеспечивает более высокий уровень теоретической подготовки и интеллектуальных тренировок руководителей, командного состава экипажей кораблей и специалистов аварийно-спасательных служб.

Заключение. Люди — ключевая компонента при эксплуатации кораблей и морской техники. Проектанты кораблей и разработчики морской техники должны учитывать человеческую компоненту и понимать возможности людей подобно тому, как они понимают гидродинамику или процессы управления движением корабля [2, 3]. Необходимо дать человеку возможность целостного представления динамики ожидаемого изменения состояния корабля, выделения критических тенденций и упреждающей оценки допустимых стратегий управления кораблем.

Повышение эффективности управленческой деятельности человека и качества профессиональной подготовки моряков является одной из основных целей создаваемой системы управления безопасностью на море. Виртуальный морской полигон должен дополнить научный инструментальный исследований. Это направление создания систем гибридного интеллекта, в которых процессы моделирования не скрыты в недрах ЭВМ, а доступны человеку, проектанту, руководителю, аналитику, обучаемому и обучающему.

Литература

1. Максимова А. И. Международный симпозиум «Человеческие и организационные ошибки в морской технике» // Судостроение. 1997. № 5.
2. Человеческие факторы при проектировании и боевой эксплуатации корабля // Материалы Второй конф. Королевского общества военно-морских архитекторов совместно с Эргономическим сообществом Великобритании, 2—3 октября 2002 г. Лондон, Великобритания, доступ в Интернет, по адресу: http://www.rina.org.uk/rfiles/eventspage/human_factors_02.pdf.
3. Человеческие факторы при проектировании и боевой эксплуатации корабля // Материалы Первой конф. Королевского общества военно-морских архитекторов совместно с Эргономическим сообществом Великобритании, сентябрь 2000 г., Лондон, Великобритания, доступ в Интернет по адресу: http://www.rina.org.uk/rfiles/eventspage/human_factors_02.pdf.
4. Дозорцев В. М., Соркин Л. Р., Шестаков Н. В. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов: опыт разработки и перспективы развития // Тренажерные технологии и симуляторы — 2002. Материалы научно-техн. конф. СПб.: СПбГПУ, 2002.
5. Пашин В. М. Оптимизация судов. Л.: Судостроение, 1983.
6. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981.
7. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.
8. Ковтун Л. И. Современные информационные технологии в процессах управления борьбой за живучесть корабля // Судостроение. 2002. № 2.
9. Новожилов В. В. Математические модели и точность инженерных расчетов // Судостроение. 1979. № 7.
10. Костылев И. И., Денисенко Н. И. Проблемы активизации тренажерной подготовки в морском профессиональном образовании // Тренажерные технологии и симуляторы — 2002. Материалы научно-техн. конф. СПб., 2002.
11. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВОДОМЕТНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

А. А. Русецкий, докт. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 629.5.036.003.13

В 1956 г. началось проектирование нового малого противолодочного корабля пр. 204. Скорость этого корабля водоизмещением более 400 т должна была превышать 30 уз. Однако в то время не было дизелей, могущих обеспечить такую скорость хода. Имевшиеся газотурбинные установки были нерезервными, а создание комбинированной дизель-газотурбинной установки с гребными винтами требовало применения специальных

редукторов, которые еще не были освоены промышленностью.

В связи с этим при проектировании корабля была принята нетрадиционная конструкция движителя, получившая название «гидромотор» и использующая для разгона воды, наряду с гребными винтами, энергию сжатого воздуха. Энергетическая установка корабля состояла из двух дизелей М-503 мощностью 3300 л. с. и двух газотурбинных установок мощностью 15 000 л. с.

Впоследствии на кораблях были установлены более мощные дизели М-504 мощностью 4750 л. с. Дизели приводили во вращение гребные винты, а газотурбинные установки вращали компрессоры, воздух от которых подавался в движитель. Общая компоновка движителя приведена на рис. 1.

На корабле было предусмотрено два режима движения — экономический, только под дизелями, и полный, когда в движитель дополнительно подавался сжатый воздух от компрессора. В первом случае движитель работал в режиме обычного водомета с несколько пониженной эффективностью, главным образом за счет большего внешнего сопротивления трубы движителя.

При подаче воздуха в трубу повышалось давление, а увеличенный

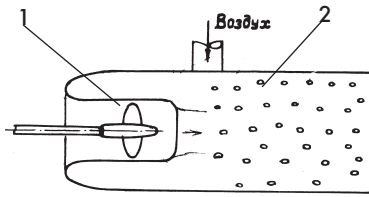


Рис. 1. Общая компоновка нетрадиционной конструкции движителя — «гидромотор»: 1 — гребной винт; 2 — труба для образования газовой смеси

объем газовой смеси приводил к ускорению потока и созданию дополнительной тяги. Особенность такого движителя — необходимость регулирования режима работы гребного винта, изменяющегося при подаче воздуха в движитель.

Идея газоводометного движителя принадлежала профессору К. А. Путилову, под руководством которого в конце 40-х годов прошлого века была создана специальная лаборатория (СНИЛ). Первоначально рассматривался чисто газоводометный движитель без гребного винта. Однако из-за неудовлетворительных разгонных характеристик такого движителя, тяга которого на стопе близка к 0, практическое применение получил комбинированный движитель, получивший название двухступенчатого.

Первоначальная разработка движителя велась под руководством К. А. Путилова. Практическое внедрение и доводку возглавлял Б. К. Ильинский, сменивший К. А. Путилова в качестве главы СНИЛ после его смерти. Большой вклад в работу внес Э. Д. Мамедов, который участвовал в проектировании и сдаточных испытаниях кораблей с такими движителями. В процессе проектирования было ясно, что эффективность «гидромоторного» комплекса будет ниже, чем у гребных винтов, но при этом предполагалось, что его шумность будет значительно меньше. Считалось, что на экономической скорости винты не будут кавитировать, а при скоростях, близких к полной, кавитация будет устранена за счет повышения давления в результате подачи воздуха. Кроме того, необходимо отметить, что такой движитель обладает определенными компоновочными преимуществами: мощность от газовых турбин передается на движитель не с помощью валов, а через неподвижные трубопроводы.

Практика показала, что пропульсивный коэффициент кораблей с гидромоторами приблизительно вдвое ниже, чем у кораблей с гребными винтами, а надежды на пониженную шумность не оправдались. Это было связано с тем, что гребные винты в составе гидромотора начинают кавитировать раньше, чем при обычной компоновке. При подаче воздуха шум движителя также оказался высоким, по-видимому, за счет излучения воздушных пузырей в струе движителя.

Все это стало ясно при испытаниях первых кораблей пр. 204, но из-за отсутствия иного технического решения их строительство продолжалось почти 10 лет. Всего было построено 63 корабля. Видимо, решающую роль в судьбе гидромоторов сыграло их внедрение на кораблях пр. 35.

В 1961 г. был сдан флоту достаточно удачный противолодочный корабль пр. 159. На нем внедрились большое количество новых технических разработок, включая ВРШ мощностью 6000 л. с. и газотурбинные установки мощностью 15 000 л. с. Движительная установка была трехвальная. На экономическом режиме корабль двигался под действием среднего винта, бортовые винты свободно вращались, а на полном ходу работали все три винта. Из-за большого сопротивления свободно вращающихся винтов скорость экономичного хода не превышала 17 уз. Кроме того, одновальная установка экономичного хода затрудняла маневрирование в узкостях и швартовку корабля, что потребовало применения подруливающих устройств.

В стремлении устранить эти недостатки приняли решение использовать на модернизируемом варианте корабля установку, аналогичную примененной в пр. 204. Этот проект получил шифр 35. При близких к пр. 159 водоизмещении и составе вооружения установочная мощность на пр. 35 составляла $(2 \times 6000 + 2 \times 18\,000)$ л. с. вместо $(600 + 2 \times 15\,000)$ л. с. на пр. 159. Испытания показали, что скорость экономичного хода увеличилась приблизительно на 3 уз, но примерно на столько же снизилась скорость полного хода, которая не превышала 30 уз. Такой результат, естественно, не способствовал повышению репутации гидромоторов, поэтому

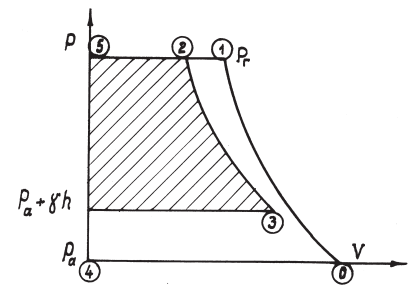


Рис. 2. Диаграмма, характеризующая процессы, происходящие в движителе и компрессоре

другая модификация — корабль пр. 159А — строился с тем же движительным комплексом, что и пр. 159.

Возникает вопрос, в чем причина низкой эффективности движительных комплексов на пр. 204 и 35, обусловлена ли она неудачным выбором их элементов или имеет принципиальный характер?

Обратимся к формуле для определения пропульсивного коэффициента

$$\eta = \eta_n \eta_t,$$

где η_n — коэффициент гидродинамической эффективности движителя, равный произведению КПД движителя η_p на коэффициент влияния корпуса; η_t — КПД передачи.

Для гребных винтов η_t складывается из потерь на трение в валопроводе и потерь в редукторе и составляет 0,98—0,99. Для гидромоторов η_t складывается из КПД компрессора, составляющего 0,83—0,85, и тепловых потерь так называемого КПД цикла. Сжатие воздуха в компрессоре происходит практически по адиабатическому закону. Горячий воздух, попадая в движитель, при контакте с водой быстро охлаждается до температуры воды, и расширение его происходит практически по изотермическому закону. Таким образом, КПД цикла представляет собой отношение работы изотермического расширения воздуха в движителе к работе его адиабатического сжатия в компрессоре.

На рис. 2 представлена диаграмма, характеризующая процессы, происходящие в движителе и компрессоре. Точка 0 соответствует воздуху, поступающему в компрессор, и характеризуется объемом V и давлением P_0 ; точка 1 — состояние воздуха на выходе из компрессора; точка 2 — параметры воздуха, охладившегося в

результате контакта с водой, который далее по изотермическому закону расширяется в движителе. Однако расширение происходит не до давления P_a , а до давления $(P_a + \gamma h)$, где h — заглубление движителя. Таким образом, КПД цикла представляет собой отношение заштрихованной части диаграммы ко всей площади между точками 0 — 1 — 4 — 5.

Для скоростей, соответствующих кораблям пр. 204 и 35, КПД передачи η_r , равный произведению КПД компрессора на КПД цикла, составит приблизительно 0,72—0,75. Отметим, что с ростом скорости хода η_i снижается, поскольку большим скоростям соответствуют большие значения давления воздуха. Снижение η_i на 24—25% требует для достижения у гидромоторов равной с гребными винтами эффективности повышения КПД собственно движителя на ту же величину.

КПД газоводометной ступени движителя представляет собой отношение полезной мощности к работе изотермического расширения газа в движителе. При вычислении полезной мощности будем рассматривать только внутреннее течение в движителе. Именно такой КПД η определяется при испытании движителя на стенде. На рис. 3 приведена зависимость η от коэффициента давления газа до его расширения

$$\bar{P}_r = \frac{P_r - P_0}{\rho \frac{y^2}{2}}$$

где P_r — давление газа; P_0 — давление потока перед движителем.

На рис. 3 показан идеальный КПД движителя η_i , рассчитанный в предположении отсутствия вязкости и существования в движителе однородной двухфазной смеси.

Введем понятие коэффициента качества $\tau = \eta_r / \eta_i$, который учитывает потери на вязкость и потери на так называемое скольжение фаз, когда скорость воздуха в движителе больше скорости воды. Если предположить, что снижение реального упора по сравнению с идеальным обусловлено вязкостью (1), а превышение фактического расхода воздуха над идеальным — скольжением фаз (2), то при больших значениях \bar{P}_r определяющую роль играют потери на скольжение фаз, а при малых \bar{P}_r — потери, обус-

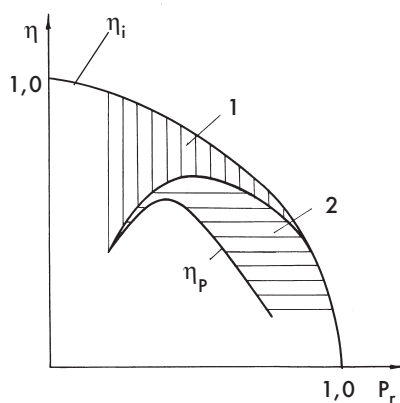


Рис. 3. Зависимость КПД газоводометной ступени движителя от коэффициента давления газа до его расширения: 1 — потери, обусловленные вязкостью; 2 — потери на скольжение фаз

ловленные вязкостью. Это допущение несколько занижает роль потерь на скольжение фаз, поскольку, по-видимому, оно приводит не только к повышению расхода воздуха, но и к снижению упора. Модельные испытания газоводометных движителей показали, что максимальное значение определенного таким способом КПД не превышает 0,5.

Учитывая большую роль потерь, связанных со скольжением фаз, обусловленных прорывом сплошных масс воздуха, были предприняты попытки снизить эти потери за счет улучшения смешения в потоке и создания более однородной воздушно-водяной смеси. Для этой цели провели испытания различных конструкций, устанавливаемых в потоке неподвижных смесителей. Однако добиться заметного увеличения КПД не удалось — по-видимому, установка смесителей, уменьшая потери на скольжение фаз, ведет к росту вязких потерь. Значение КПД, равное 0,5, не может приниматься при расчете ходкости, поскольку в нем не учтено влияние внешнего сопротивления трубы движителя, учет последнего снижает КПД ориентировочно на 10—15%. Полученное таким образом значение гидродинамического КПД газоводомета не только не превышает КПД винта, но и существенно ниже его, т. е. 0,43—0,45.

Таким образом, результирующий пропульсивный коэффициент газоводометной ступени составляет величину порядка 0,31—0,33.

В случае двухконтурного движителя должен быть учтен КПД винтовой

ступени. Этот КПД находится в пределах 0,45—0,5. Тогда суммарный пропульсивный коэффициент комплекса определяется зависимостью

$$\eta = (\eta_1 N_1 + \eta_2 N_2) / (N_1 + N_2),$$

где η_1, N_1 — КПД и мощность винтовой ступени; η_2, N_2 — то же, для второй ступени. Для корабля пр. 204 $\eta \approx 0,35$.

Как отмечалось, попытки снижения потерь, связанных со скольжением фаз, успеха не имели. Принципиально имеется возможность повышения КПД цикла за счет введения в компрессор промежуточных ступеней охлаждения выходящего из него воздуха. Однако в этом случае повышение КПД цикла сопровождается ухудшением КПД собственно компрессора.

Приведенные выше данные согласуются с данными испытаний кораблей пр. 204 и 35 и близки к предельным для газоводометных движительных комплексов. Следует отметить, что здесь не учтены потери в трубопроводах, подводящих воздух от компрессора к движителю, которые могут привести к дальнейшему снижению коэффициента η . Имея в виду, что коэффициент η винтовых кораблей со скоростями 30—40 уз лежит в диапазоне 0,5—0,6, столь существенное снижение эффективности не может быть компенсировано компоновочными преимуществами. На первых этапах исследования газоводометных движителей утверждалось, что степень их перспективности возрастает по мере увеличения скорости хода, поскольку неизбежная при больших скоростях кавитация гребных винтов приводит к снижению эффективности последних. Однако отмеченное выше снижение КПД цикла, сопровождающееся увеличением скорости, ставит этот тезис под сомнение.

Работы по внедрению на быстроходные корабли газоводометного движителя позволили получить уникальный научный материал по течению двухфазных сред и оценить возможности использования энергии сжатого газа для ускорения потока. В то же время они показали, что установка таких движителей на корабли не является удачным инженерным решением и область их применения в судостроении в настоящее время не очевидна.

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОРАБЛЕЙ

В. И. Гольтраф, докт. техн. наук (ФГУП НПО «Аврора»),
В. В. Кобзев, докт. техн. наук, **А. И. Курило** (ВМИИ),
А. В. Нефедович, канд. техн. наук (1 ЦНИИ МО РФ)

УДК 629.5.01:331.101.1.007.62

Боеспособность кораблей с высокой степенью автоматизации управления боевой деятельностью, корабельными боевыми и техническими средствами (ТС) существенно зависит от эргономических характеристик автоматизированных систем управления (АСУ), организации автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов и в целом от функционального удобства выполнения специалистами на командных пунктах и боевых постах (КП и БП) предписанной деятельности. В связи с этим в практику проектирования кораблей должно быть внедрено эргономическое обеспечение проекта [1, 2].

Одним из мероприятий эргономического обеспечения проектирования кораблей, направленных в целом на повышение эффективности деятельности корабельных специалистов, является эргономическая экспертиза (ЭЭ), которая в соответствии с нормативно-техническими документами [3, 4] должна проводиться на каждой стадии проектирования с оформлением соответствующих заключений. Предметом экспертизы являются эргономические свойства образцов, отражающие разнообразие стороны взаимодействия с ним человека. Такое взаимодействие проявляется в моделях деятельности корабельных специалистов различного уровня иерархии управления, обусловленных алгоритмами решения задач и разработанным при проектировании корабля человеко-машинным интерфейсом. Под последним надо понимать интерфейс не только «операторский» («человеко-машинный», по ГОСТ), т. е. созданный в разработках корабельных АСУ контрагентами ЦКБ — проектанта корабля и реализованный на индивидуальных АРМ операторов, но и «интегрированный» интерфейс, т. е. созданный оборудованием КП и БП корабля самим его проектантом. На этом уровне существенное значение приобретает также функциональное удобство деятельности специалистов в

служебных помещениях, обеспечиваемое их технико-эстетическими характеристиками согласно архитектурно-художественному проекту.

Поэтому основные объекты ЭЭ при проектировании кораблей полагаются как бы на трех взаимосвязанных иерархических уровнях:

на уровне корабля (разработка ЦКБ-проектанта) — командные пункты и посты (центральные и местные);

на уровне АСУ и АРМ (разработка контрагентов ЦКБ — разработчиков функциональных комплексов и АСУ) — индивидуальные АРМ;

на уровне автономной системы управления отдельным агрегатом (разработка контрагентов ЦКБ и/или АСУ, поставщиков агрегатов и механизмов) — щиты, блоки управления, размещаемые вне пультов.

ЭЭ объектов двух нижних уровней должна проводиться на указанных предприятиях в период проектирования корабля с участием и представлением заключений ЦКБ-проектанту. ЭЭ объектов верхнего уровня обычно проводится в рамках экспертизы проекта корабля по обитаемости и макетной комиссии функциональных помещений корабля. В настоящей статье эти вопросы рассматриваться не будут. Полный перечень объектов экспертизы показан в таблице, в которой указан и корабельный экипаж. С момента его формирования он также становится объектом оценки (по терминологии ВМФ — объектом «психофизиологического сопровождения»), но в данной статье это направление экспертизы также не рассматривается.

Рассмотрим более подробно организационные и методические аспекты ЭЭ АСУ корабельного оружия, вооружения и техники (объектов среднего уровня вышеприведенной иерархии) на примере экспертизы опытного образца комплексной АСУ, в которой управление корабельными техническими средствами (КТС) в составе дизельной энергетической установки, электроэнергетической

системы корабля и общекорабельных систем предлагается осуществлять одним оператором в смену со специально организованного АРМ. Для организации борьбы за живучесть корабля и его ТС в АСУ организовано АРМ командира боевой части (БЧ), постоянная вахта за которым не несетя, а командир в повседневной организации является оператором первой смены за АРМ КТС.

В тактико-технических (технических) заданиях на корабельные АСУ боевой деятельностью, оружием, вооружением и ТС (в том числе входящие в состав корабельных функциональных комплексов) предусматривается обязательное включение самостоятельного раздела эргономических требований, согласно [7], по следующей номенклатуре: организация АСУ; организация деятельности операторов в АСУ; средства деятельности операторов в АСУ; организация АРМ операторов.

В данном случае организация управления всем комплексом технических средств предусматривала работу корабельных специалистов за двумя центральными пультами управления (ЦПУ) и, при необходимости, выполнение определенных действий личным составом с местных постов. Поскольку АСУ была реализована на цифровых средствах автоматизации, это нашло свое отражение в средствах деятельности операторов, размещенных на ЦПУ, в организации информационной модели объектов управления в виде системы видеокладов и в целом интерфейса «человек—машина» для взаимодействия оператора со средствами автоматизации процессов управления. Таким образом, все объекты ЭЭ применительно к АСУ данного класса (см. таблицу) фактически сконцентрировались как бы в эргономической экспертизе ее ЦПУ, а точнее, в экспертизе, реализованной разработчиком АСУ модели деятельности операторов за ЦПУ при решении типовых задач управления КТС с помощью созданного интерфейса.

К проведению ЭЭ, согласно [3], были подготовлены адаптированные к АСУ данного класса программа и методики оценки эргономических показателей. Для такого класса АСУ (систем четвертого поколения) оцениваемые при экспертизе показатели можно свести в три группы: единичные, комплексные и интегральные. К

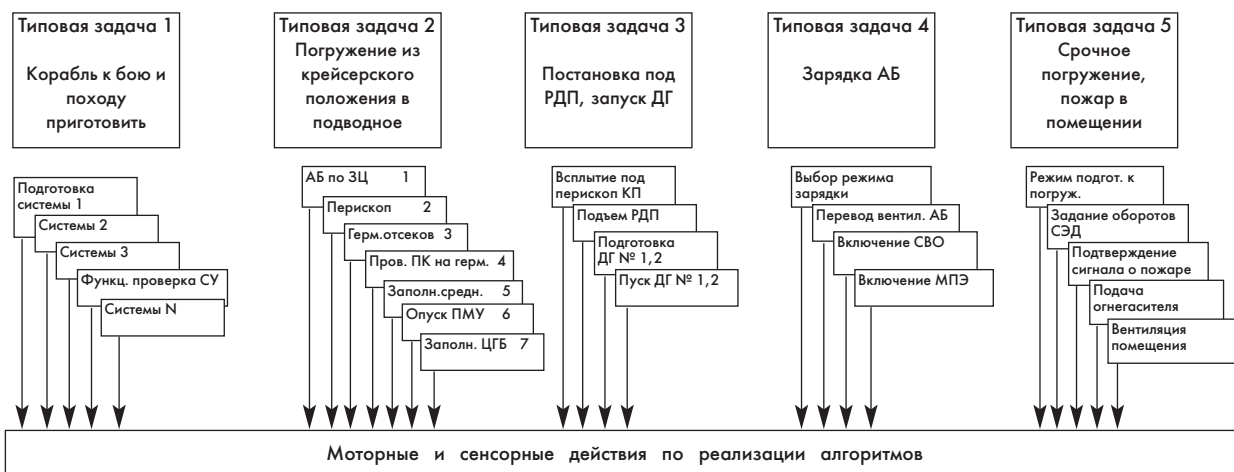


Рис. 1. Алгоритмы деятельности специалиста за ЦПУ КТС при решении типовых корабельных задач

экспертизе единичных показателей относятся, например, такие проверки, как: условные обозначения, конфигурация, размеры мнемознаков, цвета и режимы их засветки, кодирующие как сами механизмы, агрегаты и различное оборудование КТС, так и его функциональное состояние; размеры цифробуквенных знаков, символов, шрифтов; начертания линий, используемых для различных сообщений оператору; цветовая и звуковая сигнализация нормального и аномального функционирования КТС; яркость и яркостный контраст фона и изображений на экране монитора; перестановочные усилия на органах управления; защищенность средств управления от ошибочных действий оператора и т. п. К проверкам этого же уровня показателей относятся линейные и угловые характеристики самих пультовых конструкций, в которых размещаются средства отображения информации и управления, но экспертиза этих показателей, как правило, закрывается применяемым в ЦПУ типовым конструктивным набором, ранее (при его разработке) согласованным с антропометрическими характеристиками человека и особенностями размещения ЦПУ на корабле.

Главное то, что экспертиза единичных эргономических показателей АСУ фактически сводится к предварительным проверкам всего конкретного их набора на соответствие требованиям ГОСТ и нормативно-технических документов (НТД) разработчика, опять же ранее согласованных с заказчиком для этого класса АСУ. Поэтому к началу работы комиссии по ЭЭ АСУ в целом в предъявляемых материалах (лице-

вые панели ЦПУ и местных постов, видеокadres) все единичные эргономические показатели должны быть проверены и завизированы специалистами подразделений эргономического обеспечения и специалистами приемки заказчика на предприятиях с целью позволить комиссии сосредоточиться на более сложных проверках организации самой деятельности оператора за ЦПУ с помощью разработанного человеко-машинного интерфейса. Естественно, что в этих проверках также могут быть вскрыты отступления от требований НТД в единичных эргономических показателях АСУ. Однако, как показала ЭЭ АСУ КТС, такая практика отсутствует, поэтому работа представительной экспертной комиссии для проверки успешности деятельности оператора за созданным ЦПУ (проверки фактически главных «потребительских свойств» АСУ) подменяется, как правило, только проверками отдельных «кирпичиков» в обеспечение целостной деятельности. Этими проверками в основном предлагают заниматься и современные отраслевые типовые программы ЭЭ, в которых оценка единичных показателей составляет до 80% проверок.

Применительно к АСУ четвертого поколения комплексные эргономические показатели (управляемость и обслуживаемость), по нашему мнению, должны отражать соответственно:

- характеристики разработанного для оператора интерфейса «человек—машина», главными составляющими которого как объектами экспертизы являются:

в целом система видеокadres, обеспечивающая деятельность опе-

ратора при решении типовых спецификационных и прогнозируемых аварийных задач управления КТС (организация системы и ее состав);

информационно-управляющее поле для работы оператора с изображениями; средства ввода—вывода информации;

средства речевых и неречевых сообщений;

- характеристики обслуживания пультовых и неппультовых приборов, выполнения корабельными специалистами работ по устранению случайных отказов. При этом объектами экспертизы являются:

удобство доступа к приборам и их элементам (съёмно-разъёмные работы);

удобство выполнения работ по устранению отказов;

наличие и удобство размещения на рабочем месте набора инструментов для предписанных действий.

Интегральным показателем, отражающим, согласно требованиям ТЗ (ТЗ), в целом эргономические свойства АСУ, является эргономичность. Исходя из изложенного выше понимания предмета ЭЭ, эргономичность АСУ в конечном счете определяется качеством деятельности операторов за созданными разработчиком центральными пультами при решении задач управления и качеством деятельности специалистов, обслуживающих пультовые и другие приборы АСУ (т. е. по терминологии ВМФ — специалистов КИПиА).

Для оценки качества деятельности специалистов АСУ применяются различные методы: экспертной оценки, расчетные, экспериментальные. Естественно, что наиболее достовер-

ные результаты могут быть получены при использовании последних. В процессе междуведомственных испытаний опытного образца АСУ КТС экспертиза с целью оценки успешности деятельности оператора за созданным ЦПУ проводилась экспериментально, что потребовало участия в ней человека-оператора. Из-за невозможности привлечения к данным испытаниям штатных операторов ВМФ комиссия приняла решение о работе в качестве оператора за пультом управления КТС наиболее подготовленного специалиста организации-разработчика, обладающего двумя важными преимуществами: во-первых, он должен иметь статус ответственного сдатчика этой подсистемы и, во-вторых, иметь опыт операторской деятельности во время службы на ВМФ. Кроме того, непосредственно перед испытаниями он должен пройти психофизиологическое тестирование на предмет допуска к конкретному виду деятельности. Тем не менее совершенно очевидно, что к ЭЭ, направленной на оценку качества деятельности корабельного специалиста при решении задач управления, должны привлекаться специалисты ВМФ. Очевидно также, что в основу разработки информационных моделей для ЦПУ АСУ четвертого поколения (формирования главных элементов модели — информационно-управляющего поля и видеокладов) должны быть положены алгоритмы деятельности оператора при решении типовых задач управления КТС. Выполнением оператором этих же алгоритмов моделируется его деятельность в процессе ЭЭ.

Согласно НТД эргономического обеспечения алгоритмы деятельности оператора к проведению экспертизы представляет разработчик АСУ. Сложилось мнение, что для последнего это непосильный труд. Фактически же образцы вооружения и военной техники (ВВТ), в частности КТС, от поколения к поколению не создаются заново, а происходит их определенное совершенствование, в связи с чем схемы (алгоритмы) их использования при эксплуатации нового корабля остаются подобными предыдущему поколению. Поэтому практически всегда существует возможность сформировать алгоритмы деятельности операторов для типовых режимов использования корабельного вооружения и техники в спецификационных и отработываемых аварийных

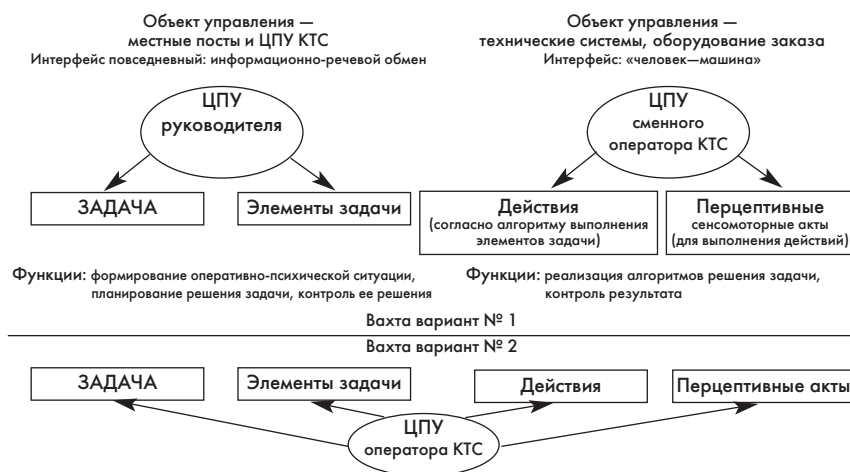


Рис. 2. Структура деятельности корабельных специалистов по управлению техническими средствами АСУ КТС.

Функции: формирование оперативно-психической модели ситуации, планирование решения задачи, реализация алгоритма решения задачи, контроль результата

задачах эксплуатации корабля. Это тем более очевидно, так как в основе компоновок СОИ и ОУ на лицевых панелях ЦПУ или построения видеокладов всегда лежит мыслительное представление деятельности человека при использовании ВВТ по прямому назначению. В эргономическом разделе пояснительной записки к материалам проекта АСУ мыслительное представление должно быть представлено на бумаге и установленным порядком согласовано с заказчиком. Следовательно, дело не в возможности разработчика АСУ сформировать при ее создании типовые алгоритмы деятельности операторов, а в неотработанной организации на предприятиях процесса эргономического обеспечения разработки образцов согласно [4, 5]. Тем более, что современные хозяйственные отношения позволяют привлечь к этому процессу опытных представителей заказчика и гарантировать легитимность сформированных алгоритмов [6].

Для реализации конечной цели ЭЭ АСУ КТС специалистами заинтересованных организаций по опыту эксплуатации заказа-прототипа был выбран и согласован состав типовых эксплуатационных и аварийных задач, по выполнению которых операторами за двумя созданными ЦПУ можно было бы судить об эргономичности данной АСУ. Для каждой из этих типовых задач последовательность решения (типичные элементы, действия и т. д.) была соотнесена с использованием оператором конкретных средств управления и контроля из разработанного для данной

АСУ интерфейса «человек—машина». Таким образом были сформированы алгоритмы деятельности корабельных специалистов и проведена подготовка непосредственно к самой ЭЭ (рис. 1). Экспериментальный метод проведения экспертизы опытного образца АСУ потребовал расширения типовой программы, которая на предприятии, как отмечалось выше, была ориентирована главным образом на экспертную оценку единичных эргономических показателей. Дополнение к программе предусматривало оценку успешности (безошибочность) выполнения предписанных для решения задач сенсорных действий оператора, общего времени выполнения задачи и сложности ее выполнения. Последняя измерялась графической сложностью зрительных маршрутов сенсорных действий оператора и субъективной (балльной) оценкой по шкале качества.

Аппаратурой и приборами для измерений являлись: взглядоотметчик, секундомер и магнитофон. Методика (типовая, применительно к проверке выполнения каждой задачи) заключалась в следующем:

оператору голосом давалась команда на начало выполнения задачи, включался секундомер, запускался взглядоотметчик;

записывался (на магнитный носитель) словесный отчет оператора о выполнении каждого сенсорного действия в последовательности решения задачи;

по окончании действий фиксировалась успешность выполнения задачи;

Перечень объектов эргономической экспертизы при проектировании кораблей		
Система эргономического обеспечения разработки (проектирования) и эксплуатации (СЭОРЭ)	Объект	
	Корабль	1. Модели деятельности экипажа 2. Командные пункты, посты управления, боевые посты (чертежи размещения оборудования); макеты помещений 3. Светоцветовые характеристики лицевых панелей ЦПУ на КП, КП ⁰ 4. Рабочая среда на рабочих местах 5. Средства защиты, спасания и борьбы за живучесть 6. Инструкции по управлению корабельными комплексами и системами
	АСУ, корабельные функциональные комплексы оружия и вооружения	1. Рабочие места операторов и специалистов 2. Информационные модели 3. Интерфейс «человек--машина» 4. Средства отображения информации и управления 5. Средства связи, оргтехники, электротехнические и светотехнические средства (при необходимости) 6. Эксплуатация документов
Корабельный экипаж	1. Психологические и психофизиологические показатели профессионально важных качеств (ПВК) операторов в процессе обучения экипажа в УЦ (формирование базы данных по личному составу — экипажу и успешности деятельности операторов) 2. Психофизиологическое сопровождение экипажа (мониторинг ПВК операторов, оценка качества деятельности) в процессе эксплуатации заказа	

выполнение задачи повторялось без словесного сопровождения (для определения чистого времени).

Оценивались также функциональные резервы оператора при выполнении задач: характеристики его функционального состояния; резервы функций внимания и оперативного мышления. Аппаратурой и приборами для измерений являлись: портативный носимый кардиограф, цифровой счетчик фиксации резервов внимания и оперативного мышления оператора. Более подробно методическая сторона таких измерений изложена в [8].

В настоящее время на кораблях организация управления ТС такова, что на ее верхнем уровне находится командир боевой части (К-БЧ), а на нижележащих — операторы, управляющие отдельными видами ТС. Деятельность К-БЧ, имея совершенно определенные цели и задачи согласно типовым расписаниям, в отличие от операторов непосредственно не связана с изменением состояния и (или) режима функционирования ТС, а направлена на оптимизацию функционирования всего корабельного комплекса ТС в обеспечение решаемых кораблем задач и борьбы за живучесть. Несение непосредственно К-БЧ в течение установленного времени посменной операторской вах-

ты и последующая необходимость его отдыха и восстановления вносит существенные изменения в требуемый руководящими документами ВМФ регламент его деятельности. Поэтому основной целью ЭЭ по вышеприведенной программе являлась оценка успешности деятельности сменного оператора ЦПУ КТС при новом варианте организации управления ТС для двух вариантов вахты: инициирование типовых задач, алгоритмов и контроль их выполнения согласно модели режимов использования корабля осуществляет К-БЧ с ЦПУ руководителя; реализацию алгоритмов и контроль результата осуществляет сменный оператор ЦПУ КТС (№ 1);

инициирование типовых задач, алгоритмов их выполнения, реализацию алгоритмов и контроль результата осуществляет сменный оператор ЦПУ КТС (№ 2).

Эргономический анализ деятельности корабельных специалистов представлен на рис. 2. Как видно, варианты принципиально отличаются друг от друга структурой деятельности человека, которая в варианте № 2 содержит все составляющие структуры: **задача** → **элементы** → **действия** → **перцептивные акты**, — в то время как в варианте №1 за сменным оператором остаются только со-

ставляющие: **действия** → **перцептивные акты**. Им соответствуют и функции человека, главные из которых — формирование оперативно-психической модели ситуации с КТС на корабле и планирование решения задачи. Совершенно ясно, что успешно реализовать эти функции может только специалист уровня подготовки К-БЧ, в то время как функции оператора им уже отработаны, как правило, ранее на операторских должностях службы. Следовательно, в целом успешной деятельность оператора по решению ранее согласованных типовых задач за ЦПУ КТС можно было ожидать, если бы в каждой смене она выполнялась специалистами уровня К-БЧ или при совместной работе за своими ЦПУ оператора КТС и К-БЧ, возлагающего на себя вышеуказанные главные функции человека при управлении. Это и было подтверждено в процессе экспертизы: более высокие показатели качества деятельности были показаны сменным оператором КТС, когда его непосредственными сенсомоторными действиями руководил К-БЧ. В первую очередь это касалось так называемых «совмещенных задач», решение которых одним сменным оператором (в варианте вахты № 2) вызывало наибольшие затруднения из-за выполнения им дополнительных функций К-БЧ, что подтверждает необходимость снижения напряженности в деятельности при работе одного сменного оператора, тем более если он не является К-БЧ. С этой целью были даны рекомендации по расширению номенклатуры режимного управления КТС с отображением информации оператору о прохождении режима в обобщенном виде, а также формированию информационной поддержки оператора при выполнении последовательности действий в алгоритмах решения задач.

К сожалению, условия экспериментальной проверки решений задач на стенде не позволили полностью смоделировать деятельность одного сменного оператора за ЦПУ КТС (из-за ограниченных имитационных возможностей стенда и возможностей привлеченного к эксперименту контингента). Результаты эксперимента позволили сделать следующие выводы:

1. Проблема ориентации в перспективе на управление с АРМ КТС

всеми ТС одним оператором в смену должна решаться как средствами автоматизации деятельности, так и организацией самой деятельности, требования к которой регламентируются НТД по эргономике [9]. Единственный оператор в каждой смене за АРМ КТС должен иметь статус и уровень подготовки К-БЧ и обладать соответствующими профессионально важными психофизиологическими качествами для такой деятельности. Для оператора такого уровня прежде всего должна быть организована информационная поддержка деятельности при решении типовых задач управления КТС в режимах эксплуатации корабля. Интерфейс оператора на рабочем месте должен обеспечивать не только его сенсорные функции, а прежде всего функции осознания ситуации в целом и планирования (подготовки) решения задач, для чего и разрабатывается информационная поддержка деятельности. В этом случае целевое назначение и реализация современного АРМ К-БЧ могут быть отображены в едином и единственном АРМ КТС.

2. Проверки показали, что напряженность в работе оператора АРМ КТС при выполнении совмещенных задач значительно снижалась, когда такие структурные элементы в действиях оператора, как осознание

ситуации и планирование решения задач брал на себя находящийся рядом на своем рабочем месте дублер К-БЧ, роль которого выполнял опытный преподаватель ВМИИ; за оператором же АРМ КТС оставались только сенсорные действия во исполнение команд на изменение функционирования систем и механизмов. В то же время «привязка» К-БЧ к каким-либо сенсорным операторским действиям по управлению системами и механизмами отвлекала его от истинно руководящих функций в деятельности. Необходимо при этом учитывать также, что основные строго определенные функциональные обязанности К-БЧ имеет в соответствии с типовыми корабельными расписаниями и они предписывают ему свободу выбора перемещения по кораблю в любое время, соотносясь с требованием использования ТС, их состоянием и функционированием.

3. Опыт проведения ЭЭ опытного образца АСУ и экспериментальная оценка деятельности операторов подтвердили результативность проверок для отладки интерфейса «человек—машина» и совершенствования организации деятельности экипажа. Вместе с тем, экспертиза остро поставила вопрос о необходимости привлечения к испытаниям в качестве экспертов-операторов на стендах разра-

ботчиков АСУ соответствующего контингента от ВМФ и использования в этой части опыта Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины Минобороны.

Литература

1. Кобзев В. В., Нефедович А. В. Эргономическое обеспечение проектирования перспективных кораблей // Судостроение. 2000. № 2.
2. Евграфов В. Г., Кобзев В. В. Эргономическое проектирование судовых систем «человек—машина—среда» // Судостроение. 1996. № 2—3.
3. Кобзев В. В., Нефедович А. В. Эргономическое обеспечение разработки автоматизированных рабочих мест корабельных операторов // Вопросы психологии и эргономики. 2002. № 4.
4. ГОСТ В29.00.002. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Эргономическое обеспечение. Основные положения.
5. ГОСТ РВ29.05.007 Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Интерфейс человек-машинный. Общие эргономические требования.
6. РД В 5.0624. Корабли и суда. Корабельные комплексы и системы управления. Порядок эргономического обеспечения проектирования.
7. ГОСТ РВ29.00.003. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения.
8. Гольтраф В. И., Кобзев В. В., Нефедович А. В., Гончарова Т. А., Лемещенко Н. А. Эргономическая экспертиза перспективных корабельных средств отображения информации и управления // Судостроение. 2003. № 1.
9. ГОСТ В29.08.003. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Эргономическая экспертиза, основные положения, программы и методики.

Газете «Корабел» — 60 лет!

Газета трудового коллектива ФГУП ПО «Северное машиностроительное предприятие» отмечает в этом году 60-летний юбилей. Первый номер газеты вышел 2 сентября 1943 г. — тогда она называлась «Молотовец». Затем заводская многотиражная газета, которая освещала многообразную жизнь коллектива, состоявшего из нескольких десятков тысяч человек, выпускалась под именем «Трибуна рабочего». А последние 11 лет ее имя — «Корабел» — известно не только на «Севмаше» и в Северодвинске, но и далеко за пределами региона. Ведь «Корабел» — это первоисточник интереснейшей информации о жизни и деятельности крупнейшего судостроительного предприятия России.

Желаем коллегам новых творческих успехов!

Журнал «Судостроение»



ЗАО «КАЛАНДР»

российский производитель искусственных материалов

**ПРЕДЛАГАЕТ
ДЛЯ ГИДРОЗАЩИТЫ
ИЗОЛЯЦИИ НА СУДАХ**

поливинилхлоридную
пластифицированную пленку

МАРКИ «Г»

толщиной 0,3 мм, шириной 1200 мм, в рулоне 40 м²

141200, Россия, Московская обл., г. Пушкино,

Кудринское шоссе, дом 6

E-mail : kalandr@slayk.ru

www.kalandr.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

А. Ф. Новиков, канд. техн. наук (1 ЦНИИ МО РФ)

УДК 629.5.048.78.25.25.29.03.27.15

При исследовании эффективности любых технических средств находят применение две постановки оптимизационной задачи. В одной из них предпочтение отдается варианту, обеспечивающему наибольшую степень соответствия целевому назначению при соблюдении ограничений на ресурсные затраты. Во второй, основанной на принципе экономии ресурсов, наиболее подходящим считается вариант, где заданная цель достигается при минимальных ресурсных затратах.

При проектировании подводных лодок обычно используется второй подход к задаче оптимизации. Это в полной мере относится и к проектированию систем регенерации воздуха.

К показателям ресурсных затрат систем регенерации воздуха относятся: масса, объем, занимаемая площадь, энергопотребление, расход вспомогательных сред, трудоемкость обслуживания в период непрерывной эксплуатации, трудоемкость межпоходового ремонта, стоимость создания системы и ее эксплуатации.

Главное требование по назначению системы — ее производительность при определенных концентрациях кислорода и диоксида углерода. К основным общекорабельным требованиям относятся требования надежности, безопасности, отсутствия влияния на живучесть корабля, на физическое, химическое поля корабля и все типовые требования, предъявляемые к корабельному оборудованию.

Требования по назначению систем регенерации воздуха и основные общекорабельные требования оговариваются в технических заданиях на разработку систем и, как показывает опыт, в полной мере выполняются.

Оценка ресурсных затрат систем регенерации воздуха может проводиться по обобщенному показателю, в основу расчета которого положен способ преобразования натуральных значений показателей ресурсных затрат в безразмерную шкалу желательности (функция желательности Харингтона).

Сравнительный анализ обобщенных показателей ресурсных затрат систем электрохимической регенерации воздуха (ЭХРВ) совмещенного типа (когда производство кислорода и поглощение диоксида углерода осуществляются в одном технологическом процессе) и систем ЭХРВ отдельного типа (производство кислорода и поглощение ди-

оксида углерода технологически разделены) с твердым (ТРП) и жидким регенерируемыми поглотителями (ЖРП) диоксида углерода для атомных подводных лодок (АПЛ) показал бесспорную предпочтительность системы ЭХРВ совмещенного типа и системы ЭХРВ отдельного типа с ЖРП. Обобщенные показатели ресурсных затрат этих систем почти вдвое меньше показателя ресурсных затрат системы ЭХРВ с ТРП.

В то же время следует иметь в виду, что ресурсные затраты на системы ЭХРВ занимают весьма незначительное место в общих ресурсных затратах АПЛ. Их массогабаритные характеристики, энергопотребление, трудоемкость обслуживания и прочие показатели составляют десятые доли процента от значений аналогичных общекорабельных характеристик, поэтому их весовые коэффициенты, как правило, не принимаются во внимание. В связи с этим на АПЛ эксплуатируются как системы ЭХРВ отдельного типа с ТРП, так и совмещенного.

На основании заключения о приемлемости для АПЛ систем ЭХРВ, отличающихся по обобщенному ресурсному показателю в два раза, можно сделать вывод о вполне допустимой технологической решенности электрохимической регенерации воздуха ПЛ по таким основным ее характеристикам, как масса, объем, занимаемая площадь, энергопотребление, весомость которых составляет 70% от обобщенного показателя.

Анализ наиболее перспективных технологий ЭХРВ показывает, что их реализация не приведет к изменению сделанного вывода.

Таким образом, основными показателями ресурсных затрат, которые становятся определяющими при выборе системы ЭХРВ для перспективных АПЛ, в настоящее время становятся стоимость, надежность и трудоемкость обслуживания.

Несколько другую картину мы наблюдаем с регенерацией воздуха на дизель-электрических ПЛ (ДЭПЛ). На них используются средства химической регенерации воздуха (ХРВ), в которых используются надперекись калия, гидроокись лития, хлорат и перхлорат натрия. Сравнительный анализ обобщенных показателей ресурсных затрат систем ЭХРВ и средств ХРВ для разных длительностей подводного плавания без учета стоимости показал, что сред-

ства ХРВ становятся конкурентоспособными даже с системами ЭХРВ с ТРП при длительности подводного плавания менее 30 сут. Определяющими при этом являются массогабаритные характеристики и занимаемая площадь.

При длительности подводного плавания 45 сут можно говорить о полуторакратном увеличении массогабаритных характеристик системы ХРВ на ДЭПЛ по сравнению с системами ЭХРВ, и, как показывает опыт проектирования, такая цена ХРВ для ДЭПЛ, отличающихся гораздо меньшим водоизмещением по сравнению с АПЛ, становится чрезмерной. Кроме того, ориентировочные расчеты стоимости разработки и эксплуатации систем ЭХРВ и средств ХРВ показыва-

ют, что средства ХРВ обходятся в 5 и более раз дороже.

Основным препятствием реализации на ДЭПЛ современных технологий регенерации воздуха, вполне приемлемых для АПЛ, является дефицит электроэнергии.

В настоящее время можно констатировать, что возможности совершенствования традиционных средств ХРВ исчерпаны и следует искать нетрадиционные пути оптимизации системы регенерации воздуха ДЭПЛ. В этом смысле представляется наиболее целесообразным использование специфики эксплуатации ДЭПЛ — несколько суток подводного плавания при остром дефиците электроэнергии и затем несколько часов зарядки аккумуляторной бата-

реи при относительной достаточности электроэнергии. При этом целесообразно направление работ по созданию регенерируемых источников или накопителей кислорода и диоксида углерода, регенерация которых с затратами электроэнергии проводилась бы при зарядке аккумуляторных батарей (пополнение запасов кислорода, регенерация поглотителя диоксида углерода). В качестве возможных путей реализации этого направления можно рассматривать использование абсорберов и определенного запаса ЖРП диоксида углерода, регенерируемого при зарядке батарей, использование селективных мембран для создания запаса кислорода, регенеративных поглотителей кислорода и т. п.

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА ТОПОЛОГИЧЕСКИ СЛАБЫХ МЕСТ В КОМПОНОВКЕ КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А. В. Ярошенко, докт. техн. наук (ВМА им. Н. Г. Кузнецова)

УДК 591.1-74:629.5

До последнего времени в конструкторских бюро при прокладке кабель-трасс учитывались три требования: минимальная длина прокладки; бифилярность прокладки силовых кабель-трасс постоянного тока; отсутствие наводок в слабых местах от сильноточных. Прокладка делалась исключительно вручную на основе личного опыта конструктора. При значительном росте количества кабель-трасс на

современных кораблях человек оказался не в состоянии проанализировать их все одновременно на предмет топологической совместимости с точки зрения живучести. При этом непреднамеренно делалось много ошибок. И только с появлением мощной вычислительной техники и соответствующего математического метода стало возможным автоматизировать контроль прокладки кабель-трасс по критерию

живучести. Для этого пришлось ввести новый термин — топологически слабое место в компоновке корабельных систем, под которым понимается такая совместная компоновка группы рядом размещенных элементов, одновременная потеря работоспособности которыми приводит к ухудшению выполнения хотя бы одной функции корабля.

Опишем метод поиска таких слабых мест.

1. На экране дисплея компьютера высвечивается план *i*-й палубы *j*-го отсека корабля (рис. 1).

2. Мышью обводится элементная площадка ΔS . Принимается, что все элементы корабельных систем, которые расположены на этой площадке, теряют свою работоспособность (см. рис. 1).

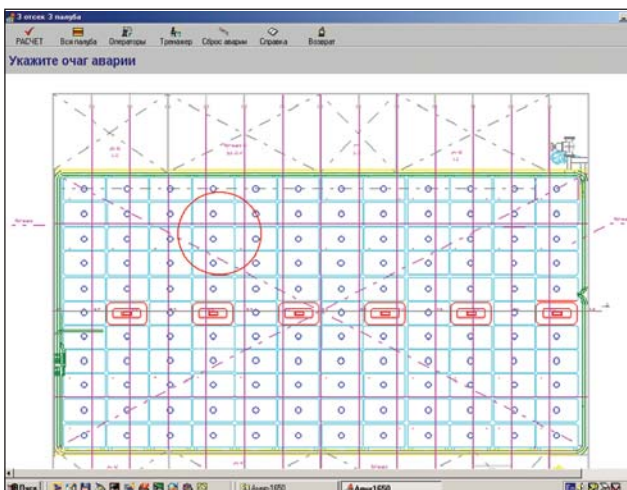


Рис. 1. План палубы

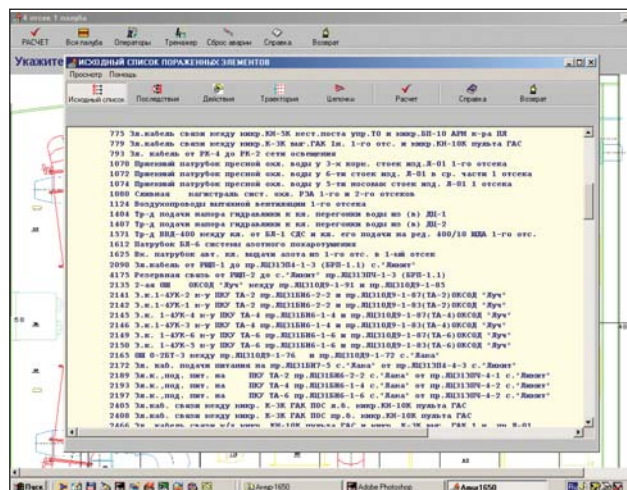


Рис. 2. Список элементов, потерявших свою работоспособность

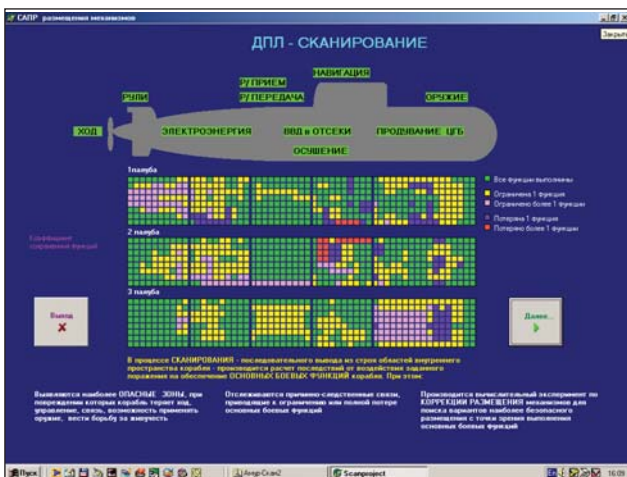


Рис. 3. Сканирование топологически слабых мест типовой дизельной ПЛ

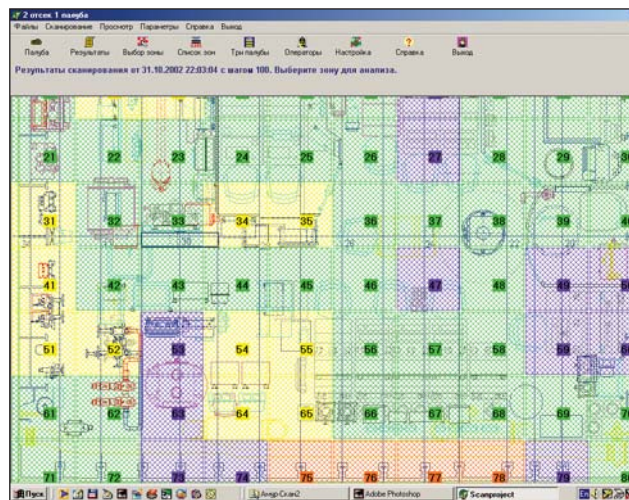


Рис. 4. Сканирование топологически слабых мест палубы дизельной ПЛ

3. Образуется вектор аварий R , который обрабатывается алгоритмом «Энергия»¹.

4. В образовавшемся решении просматривается степень выполнения всех учетных функций корабля.

Если все функции полностью выполнены, делается вывод об удачной компоновке элементов корабельных систем на этой элементарной площадке. Если же одна или несколько функций существенно ограничены или совсем потеряны, то вывод противоположный. В этом случае необходимо рассмотреть список элементов, расположенных на этой площадке ΔS (рис. 2), и принять конструкторское решение о разнесении элементов, расположение которых рядом недопустимо, т. е. выполнить перекомпоновку. Причем эта операция может касаться только трубопроводов и кабель-трасс, так как перекомпоновка более крупных элементов может нарушить весовую нагрузку.

Метод поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем при всей своей самоочевидной полезности для целей проектирования обладает одним существенным недостатком — он слишком трудоемок, поскольку от конструктора требуется одновременно знать все элементы всех корабельных систем. В действительности таких специалистов почти нет. Из этого недостатка логически вытекает задача

разработки метода автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем. Однако к этому методу, автоматизирующему ручной труд, предъявляется еще одно требование — возможность моделирования перекомпоновки элементов корабельных систем с последующей проверкой на топологически слабые места.

Визуализация результатов компоновки корабельных систем. Суть визуализации состоит в том, что по результатам имитации поражения (под таким результатом подразумевается прогноз борьбы за живучесть оружия и технических средств корабля — О и ТСК) всех элементов на элементарной площадке ΔS . Эта площадь окрашивается в определенный цвет:

- зеленый — все функции О и ТСК полностью сохранены;
- желтый — ограничена одна функция;
- сиреневый — ограничено более одной функции;
- синий — полностью потеряна одна из функций О и ТСК;
- красный — полностью потеряны более одной функции О и ТСК.

Можно принять и более тонкую классификацию результатов имитации с еще большим количеством идентифицируемых состояний и соответствующих им цветов. Такие эксперименты были проделаны (до 16 состояний и цветов), но тогда пропадал эффект контрастности, что необ-

ходимо для визуального анализа компоновки. Поэтому было решено оставить пять состояний и соответственно пять цветов (рис. 3).

Организация автоматического поиска топологически слабых мест. Именно в организации и заключается сам метод автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем. Перед его изложением дадим понятие о степени сохранения функций на примере дизельной подводной лодки (ПЛ). Из всех функций, которые обеспечивают О и ТСК, выделим десять наиболее важных: наличие запасов энергии на корабле, возможность его движения, всплытия (для ПЛ), подачи воздуха высокого давления (ВВД) в отсеки ПЛ, осушения отсеков ПЛ, управления ПЛ в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также возможность радиоприема, радиопередачи, определения своего местонахождения с помощью навигационного комплекса, применения оружия.

Каждая из этих функций обеспечивается какими-то итоговыми элементами (механизмами). Например, возможность применения оружия — шестью торпедными аппаратами, всплытия — шестью цистернами главного балласта, осушения отсеков — четырьмя насосами и т. д. При этом если для какой-то функции теряют работоспособность все ее итоговые элементы, то считается,

¹См. статьи А. В. Ярошенко «Математическое описание технологической взаимозависимости всех систем и механизмов корабля и алгоритм его практического применения» (Судостроение. 2000. № 1) и «Вопросы использования алгоритмов математического описания технологической взаимозависимости всех систем корабля» (Судостроение. 2000. № 2).

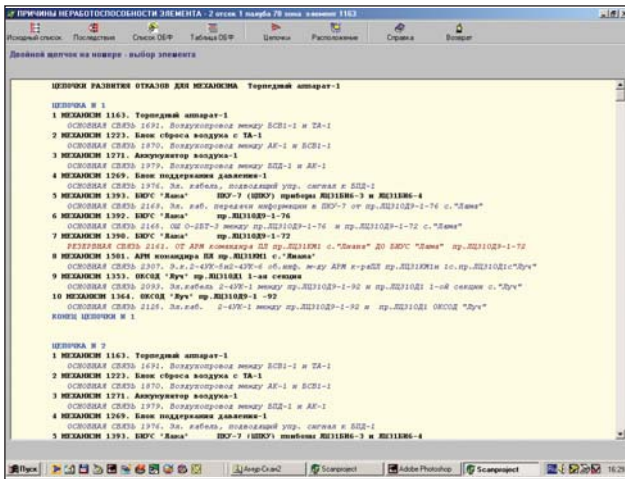


Рис. 5. Цепочки развития аварии

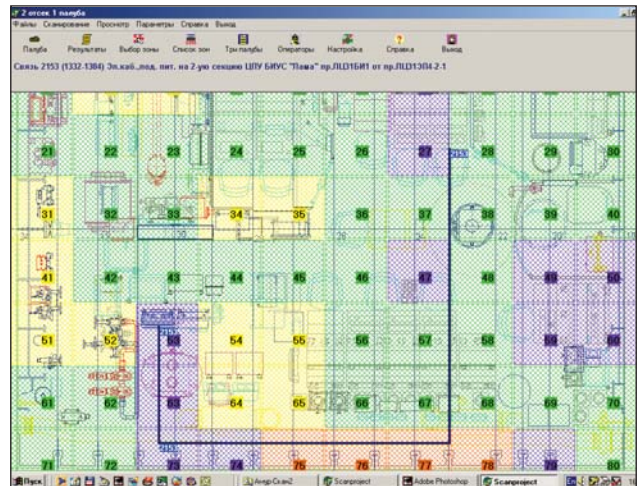


Рис. 6. Визуализация прокладки электрического кабеля

что корабль полностью лишился этой функции; если же отказала часть итоговых элементов, то можно говорить о степени сохранения этой функции. Например, если из шести торпедных аппаратов в строю остались только три, то степень сохранения функции возможности применения оружия $F_{op} = 3/6 = 0,5$. В общем виде степень сохранения функций можно записать следующим образом:

$$F_i = n_i / n_i^{\Sigma} ,$$

где n_i — число оставшихся работоспособными итоговых элементов для F_i -й функции О и ТСК; n_i^{Σ} — суммарное число итоговых элементов для F_i -й функции О и ТСК.

Обозначим степени сохранения выделенных десяти функций ПЛ: энергии корабля — $F_{эн}$; движения корабля — $F_{дв}$; всплытия ПЛ — $F_{цгб}$; подачи ВВД в отсеки ПЛ — $F_{ввд}$; осушения отсеков ПЛ — $F_{осуш}$; управления ПЛ в вертикальной и горизонтальной плоскостях — $F_{руль}$; радиоприема — $F_{р.пр.}$; радиопередачи — $F_{р.пер.}$; определения своего навигационного комплекса — $F_{нк}$; местоположение с помощью применения оружия — F_{op} .

При имитации поражения каждой элементарной площади для нее вычисляется средняя степень сохранения всех десяти функций корабля по формуле

$$F^{\Phi} = (F_{эн} + F_{дв} + F_{цгб} + F_{ввд} + F_{осуш.} + F_{р.пр.} + F_{р.пер.} + F_{нк} + F_{op}) / 10.$$

Существует также понятие средней степени сохранения всех функций корабля для данной палубы данного отсека $F_{пал}^{\Phi}$. Для этого надо просуммировать все F^{Φ} для данной палубы и поделить их на число k элементарных площадей ΔS для данной палубы:

$$F_{пал}^{cp} = \sum_{i=1}^k F_i^{\Phi} / k .$$

Для описания самого метода необходимо ввести еще одно понятие — сканирование палубы. Под ним будем понимать сразу три операции: определение F_{cp} для каждой i -й элементарной площади ΔS ; визуальное расцветчивание результатов имитации в пять цветов и само вычисление $F_{пал}^{cp}$.

Теперь опишем сам метод автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем.

1. На компьютере выполняется сканирование всех палуб корабля (см. рис. 1) и «запоминание» $F_{пал}^{cp}$.

2. На соответствующей палубе соответствующего отсека визуальным образом выбирается та площадка ΔS , где планируется улучшить компоновку расположения элементов О и ТСК (обычно эта площадка закрашена в красный цвет). К ней подводится курсор, затем производится щелчок мышью и на экране дисплея появляется выбранная палуба нужного отсека, содержащая требуемую площадку ΔS с нанесенной на ней сеткой согласно цветам сканирования палубы (рис. 4).

3. Мышью отыскивается искомая ΔS и еще раз имитируется ее поражение с образованием R и обработкой его алгоритмом «Энергия».

4. В списке последствий ищется любой итоговый элемент для какой-либо функции корабля, потерявший работоспособность. Этот элемент выделяется.

5. Определяется цепочка развития аварии (ЦРО) к выделенному элементу.

6. Во всех ЦРО отыскиваются только те элементы, которые непосредственно стоят в зоне ΔS (они окрашены в красный цвет). Один из таких элементов выбирается и помечается (рис. 5).

7. Помеченный элемент из базы данных выдается на экран дисплея (рис. 6).

8. Мышью этот элемент «подцепляется» и «отводится» (перекомпоновывается) в другое место данной палубы данного отсека.

9. Выполняется новое сканирование палубы и определяется новое $F_{пал}^{cp}$.

10. Сравниваются $F_{пал}^{cp}$ и $F_{пал}^{cp'}$. Если $F_{пал}^{cp'} > F_{пал}^{cp}$ то делается вывод об удачной перекомпоновке. Если это неравенство не соблюдается, то делается противоположный вывод.

11. Определяется, следует ли дальше улучшать компоновку элементов О и ТСК? Если «да», то возвращаемся к п. 2 метода, если «нет», то процесс заканчивается.

Таким образом, использование разработанного метода и вычислительной техники обеспечивает повышение живучести корабельных систем.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В. Н. Стаценко, докт. техн. наук, Ю. В. Якубовский, докт. техн. наук
(Морской институт Дальневосточного ГТУ)

УДК 621.187.7:662.61-634.2

Портовые города российского Дальнего Востока и ряда других регионов, расположенные на берегах морей, часто имеют сложный рельеф местности. Обычно они размещаются в закрытых бухтах или заливах, ограниченных гористыми образованиями. Поэтому в низменных местах происходит скопление газовых и аэрозольных токсичных веществ, которые выделяются различными наземными источниками и транспортом, в том числе морскими судами. К последним относятся суда портофлота, постоянно действующие на акватории порта, суда прибрежного плавания, регулярно возвращающиеся в порт, а также морские суда, стоящие на рейде или у причала. Обследования и расчеты выбросов токсичных составляющих дымовых газов только от малых судов портофлотов рыбного и торгового портов Владивостока показали, что они существенно влияют на экологическую обстановку. Так, по оксиду серы эти выбросы составили 70 т/год, по оксиду углерода — 452 т/год, по оксидам азота — 711 т/год, по углеводородам — 320 т/год, по частицам сажи — 108 т/год.

Наряду с загрязнением атмосферы в портах происходит катастрофическое загрязнение морской среды. Это является следствием пониженной циркуляции воды в закрытом водоеме, сбросов загрязненной воды от береговых источников (заводов, бытовых объектов) и использованных вод с судов (в том числе нефтесодержащих, наиболее токсичных).

Обследование различного оборудования на промысле в море на рыбообрабатывающих плавбазах типа «В. Чернышев», «Пищевая индустрия» и других (с экипажем до 300—500 чел.) показало, что накопление сточных вод на судне может достигать 150 т/сут. В порту эти накопления несравненно ниже, но их влияние на экологическую обстановку также существенно. Водная среда в портах подвержена и тепловому загрязнению, которое характеризуется сбросом в морскую воду нагретых вод, образующихся при охлаждении различного судового оборудования, главным образом дизель-генераторов, главных двигателей (ГД), а также от береговых предприятий. Эти сбросы способствуют потеплению гидро-

сферы в акватории порта, отсутствию ледяного покрова зимой, повышению влажности, общему изменению климата, что отрицательно сказывается на здоровье людей, проживающих в зоне города-порта.

В настоящее время одним из эффективных методов снижения загрязнения окружающей среды является нормирование выбросов и сбросов. Мировое сообщество, начиная с 1954 г., установило ряд требований, регламентирующих нормы сброса с судов нефтесодержащих и сточных вод, а также мусора (Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ 73/78). В 1997 г. введено еще одно приложение (Приложение VI) к этой конвенции — «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов», устанавливающие нормы и требования, направленные на предотвращение загрязнения с судов озоноразрушающими веществами, оксидами азота, оксидами серы и летучими органическими соединениями.

Особый интерес вызывают выбросы токсичных составляющих выхлопных газов судовыми энергетическими установками (ЭУ) в атмосферу. В связи с общим ухудшением чистоты атмосферного воздуха и особенно в местах интенсивного скопления судов (порты, проливы и др.) в последнее десятилетие началась разработка нормативов для токсичных выбросов в атмосферу с судов. Особенно заинтересованными оказались скандинавские государства (Финляндия, Норвегия и др.), подверженные воздействию кислотных дождей. Для судовых ЭУ нормативные документы по выбросам находятся в стадии рассмотрения различными сторонами и последующего утверждения.

Международной морской организацией (ИМО) предложено Международное соглашение по ограничению выброса с выхлопными газами судовых ГД оксидов азота (NO_x). Количественно это ограничение $C_{\text{пр}}$ определяется частотой вращения вала двигателя:

при $n < 130$ об/мин	$C_{\text{пр}} = 17 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$;
при $130 \leq n < 2000$ об/мин	$C_{\text{пр}} = 45 n^{-0,2}$;
при $n \geq 2000$ об/мин	$C_{\text{пр}} = 9,84 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

Эти ограничения на выбросы действуют только для новых судов, начавших эксплуатироваться после 2001 г. [1].

Представленные нормативы показывают, что наиболее высокие требования предъявляются к высокооборотным дизелям (рис. 1), которые имеют значительную токсичность выхлопных газов и чаще используются в качестве ГД в прибрежной зоне и портах. В качестве вспомогательных (дизель-генераторов) такие двигатели также интенсивно работают на стоянке в порту, т. е. они существенно загрязняют атмосферу и требуют большего внимания к очистке газов.

Для прибрежных территориальных вод штата Калифорния (США) разработано два региональных предложения по регулированию выбросов NO_x от судовых двигателей. Калифорнийским департаментом воздушных ресурсов (CARB) предлагается ограничить выброс NO_x до 600% (при 15%-м содержании в газах O_2) для вспомогательных двигателей и новых судов. Для существующих судов предлагается ограничение в выбросе 750% для вспомогательных двигателей и 600% для ГД (также при 15% O_2). При этом используемое топливо должно содержать сернистых соединений не более 0,05%.

Второе предложение разработано Агентством защиты окружающей среды (EPA) Калифорнии. В нем предлагается назначать плату за выброс окислов азота при заходе судов в порт Лос-Анджелеса — 10 000 дол. за 1 т NO_x . Расчет базового количества (норма) выброса в г/(кВт·ч) рассчитывается по формуле $\text{NO}_x = 64,3 n^{0,2}$. Снижение оплаты составляет 90% — за 80%-ное снижение NO_x ; 50% — за 30–80%-ное снижение NO_x .

В этом предложении нормы газовых выбросов NO_x рассчитываются по зависимости, аналогичной предложенной ИМО, но численно они выше на 42%, т. е. EPA предлагает использовать менее жесткие по сравнению с ИМО нормы (см. рис. 1).

Представленные предложения по ограничению выбросов NO_x предлагаются использовать в прибрежной зоне штата Калифорния, ограниченной расстоянием от берега 27–102 мили (рис. 2). В соответствии с ними за пределами этой зоны ГД должны работать в режиме максимальной экономичности, а в пределах зоны ограничений выбросов — в режиме низкой концентрации NO_x в выхлоп-

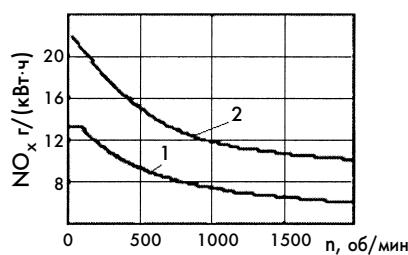


Рис. 1. Нормативы выбросов NO_x с выхлопными газами судовых дизелей, предложенные ИМО (1) и EPA (2)

ных газах. Такое нормирование способствует разработке новых методов и технологий снижения токсичности газовых выбросов.

Снизить токсичность газовых выбросов от судовых ЭУ можно с помощью следующих мероприятий: предварительная очистка топлива от соединений серы. Технически эта технология освоена, но затраты на ее осуществление в настоящее время велики. При очистке жидких топлив (мазатов) путем гидрогенизации стоимость топлива возрастает на 50–80%;

топливподготовка и регулировка режимных параметров. К этим методам для котельных установок можно отнести сжигание при малых избытках воздуха, двухступенчатое сжигание топлива, рециркуляцию газов и др. Для дизелей возможно изменение конструктивных параметров (форма камеры сгорания, усовершенствование форсунки, варьирование коэффициентом сжатия и др.), применение рециркуляции выхлопных газов, использование катализаторов и др. [2, 3]. В обоих случаях (для котлов и дизелей) эффективно применение водотопливных эмульсий [1, 4];

замена вида топлива или формы эксплуатации судовых ЭУ при входе в прибрежную зону. Топливо меняется на более легкое и содержащее меньшее количество токсичных соединений. В таком режиме работают дизели финской компании Wartsila (Vasa 20, Vasa 32 и др. [1]);

очистка выхлопных газов перед выбросом в атмосферу. Этот метод достаточно полно разработан для очистки выбросов с береговых тепловых энергетических установок. Есть методы очистки от окислов серы, азота, углерода, частиц сажи. Они могут использоваться для комплексной очистки газов, а также и для очистки от отдельных компонентов с

получением полезного продукта. Существуют также методы очистки выхлопных газов автомобилей (каталитическая очистка) и подземного большегрузного транспорта (жидкостная нейтрализация).

Как показывает опыт, создать метод очистки дымовых газов, удовлетворяющий всем требованиям, пока не удастся. В настоящее время только для очистки газов от окислов серы предложено более 200 различных методов, интенсивно разрабатываются около 10.

Все известные методы основаны на избирательной сорбции газовых компонентов различными растворами или твердыми сорбентами. По этому принципу все методы очистки разделяются на мокрые и сухие.

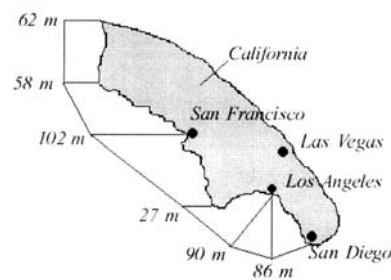


Рис. 2. Штат Калифорния (США) с прибрежной зоной, где ограничены выбросы NO_x

К простейшим мокрым методам относятся абсорбция с помощью воды, а также более емких поглотителей органического происхождения (ксилидин, диметиланилин и др.) или водных растворов неорганических веществ (щелочи, аммиачная вода, известняковая и известковая пульпа и др.). В качестве сорбентов при сухих методах очистки применяются различные марки активированных углей, полукосы, силикагели, синтетические смолы, окислы и карбонаты щелочноземельных металлов. Процесс поглощения газов происходит на поверхности твердых сорбентов и сопровождается капиллярной конденсацией и химическими реакциями (хемосорбция).

Преимущества мокрых методов очистки заключаются в их высокой эффективности, дешевизне реагентов, возможности одновременного улавливания летучей золы, относительно малых массогабаритных показателей установок. Установки сухих методов очистки имеют большие массогабаритные показатели и более высокую удельную стоимость очистки.

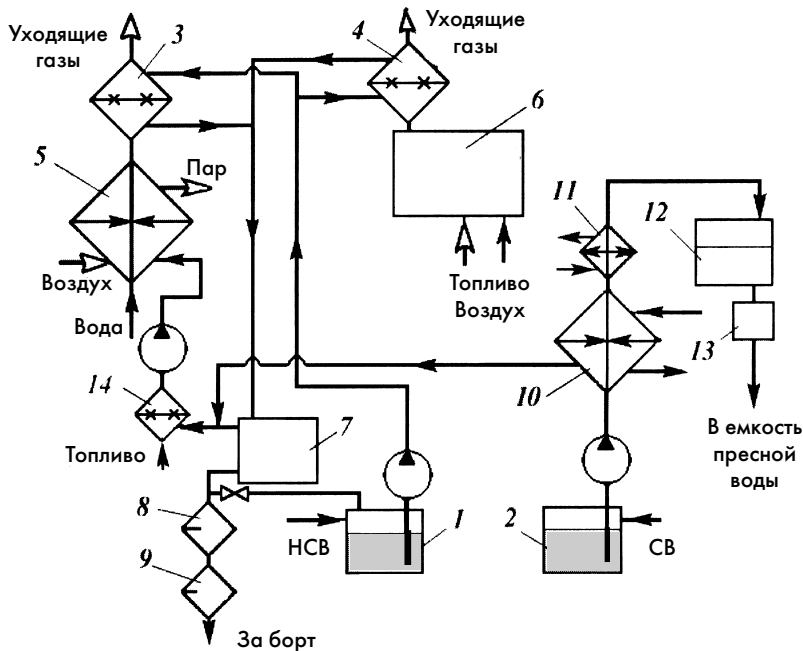


Рис. 3. Схема системы экологической безопасности судовой ЭУ

Для судовых условий с высокими требованиями к массе и габаритам установок, минимальным запасам реагентов и другим специфическим показателям наиболее оптимальными необходимо признать мокрые методы очистки выхлопных газов. Для этого имеется неограниченный объем рабочей среды — морской воды, которую после очистки и нейтрализации можно сбрасывать за борт.

Комплексный метод решения поставленной задачи позволяет одновременно эффективно снизить токсичность жидких сбросов в водную среду и газовых выбросов в атмосферу от судовых ЭУ.

В настоящее время многие суда имеют системы технической пресной воды для обеспечения различных целей (мытьё, смыв, обогрев и др.). Использование такой воды уменьшает отложения и коррозию на поверхностях трубопроводов. Применение морской воды (особенно горячей) сокращает срок эксплуатации этих систем до 2—5 лет.

Сточные воды на судах обычно имеют низкое солесодержание. Измерения в разных помещениях на плавбазе «В. Чернышев» показали, что этот показатель составляет от 1 до 5,6 г/л [5, 6] при солесодержании морской воды 35 г/л. Эти данные позволяют предложить использование метода выпаривания для концентрирования сточных вод. Низкая минерализация этой воды допускает назна-

чение повышенных параметров по давлению насыщения (до 100—150 кПа и более) и кратности упаривания (до 10—20 раз). Повышенное давление увеличивает скорость десоркции поверхностно-активных веществ, находящихся в сточной воде, а также обеспечивает ее термическое обеззараживание. За счет повышения интенсивности теплообмена уменьшаются габариты выпарной установки, рост кратности упаривания позволяет уменьшить объем продувочной воды. Аналогичные выпарные установки разработаны для береговых химических производств с целью снижения объемов стоков и получения твердого остатка.

Схема переработки сточных вод может быть следующей (рис. 3): сточные воды после механической очистки в фильтре и сепараторе отстойного типа поступают в выпарную аппарат сточных вод, где происходит их глубокое упаривание до кратности 10—20; полученная пресная вода используется в качестве технической для подпитки котла, системы охлаждения дизелей, мытьевой и смывной воды в системе трубопроводов; продувочная вода из выпарного аппарата поступает через диспергатор на смешение с топливом и затем на огневое обезвреживание в топку котла.

Льяльные, загрязненные нефтепродуктами, а также другие нефтесодержащие воды собираются в сборной емкости 1, а пресные и слабоми-

нерализованные сточные воды — в емкости 2. Из емкости 1 нефтесодержащие воды насосом направляются в жидкостные нейтрализаторы 3 и 4, предназначенные для очистки дымовых газов котла 5 и двигателя внутреннего сгорания 6. Нейтрализатор 3 с нисходящим противоточным (относительно газа) движением пленки жидкости (типа НГЖ-6) имеет небольшое гидравлическое сопротивление и не оказывает влияния на рабочий режим котла 5. Нейтрализатор 4 (типа НГЖ-2, НГЖ-3 или НГЖ-4) с восходящим и частично с нисходящим прямоточным (по отношению к газу) движением пленки жидкости [7] имеет более высокое гидравлическое сопротивление, меньшие габариты. Оба нейтрализатора обеспечивают эффективную степень очистки газов и вполне удовлетворяют требованиям и условиям работы дизеля. При необходимости минимизации габаритов и гидравлического сопротивления нейтрализатора возможно использование аппарата НГЖ-7, который устанавливается на участок горизонтального газохода.

В жидкостных нейтрализаторах дымовые газы очищаются от токсичных компонентов — оксидов углерода (CO) и азота (NO), двуокисей серы (SO₂) и азота (NO₂), а также альдегидов, частиц сажи и мельчайших капель топлива и масла. Очищенные газы через сепараторы выбрасываются в атмосферу, а загрязненная рабочая вода из нейтрализаторов 3 и 4 направляется в сепаратор рабочей воды 7.

В сепараторе 7 отстойного или флотационного типов происходит предварительная очистка воды. За счет насыщения этой воды газом, наличия в ней дисперсных частиц сажи происходит более интенсивная сепарация воды [8]. Вода после сепаратора дополнительно очищается в адсорбционном фильтре 8 и для снижения ее кислотности обрабатывается в фильтре-раскислителе 9.

В сепараторе 7 также поступает продувочная вода из выпарной установки кипящего типа 10 (с конденсатором 11), в которой концентрируются сточные воды, поступающие из сборной емкости 2. Получаемую в выпарной установке пресную воду направляют в цистерну технической пресной воды 12, из которой она поступает к потребителям через обеззараживающее устройство 13

(типа хлоратора, озонатора или бактерицидной установки).

Нефтепродукты (и шлам) после отделения в сепараторе 7 имеют повышенное (до 50–80%) влагосодержание. Обезвредить этот продукт предлагается сжиганием в виде водотопливной эмульсии в топке котла 5. Нефтеостатки и вода смешиваются с топливом в диспергаторе 14. Использование топлива в виде водотопливной эмульсии повышает качество сжигания топлива, особенно высоковязкого, и уменьшает токсичность газовых выбросов котла [4, 7].

Применение описанной комплексной схемы возможно на круп-

ных судах с развитой системой энергообеспечения и большим экипажем (плавбазы, пассажирские суда, морские добывающие платформы), но ее отдельные элементы могут применяться на судах других типов.

Литература

1. Hellen G. Emission control of medium speed diesel engines in marine applications//Proceedings International Shipbuilding Conference (ISC). Section G «Ecology and Environmental Protection», St. Petersburg, 1994.
2. Либенфорт Г. Б. Судовые двигатели и окружающая среда. Л.: Судостроение, 1979.
3. Гладков О. А., Лерман Е. Ю. Создание малотоксичных дизелей речных судов. Л.: Судостроение, 1990.
4. Стаценко В. Н., Суменков В. М., Селез-

нев Ю. С. Эффективность применения водотопливных эмульсий в судовых котлах//Судостроение. 1999. № 2.

5. Якубовский Ю. В., Стаценко В. Н., Масютин А. Г. Экологические проблемы флота на ДВ бассейне и пути их решения//Российский флот на Тихом океане: история и современность. Материалы Тихоокеанской конфер., посвященной 300-летию Российского флота (17–20 окт. 1996 г.). Вып.4. Кораблестроение. Энергетика. Судоремонт. Экология. Владивосток, 1996.

6. Ковалев О. П. Утилизация теплоты и очистка газов в контактных пленочных аппаратах. Владивосток: Дальнаука, 1997.

7. Стаценко В. Н. Совершенствование экологической безопасности СЭУ. Владивосток: ДВГТУ, 1997.

8. Statsenko V. N., Yakubovsky U. V., Tyo V. A. Reducing of Ship Energy Plant Exhaust Gases Toxicants//Paper 3-rd International Marine Engineering Conference. China, Shanghai, 1966.

УЧЕТ ФАКТОРОВ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

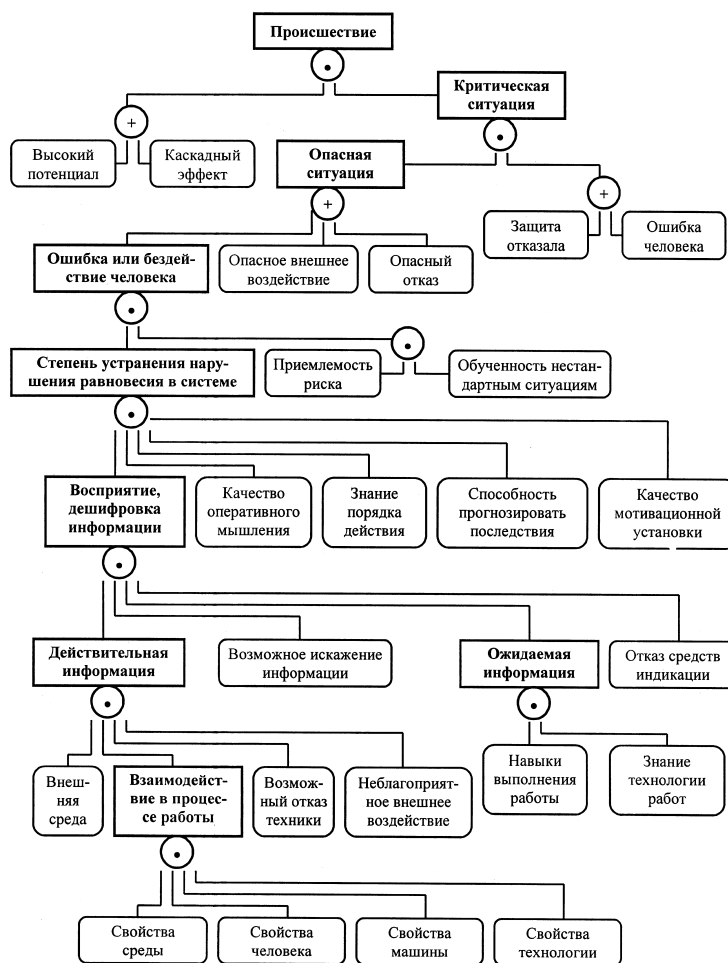
В. А. Туркин, канд. техн. наук (Новороссийская ГМА)

УДК 629.551.001.25

Для придания свойств надежности (в особенности безотказности по отношению к ответственным элементам) и эргономичности образцам и комплексам судового технологического оборудования может использоваться один из способов количественной оценки надежности — анализ их структурно-функциональных схем на предмет выявления

Важное место в предупреждении происшествий, происходящих при эксплуатации транспортных судов, принадлежит обеспечению безопасности судового оборудования, то есть созданию безотказной и эргономичной техники. Значимость данного направления повышения безопасности эксплуатации судов и предотвращения загрязнения морской среды объясняется тем, что энергия и вредные вещества, накопленные в судовом оборудовании и перевозимом грузе, представляют собой большую опасность. Поэтому своевременное, еще на стадии проектирования судна и его оборудования, акцентирование внимания на этой базисной компоненте такой человеко-машинной системы представляется оправданным и плодотворным.

В контексте данной публикации безопасность — это отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба. Такое определение приводится в руководстве Международной организации стандартизации ИСО/МЭК «Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности». В свою очередь, риск трактуется как произведение частоты появления нежелательного события (аварии) на ущерб от его реализации.



Модель развития происшествий в человеко-машинной системе

Таблица 1

Состав и характеристики учитываемых факторов опасности

Компонент	Код	Фактор опасности	Доля в общих причинах аварийности и травматизма	
Рабочая среда	C01	Комфортность рабочей среды по физико-химическим параметрам	0,028	
	C02	Качество информационной модели состояния среды	0,048	
	C03	Возможность внешних опасных воздействий	0,045	
	C04	Возможность внешних неблагоприятных воздействий	0,025	
Персонал	H01	Пригодность по физиологическим показателям	0,02	
	H02	Технологическая дисциплинированность	0,04	
	H03	Качество приема и декодирования информации	0,062	
	H04	Навыки выполнения работ	0,04	
	H05	Качество мотивационной установки	0,04	
	H06	Знание технологии работ	0,033	
	H07	Знание физической сущности процессов в системе	0,04	
	H08	Способность правильно оценивать информацию	0,043	
	H09	Качество принятия решения	0,06	
	H12	Самообладание в экстремальных ситуациях	0,056	
	H13	Обученность действиям в нештатных ситуациях	0,047	
	H14	Точность корректирующих действий	0,06	
	Оборудование	M01	Качество конструкции рабочего места оператора	0,045
		M02	Степень учета особенностей работоспособности человека	0,015
M03		Оснащенность источниками опасных и вредных факторов	0,02	
M04		Надежность вспомогательных узлов и элементов	0,03	
M05		Безотказность основных узлов и элементов	0,055	
M06		Длительность действия опасных и вредных факторов	0,007	
M07		Уровень потенциала опасных и вредных факторов	0,007	
M08		Безотказность приборов и устройств безопасности	0,026	
Технология	T01	Удобство подготовки и выполнения работ	0,02	
	T02	Удобство технического обслуживания и ремонта	0,038	
	T03	Сложность алгоритмов оператора	0,012	
	T04	Возможность появления человека в опасной зоне	0,008	
	T05	Возможность появления других незащищенных элементов в опасной зоне	0,01	
	T06	Надежность технологических средств обеспечения безопасности	0,02	

всех возможных предпосылок к происшествиям и принятие в последующем эффективных мер по предупреждению аварийности.

Один из принципиальных моментов анализа безопасности — необходимость не только качественной, но и количественной оценки степени опасности эксплуатируемого оборудования. При обосновании рациональных способов априорной количественной оценки опасности создаваемого оборудования необходимо исходить из приемлемости (по этическим и экономическим соображениям) проведения специальных испытаний на возможность возникновения происшествий и связанного с ними ущерба. В этих условиях наиболее подходящим способом определения вероятности их возникновения является метод имитационного моделирования с использованием логико-лингвистической модели процесса возникновения происшествий [1] (рисунк).

Функционирование имитационной модели основано на том, что возникновение происшествий является следствием развития причинной цепи предпосылок, инициаторами и составными частями которой являются ошибочные действия или бездействие работников, неполадки и отказы технологического оборудования, а также нерасчетные воздействия на них внешних факторов.

С целью выявления причин, обуславливающих ошибки персонала при эксплуатации опасных производственных объектов и приводящих к возникновению аварий и травматизма, в работе [2] были

проанализированы хранящиеся в Ростехнадзоре России акты технического расследования причин аварий и происшествий, оперативные сообщения об авариях, формы их учета. Анализ статистических данных за период с начала 1980-х до середины 1990-х годов позволил выявить основные причины аварий (ошибки персонала, отказы оборудования и нерасчетные внешние воздействия со стороны рабочей и внешней среды), которые при возникновении происшествий обычно выстраиваются в причинную цепь предпосылок. Анализ показал, что, несмотря на некоторые процентные колебания вкладов различных причин в общую картину аварийности, в целом порядок этих величин сохраняется даже при рассмотрении опасных производственных объектов различных типов.

В рамках рассматриваемой человеко-машинной системы и согласно статистическим данным об общих причинах аварийности для имитационного моделирования принимались в рассмотрение только наиболее существенные причины, разделенные на четыре группы по компонентам системы: факторы влияния условий рабочей среды, безопасности оборудования, уровня используемой технологии и факторы человека-оператора (табл. 1). Каждый из представленных факторов оценивается с учетом ряда составляющих. Так, например, значение фактора «Качество мотивационной установки» определяется такими составляющими, как ответственность оператора, его морально-волевые качества, влияние коллектива, боязнь потерять работу, размер заработной платы. Аналогично оцениваются и все другие факторы.

С целью формализации исходных данных используется балльная система оценок факторов, опирающаяся на универсальную лингвистическую, но выраженную в числовом виде, что позволяет унифицировать как качественные, так и количественные исходные данные:

Лингвистическая шкала оценок	Числовое значение
Низкое	-1,0
Ниже среднего	-0,667
Среднее	-0,333
Выше среднего	0
Хорошее	0,333
Очень хорошее	0,667
Высокое	1,0

В общем виде решение рассматриваемой задачи с использованием описанной имитационной модели сводится к нахождению функциональной зависимости между оценками факторов опасности и вероятностью возникновения происшествия в человеко-машинной системе, т. е.:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_{30}), \quad (1)$$

где x_1, x_2, \dots, x_{30} — формализованные оценки факторов опасности.

Исходя из задачи данного исследования, при моделировании варьировались значения только восьми факторов, характеризующих степень безопасности используемого оборудования (табл. 2).

Явный вид зависимости (1) определялся с применением методов планирования эксперимента, достаточно подробно описанных в работе [3]. Каждый из факторов варьировался на двух уровнях: «+1» — высокое значение фактора; «-1» — низкое значение фактора.

При наличии восьми факторов число опытов в полном факторном эксперименте будет равно $N = 2^8 = 256$. С целью сокращения количества опытов был реализован дробный факторный эксперимент, матрица планирования которого строилась на полном факторном эксперименте $N = 2^5$. Реализация такого плана потребовала проведения 32 экспериментов.

На основании полученных результатов были рассчитаны значения коэффициентов при факторах в уравнении регрессии. После оценки по критерию Стьюдента значимости всех коэффициентов и отбрасывания незначимых уравнение регрессии приобрело следующий вид:

$$\begin{aligned} \tilde{y} = & 1,73 \cdot 10^{-4} - 4,37 \cdot 10^{-5} x_1 - 1,60 \cdot 10^{-5} x_2 - \\ & - 6,95 \cdot 10^{-5} x_3 - 4,26 \cdot 10^{-5} x_4 - 4,26 \cdot 10^{-5} x_5 - \\ & - 1,59 \cdot 10^{-5} x_6 - 3,38 \cdot 10^{-5} x_7 - 4,03 \cdot 10^{-5} x_8 + \\ & + 6,2 \cdot 10^{-6} x_1 x_2 + 1,63 \cdot 10^{-5} x_1 x_3 + 1,02 \cdot 10^{-5} x_1 x_4 + \\ & + 7,3 \cdot 10^{-6} x_1 x_5 + 4,8 \cdot 10^{-6} x_2 x_3 + 1,68 \cdot 10^{-5} x_3 x_4 + (2) \\ & + 1,65 \cdot 10^{-5} x_3 x_5 + 7,9 \cdot 10^{-6} x_4 x_5 - 3,8 \cdot 10^{-6} x_1 x_2 x_3 - \\ & - 6,2 \cdot 10^{-6} x_1 x_2 x_4 - 3,5 \cdot 10^{-6} x_1 x_2 x_5 + \\ & + 3,6 \cdot 10^{-6} x_1 x_4 x_5 + 7,1 \cdot 10^{-6} x_2 x_3 x_4 + \\ & + 7,8 \cdot 10^{-6} x_2 x_3 x_5 + 1,32 \cdot 10^{-5} x_2 x_4 x_5 + \\ & + 1,07 \cdot 10^{-5} x_1 x_2 x_3 x_4 + 8,6 \cdot 10^{-6} x_1 x_2 x_3 x_5 + \\ & + 1,58 \cdot 10^{-5} x_1 x_2 x_4 x_5, \end{aligned}$$

где x_1 — фактор M03 (см. табл. 1, 3); x_2 — фактор M06; x_3 — фактор M01; x_4 — фактор M02; x_5 — фактор M05; x_6 — фактор M07; x_7 — фактор M08; x_8 — фактор M04.

Таблица 2

Характеристика и значимость факторов безопасности оборудования		
Фактор опасности (код)	Составляющая фактора	Значимость для данного фактора
Качество конструкции рабочего места (M01)	Физическая динамическая нагрузка	0,15
	Масса вручную поднимаемого и перемещаемого груза	0,15
	Статическая нагрузка	0,15
	Рабочая поза	0,15
	Наклоны корпуса	0,15
	Перемещение в пространстве (технологические переходы)	0,15
	Стереотипные движения	0,1
Степень учета особенностей работоспособности человека (M02)	Учет возможных психофизиологических состояний человека	0,35
	Врабатываемость оборудования	0,35
	Защита от возможных неадекватных действий человека	0,3
Оснащенность источниками опасных и вредных факторов (M03)	Общее количество источников опасности (электроэнергия, механическая энергия, сжатый воздух и др.)	0,4
	Летальность энергоисточников	0,3
	Разрушающий потенциал энергоисточников	0,3
Надежность вспомогательных узлов и элементов (M04)	Надежность вспомогательных неотвечественных элементов установки, отказ которых не может явиться непосредственной причиной происшествия	1,0
Безотказность основных узлов и элементов (M05)	Надежность основных элементов конструкции установки, отказ которых может в определенных условиях привести к происшествию (в том числе КИП, средства сигнализации и защиты)	1,0
Длительность действия опасных и вредных факторов (M06)	Скорость срабатывания средств противопожарной защиты	0,3
	Скорость и надежность локализации возгораний	0,4
	Надежность средств индивидуальной защиты	0,3
Уровень потенциала опасных и вредных факторов (M07)	Объем запасов топлива	0,4
	Класс опасности горючих материалов	0,3
	Рабочее напряжение электроустановок	0,1
	Рабочее давление сжатых газов	0,1
Безотказность приборов и устройств безопасности (M08)	Механическая энергия установок	0,1
	Надежность приборов и устройств безопасности установки, отказ которых является непосредственной причиной возникновения происшествий (предохранительные клапаны, автоматические отключатели и др.)	1,0

В качестве примера использования выражения (2) рассмотрим следующую ситуацию. Примем, что значения всех факторов безопасности спроектированной судовой энергетической установки первоначально были оценены экспертами в данной области значением «выше среднего», т. е. числовые значения всех факторов были равны 0. Тогда из выражения (2) получим, что вероятность происшествия для данной установки за время несения одной вахты (4 ч) будет равна $1,73 \cdot 10^{-4}$.

Пусть после выполненной доработки приборов и устройств безопасности значение фактора M08 (x_7) было оценено экспертами как «высокое», что соответствует числовому значению фактора 1,0. После подстановки значения $x_7 = 1,0$ (значения остальных факторов ос-

тались равными 0) в зависимость (2) получим, что вероятность возникновения происшествия стала равной $1,33 \cdot 10^{-4}$, т. е. существенно снизилась.

Таким образом, используя выражение (2) можно уже на стадии проектирования судового оборудования количественно оценить вероятность возникновения происшествий в процессе его эксплуатации.

Литература

1. Гражданкин А. И., Белов П. Г. Экспертная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2000. № 11.
2. Белов П. Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. М.: ГНПП «Безопасность», МИБ СТС, 1996.
3. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1978.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА МОРСКИХ СУДАХ И СООРУЖЕНИЯХ

Р. А. Иванов, докт. техн. наук, В. В. Тимофеев, В. Н. Шитков,
канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 629.5.03-843.8

В последнее время в мире резко увеличилось применение газотурбинных установок (ГТУ). По суммарной мощности применяемых ГТУ, например, в электроэнергетике они опередили котлотурбинную и оставили далеко позади гидро- и атомную энергетику.

По данным журнала «Diesel and Gas Turbine Worldwide» [1], наряду с традиционно доминирующими в судостроении и малой энергетике дизельными установками, ГТУ развиваются ускоренными темпами. Общее количество ежегодно вводимых в мире ГТУ возросло с 754 ед. в 1997 г. до 1357 ед. в 2001 г. Доля ГТУ мощностью до 20 МВт в общем объеме поставок составила 331 ед. из 1357 ед., в том числе 122 ед. мощностью 1–2 МВт.

За рубежом резко возрос интерес к использованию ГТУ на судах, в основном быстроходных. Создание, прежде всего в США и Великобритании, широкого спектра газотурбинных двигателей (ГТД) морского (судового и корабельного) назначения, имеющих не только малую массу и габариты, но и высокую экономичность и хорошие показатели надежности, позволяет судовым ГТУ успешно конкурировать с дизельными установками.

Мировой опыт эксплуатации судов с ГТУ показал, что эти установки более эффективны по сравнению с дизельными и паротурбинными на быстроходных (со скоростью хода более 20–25 уз) судах водоизмещающего типа, а также на судах с динамическими принципами поддержания с большой энерговооруженностью — до 20–40 кВт на 1 т водоизмещения против 1–2 кВт на 1 т у традиционных водоизмещающих судов с относительно небольшими скоростями движения.

Скоростное судоходство усиленно начало развиваться с 90-х годов XX века, когда каждый последующий год в мире входило в строй в

среднем около 25 больших пассажирских и около 60 грузопассажирских судов с высокой скоростью хода. Развитие пассажирского морского скоростного судоходства больше всего затронуло Азию (Китай, Филиппины и др.), США, средиземноморские страны. Пассажирско-грузовое сообщение успешнее всего развивалось в Европе (Скандинавия, Великобритания, Италия).

Как революционный шаг в развитии круизных лайнеров, традиционно оснащенных дизельными или дизель-электрическими установками, расценивается решение компании Royal Caribbean Cruises Ltd об использовании на серии круизных лайнеров большого водоизмещения комбинированных газотурбинных установок типа COGES (ГТУ с утилизацией тепла и электродвижением). При этом на каждое судно устанавливается по три винторулевые колонки типа Azipod мощностью по 14 МВт каждая [1].

ГТУ с утилизацией тепла отработавших газов начали применяться и в составе энергетических установок. Пионером внедрения таких установок на шельфе Северного моря стала Норвегия.

Фирма Rolls-Royce по контракту с фирмой Fast Ship должна была поставить ГТД в морском исполнении для энергетической установки скоростного трансатлантического контейнеровоза. На 262-метровом многокорпусном судне планировалось разместить 1400 стандартных контейнеров (TEU) и обеспечить их доставку «от двери до двери» за 7 сут. ГТУ этого судна состоит из пяти ГТД типа «Trent», использующих в качестве приводов водометные движители фирмы КаМеВа, которые должны обеспечить скорость хода 36–40 уз. Мощность каждого ГТД составляет 50 МВт [1].

Приведенные факты позволяют уверенно заявить, что за судовой газотурбинной энергетикой — буду-

щее не только военного, но и гражданского флота.

К сожалению, после распада СССР Россия осталась без газотурбинных судов и без базы морского газотурбостроения. Приходится констатировать, что в связи с хроническим недофинансированием промышленности база морского газотурбостроения в стране, несмотря на ряд принятых решений, за прошедшие 10 лет так и не создана, а российские судостроители, не сумев или не захотев привлечь заказчиков и инвесторов, не построили ни одного энергоемкого судна с газотурбинной установкой. Видимо, следует учесть, что в России очень велика степень риска вложений в ее экономику. По оценке международных специалистов [2], учитывающих политические, экономические, технологические и бизнес-риски, риск инвестиций в России составляет сегодня 79% (для сравнения: в Пакистане — 77%, в Китае — 43%). Между тем только первоочередные потребности отечественного транспортного флота по всей номенклатуре на период до 2010 г. составляют более 3500 судов, включая и те, которые можно и нужно оснащать газотурбинной энергетикой: танкеры, линейные контейнеровозы, паромы, плавучие электростанции и т. д. [3].

С учетом внедрения «двойных» технологий, перспективные потребности российского рынка в морских ГТД могут быть практически полностью удовлетворены ГТД двух типоразмеров: 18–22 МВт и 7–11 МВт.

Максимальная ориентировочная потребность в судовых ГТД типоразмера 18–22 МВт на период до 2010 г., исходя из сложившегося на сегодня распределения заказов, при условии достаточного финансирования может составить:

судовые ГТД — 8–10 ед. в год (исходя из строительства до четырех—пяти энергоемких судов с ГТУ в год);

ГТД морских сооружений (буровые и добывающие платформы с газотурбинной энергетикой) — 10–12 ед. в год (исходя из строительства платформ на трех судостроительных заводах — в Выборге, Северодвинске и Астрахани — по 1 ед. в год);

ГТД для плавучих электростанций (ПЭС) — 4–6 ед. в год (по данным АООТ «Передвижная энергетика»).

Таким образом, требуемый максимальный ежегодный объем произ-

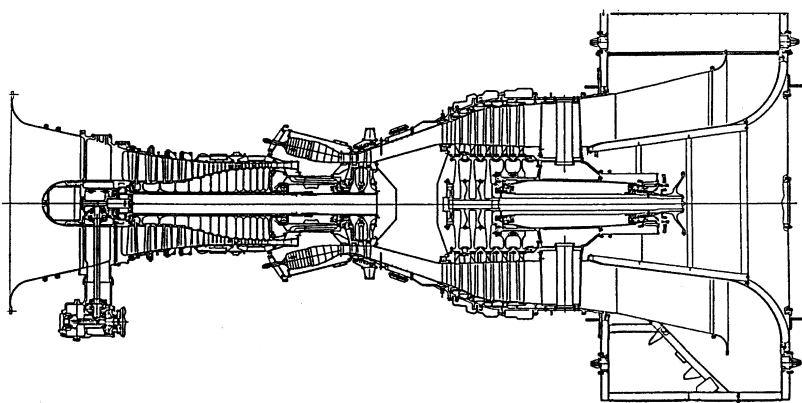


Рис. 1. Продольный разрез газотурбинного двигателя ГТД-20ПМ Пермского ОАО «Авиадвигатель»

водства морских ГТД мощностью 18–22 МВт может в ближайшее десятилетие составить до 20–30 двигателей в год (без учета интересов ВМФ России).

Кроме того, 20–25 двигателей в год может составить потребность в конвертированных судовых ГТД для передвижных (на железнодорожном и автомобильном ходу) и транспортельных электростанций, а также газоперекачивающих агрегатов.

Общий максимальный объем производства морских ГТД мощностью 18–22 МВт может достичь в итоге 40–60 двигателей в год.

Максимальная потребность в ГТД мощностью 7–11 МВт в 1,5–2 раза меньше.

Для скоростного катеростроения могут быть востребованы и ГТД малых мощностей — от 1 до 3–4 МВт (например, типа производимых ГУП «Завод им. В. Я. Климова»).

Из широкого спектра конвертированных ГТД, предлагаемых для морского использования отечественными авиадвигательными фирмами, наибольший интерес представляют ГТД разработки Пермского ОАО «Авиадвигатель»: ГТД-20ПМ в классе мощностей 18–22 МВт и ГТД-7ПМ или ГТД-10ПМ в классе мощностей 7–11 МВт.

Наибольшее продвижение в настоящее время имеют работы по ГТД-20ПМ (рис. 1). Двигатель создается на базе промышленного ГТД ГТУ-16П (авиационный прототип — турбореактивный двигатель ПС-90) мощностью 16 МВт, головные образцы которого находятся в эксплуатации и уже наработали многие тысячи часов.

ГТД-7ПМ предлагается создать на базе промышленного серийно выпускаемого ГТД ГТУ-12П максимальной мощностью 12 МВт.

ГТД-10ПМ является модификацией ГТД-7ПМ с повышенной мощностью и улучшенной экономичностью. Этот ГТД будет наиболее оптимальным по параметрам.

При создании двигателей, по мнению авторов, возможна и целесообразна кооперация ОАО «Авиадвигатель» и ОАО «Сатурн» (бывший ОАО «Рыбинские моторы»), особенно с учетом возможного освоения последним серийного производства авиационного прототипа ГТУ-12П, 16П и 25П — ТРДД ПС-90А. При объединении усилий этих предприятий и достаточном финансировании морские двигатели могут быть созданы за 4–5 лет, при этом стоимость отечественных серийных изделий (в расчете на единицу мощности) окажется в 1,5–2,5 раза ниже зарубежных (150–200 дол./кВт против 300–400 дол./кВт).

Основная техническая проблема, которую необходимо решить при создании морских ГТД на базе авиационных прототипов, — это замена авиационных лопаточных материалов сплавами, специально созданными для морских ГТД, стойкими к высокотемпературной сульфидно-оксидной коррозии.

Эксплуатация морских ГТД сопровождается попаданием в проточную часть компрессоров и турбин с воздухом и топливом солей морской воды, вызывает коррозию и изменения характеристик ГТД и его элементов (рис. 2). В результате турбины постоянно работают в коррозион-

но опасных условиях, что требует повышенного легирования лопаточных материалов хромом в количестве до 15–20% и одновременно ведет к снижению предела длительной прочности (у современных лопаточных материалов для морских ГТД предел длительной прочности в 1,3–1,7 раза ниже, чем у авиационных лопаточных сплавов).

Использование защитных покрытий Co—Cr—Al—Y—ZrO₂ и их модификаций позволяет защитить от коррозии основной металл, но это покрытие имеет ограниченный ресурс. Компромисс может быть найден путем решения следующих задач:

улучшение коррозионных свойств материалов при сохранении их жаропрочности, например, путем внедрения монокристаллических материалов;

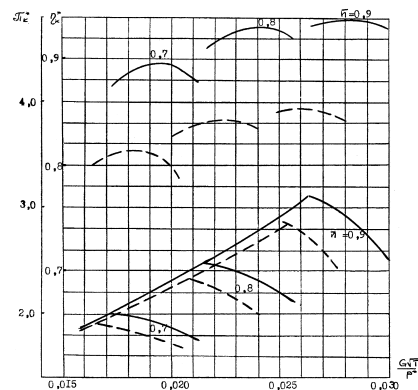


Рис. 2. Изменение характеристик компрессора ГТД при солевом заносе его проточной части (обобщены данные по 12 компрессорам с расходом воздуха от 6 до 80 кг/с и степенью повышения давления от 2 до 7,5):

— чистая проточная часть;
- - - загрязненная проточная часть

отработка защитных покрытий с повышенным ресурсом и технологии их восстановления на лопатках при ремонтах двигателей;

определение требований, лимитирующих содержание в рабочем газе коррозионноопасных примесей; отработка высокоэффективных средств очистки воздуха и топлива; создание и практическое внедрение керамических материалов (в первую очередь для сопловых лопаток)*.

Несмотря на финансовые трудности, специалистами ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова за последнее время выполнен ряд работ в об-

* См. журнал «Судостроение». 2003. № 3. С. 28–31 (прим. ред.).

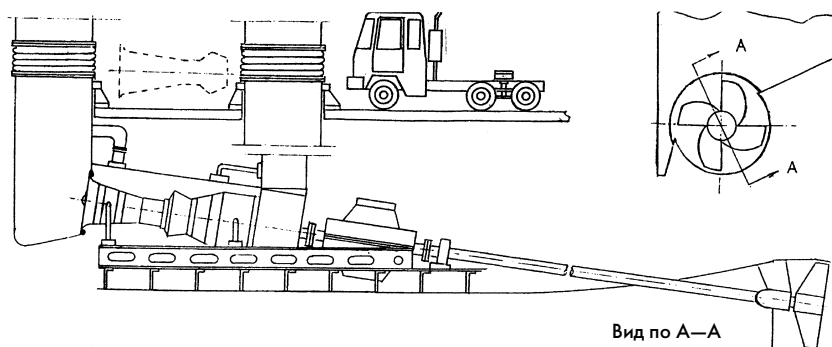


Рис. 3. Схема компоновки ГТУ на судне-пароме сегового типа на базе ГТД мощностью 20 МВт

ласти обеспечения эксплуатации ГТД в морских условиях и разработаны новые ГТУ. В частности, проведены эксперименты и разработаны предложения по конвертации ГТД завода им. В. Я. Климova для применения его на быстроходном катере. Выполнены проработки сеговых паромов на воздушной подушке с ГТД нового поколения и вентилируемыми осевыми водометами разработки специалистов института (рис. 3) [4–5].

Разработаны предложения и выполнены проработки ПЭС для использования их в отдаленных районах России.

Опыт показал, что в северных и северо-восточных районах России продолжительность строительства достаточно крупных стационарных электростанций составляет 5–7 лет, в то время как срок постройки и доставки в район эксплуатации ПЭС — не более 1,2–2,5 лет. Внедрение ПЭС позволяет значительно ускорить строительство и выпуск продукции промышленными и горнодобывающими предприятиями отдаленных районов, так как ПЭС могут быть построены «под ключ» на специализированных заводах в обжитых районах страны. Кроме того, можно отметить следующие преимущества ПЭС:

плавучие электростанции более охотно финансируются, чем большинство стационарных электростанций (благодаря более низкому риску и меньшему времени оборота кредита);

ПЭС могут быть быстро передислоцированы;

возможно поэтапное развертывание, например, первоначально ПЭС работает по простому циклу, а по мере поставок оборудования переходит к работе по комбинированному циклу;

на ПЭС достаточно легко обеспечить высокий уровень утилизации отходящего тепла и низкий уровень эмиссии вредных выбросов.

Высокая надежность, хорошие массогабаритные и экологические показатели, возможность работы на различных видах топлива, достаточно высокая экономичность современных ГТД позволяют использовать их для ПЭС. Первая отечественная газотурбинная ПЭС мощностью 20 МВт «Северное сияние-01» была построена на Тюменском судостроительном заводе в 1969 г. и в 1970 г. введена в действие в поселке Черском (устье Колымы). В установках этих ПЭС применялись котлы-утилизаторы, вырабатывавшие пар для нужд теплофикации. Всего построено шесть ПЭС типа «Северное сияние».

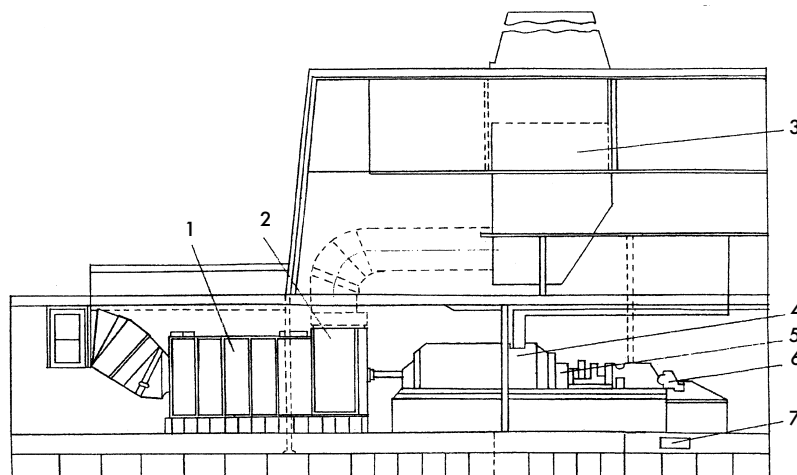


Рис. 4. Компоновка ГТУ мощностью 40 МВт на ПЭС (продольный разрез):

1 — ГТД; 2 — газопровод; 3 — утилизационный котел; 4 — электрогенератор; 5 — возбудитель; 6 — выносной блок агрегатов ГТД; 7 — циркуляционная масляная цистерна электрогенератора

Сопоставление приведенных затрат (на киловатт-час вырабатываемой энергии) на создание объектов энергетики, выполненное Минэнер-

го [6] (для газотурбинных ПЭС «Северное сияние» приведенные затраты приняты за 1), показывает существенную выгоду при внедрении газотурбинных ПЭС: плавучая электростанция — 1,0; Якутская стационарная газотурбинная электростанция — 1,122; Билибинская атомная электростанция (АЭС) — 1,841.

В настоящее время институтом разработано техническое предложение по созданию газотурбинной ПЭС мощностью 40 МВт на базе современных конвертированных ГТД, созданных Пермским ОАО «Авиадвигатель» (рис. 4). Мощность одного блока составляет 20 МВт, который также может быть использован автономно при создании ПЭС на эту мощность. В качестве привода генераторов используется ГТД типа 20ПМ. Утилизационный котел производит пар в количестве 25 т/ч при температуре 450 °С и давлении 1,2 МПа. Производимый пар используется для теплофикационных нужд.

Для применения ГТД на морских нефтегазопромысловых платформах необходимо решить те же проблемы, связанные с конвертацией двигателей. Российский шельф в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока с богатыми нефтегазовыми месторождениями отличается суровыми климатическими условиями. Условия работы и основные требования к энергетическим установкам морской

платформы во многом сходны с таковыми для судовых и корабельных ЭУ: работа на воздухе, содержащем соли морской воды; частая смена на-

грузок; большая агрегатная мощность приводных двигателей; высокие экономичность и надежность; возможность модульно-агрегатного ремонта; необходимость размещения энергетического оборудования в ограниченных габаритах машинных отделений.

Условия эксплуатации оборудования на морских платформах обуславливают и специфические требования к энергетическим установкам, из которых наиболее существенны: работа в условиях импульсного характера нагрузок во время бурения скважин; обеспечение возможности работы на сырой нефти, добываемой данной платформой; большие периоды непрерывной работы и среднегодовые наработки.

Требования к газотурбинным установкам морских платформ были разработаны специалистами ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова на базе обобщения опыта отечественно-

го и зарубежного морского газотурбостроения и собственной практики обеспечения надежной работы ГТД в морских условиях эксплуатации и согласованы с Российским Морским Регистром Судостроения [7].

Таким образом, промышленность России в состоянии поставлять судостроению, нефтегазодобывающей и электроэнергетической промышленности необходимое газотурбинное энергетическое оборудование в морском исполнении при выделении необходимого финансирования на опытно-конструкторские работы по конвертированию и доработке ГТД. Реализация результатов этих ОКР позволит сэкономить значительные валютные средства, затрачиваемые на приобретение подобного оборудования за рубежом, учитывая, что стоимость отечественного газотурбинного оборудования (на единицу мощности), как указано выше, в 1,5–2,5 ниже зарубежной.

Литература

1. Diesel & Gas Turbine Worldwide. 1998. July-August; 2001. October.
2. Автомобильные известия. 2002. № 4.
3. Логачев С. И., Николаев В. А. Рынок скоростных судов//Сб. тезисов докладов V международной конференции по судостроению, судостроительству, деятельности портов и освоению океана и шельфа «Нева-99», 1999.
4. Душин Ю. К., Наринян М. Л., Тимофеев В. В. Состояние и перспективы корабельного газотурбостроения в России//Труды ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. Вып. 9(293). СПб., 2000.
5. Иванов Р. А., Тимофеев В. В., Шитков В. Н. Применение газотурбинных установок на морских судах и сооружениях — проблемы и перспективы//Сб. тезисов VI международной конференции по судостроению, судостроительству, оборудованию морских платформ и обеспечивающих их работу плавсредств, морской технике для освоения океана и шельфа «Нева 2001», 2001.
6. Моргулев Г. А., Мальцев М. М. Газотурбинная плавучая электростанция «Северное сияние». М.: Информэнерго, 1974.
7. Гартвиг В. В., Алексеев В. Л., Арсеньев Ю. Н., Наринян М. Л., Тимофеев В. В. Обеспечение энергетикой морских платформ для добычи нефти и газа на континентальном шельфе России//Сб. рефератов докладов на III международной конференции «Освоение шельфа арктических морей России», 1997.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ НЕФТЕВОДЯНЫХ СМЕСЕЙ В КОАЛЕСЦЕНТНОЙ СТУПЕНИ ОЧИСТКИ НА ОСНОВЕ ЗЕРНИСТОЙ ЗАГРУЗКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Г. И. Тихомиров, канд. техн. наук (Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского)

УДК 628.3-032.32

Все морские суда оборудованы достаточно эффективными техническими средствами для очистки от нефтепродуктов (НП), конденсатов отработавшего пара и льяльной воды машинных отделений.

Качество очистки питательной воды для судового энергетического оборудования регламентируется правилами его технической эксплуатации, а фильтрующее оборудование (ФО) для предотвращения загрязнения моря сточными нефтесодержащими водами (СНВ) подвергается периодическим освидетельствованиям Российского Морского Регистра Судостроения (далее в тексте Регистра) на предмет соответствия требованиям Резолюции ИМО МЕРС 60 (33).

На морском транспорте для очистки технической воды от НП используют различные сорбенты, а для СНВ — нефтеводные сепарационные установки отстойно-коалесцент-

ного типа. Однако последние оказались практически непригодными, когда на морских судах стали использовать жидкое топливо тяжелых сортов относительной плотностью 0,95–0,98 г/см³. Сточная вода, содержащая НП такой плотности в эмульгированном состоянии, не разделяется гравитационными способами даже при нагреве. Поэтому предполагалось, что очистить воду от «тяжелых» НП можно только фильтрацией через нефтеемкий пористый материал. В этой связи Регистром с 1998 г. рекомендовано на вновь строящихся морских судах использовать ФО, т. е. фильтры или комбинации сепараторов и фильтров, обеспечивающие очистку воды от НП до 15 млн⁻¹.

Опыт эксплуатации современного судового ФО (отстойно-коалесцентного типа) свидетельствует о его низкой эффективности в ос-

новном из-за недостатка сменно-запасных коалесцентных фильтроэлементов, ресурс которых зависит от нефтесодержания очищаемой воды и не превышает обычно 50–100 ч. Качество очистки льяльной воды в ФО зависит от вязкости НП, содержащихся в ней, дисперсности их капель и концентрации дисперсной фазы. Присутствие в льяльной воде поверхностно-активных веществ (ПАВ), стабилизирующих нефтеводные эмульсии, снижает эффективность ее очистки коалесценцией. Современное ФО, как правило, не предназначено для очистки льяльной воды от эмульгированных частиц НП. Наличие последних в сборных цистернах ФО является неизбежным, так как нефтесодержащая вода всегда перекачивается из льяльных колодцев машинных отделений в сборные цистерны мощными осушительными насосами, измельчающими частицы грубодисперсных НП.

Ресурс любого фильтрующего материала ограничен нефтеемкостью пористой структуры, которая всегда подвержена явлению коагуляции механическими примесями и взвешенными веществами, содержащимися в очищаемой воде, а также асфальтенами и парафинами жидкого топлива. С другой стороны, если материал пригоден для фильтрования сточной воды, содержащей легкое топливо, то он абсо-

Результаты измерений краевых углов смачивания мазутом Ф5 некоторых полимерных материалов								
Ионная насыщенность по морской воде, м ³ /кг	Краевые углы смачивания						Модуль отклонения $\cos\Theta$ от среднего значения	
	Измеренные значения смачивания, Θ_n , °				Среднее значение, $\Theta_{ср}$, °	Стандартное отклонение, $\sqrt{\sigma_n(\Theta)}$		Расчетная величина $\cos\Theta_{ср}$
	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4				
Анионит АВ 17-8								
0	23	16	12	20	18	2,0	0,95	0,01
0,21	13	16	17	22	17	1,8	0,96	0,01
0,42	14	26	18	22	20	2,8	0,94	0,02
0,63	11	6,5	15	21	13	2,3	0,97	0,01
0,84	11,5	11,5	15,5	18	14	1,7	0,97	0,01
Катионит								
0	18	19	16	17	16	1,7	0,96	0,01
Полипропилен								
—	14	19	—	—	16	1,4	0,96	0,01
Полиэтилен								
—	19	18	—	—	18,5	0,7	0,95	0,004

лютно не пригоден для разделения смесей, содержащих тяжелые сорта НП, и наоборот. Поэтому разработка новых конструкций регенеративных коалесцентных фильтроэлементов-демульгаторов, обладающих большим ресурсом, для существующих типов ФО весьма актуальна.

Анализ современных конструкций судовых средств очистки нефте-содержащих вод свидетельствует о том, что выбираемые технологии очистки и приемы их реализации не всегда обоснованы, а следовательно, и неэффективны. Так, при рассмотрении процесса разделения нефтеводных смесей коалесценцией течение (фил-трация) дисперсионной среды через пористые материалы принимается обычно как фильтрование жидкости, где в основе процесса очистки воды предполагается задерживающий механизм ячеистой или капиллярной модели. Ячейка в виде коллектора определенного радиуса с прилегающей оболочкой дисперсионной среды статистически характеризует фильтрующий материал (ФМ), так как ее параметры определяются через пористость этого материала. Если при стесненном обтекании нефтеводной смесью шара (цилиндра) частица НП под действием гидродинамических и внешних сил касается коллектора, то она выделяется из дисперсионной среды. Так как основная масса загрязнений в льяльной воде мелкодисперсная, ячеистая модель для указанных систем адекватна и полностью характеризует задерживающую спо-

собность ФМ. Однако она не характеризует процесс коалесценции капель НП на поверхности коллектора, где за счет поверхностных явлений образуется пленка НП. Увеличение толщины этой пленки во времени за счет налипания новых капель НП приводит к заполнению порового пространства ФМ дисперсионной фазой с полной потерей разделяющей пленки дисперсионной среды. После этого фильтрующий аппарат прекращает свою работу и требует регенерации (промывки), а коалесцентный аппарат-демульгатор при этом только выходит на установившийся режим эксплуатации. В этом и заключается отличие процессов разделения нефтеводных смесей коалесценцией от фильтрования.

Неотъемлемой составляющей технологии разделения нефтеводных смесей коалесценцией является процесс формирования и отрыва новых (более крупных) капель НП из пленки, стекающей с коалесцентной поверхности в очищенной дисперсионной среде. Если режим течения пленки НП связан с ее разрывом, то (по теории П. А. Ребиндера) происходит самопроизвольное вторичное образование дисперсий микронных размеров (сателлитов), которые в зависимости от вязкости НП появляются за большой каплей и выносятся из коалесцентного аппарата в отстойную полость с потоком дисперсионной среды. Последнее определяет качество очистки нефтесодержащей воды коалесценци-

ей. Поэтому использовать этот метод без отстойной полости, а также для глубокой очистки нефтеводных смесей (от коллоидных частиц и растворимых НП) без дополнительных технических средств невозможно.

Из-за сложности процессов, протекающих при коалесценции капель НП в объеме воды и на поверхности различных материалов, это явление в аппаратах на основе зернистых полимерных материалов изучена недостаточно как экспериментально, так и теоретически.

Вероятно, при совместном движении в пористой среде несмешивающихся жидкостей типа «масло в воде», каждая жидкость течет по своему извилистому каналу. Для всех разумных значений градиента давлений эти каналы очень устойчивы и турбулизации потока или образования вихрей в них может и не быть. Тем не менее эффективность разделения нефтеводной смеси уменьшается при увеличении скорости фильтрации ее в пористом материале, насыщенном нефтепродуктом. В каждом определенном интервале насыщенности в пористой среде, как и в слое нефтепродукта, через который происходит фильтрация нефтеводной смеси, возникает единственная конфигурация каналов, на поверхности которых изменяются условия коалесценции дисперсионной фазы. Если насыщенность несмачивающей жидкостью снижается, то каналы, образуемые этой жидкостью, стремятся разрушиться, так что в конце концов образуются изолированные островки несмачивающей жидкости. При ламинарном течении смачивающей жидкости эти островки остаются неподвижными. При этом проницаемость одной и той же зернистой загрузки аппарата для данной фазы в зависимости от количественного и качественного состава фаз будет различной.

Известно [1], что для пористой среды вид кривых относительной проницаемости практически не зависит от природы двухфазных жидкостей и определяется в основном смачиваемостью пористого материала. Поэтому относительные фазовые проницаемости являются функциями только насыщенности. Более смачивающая жидкость занимает при той же насыщенности более мелкие поры, чем менее смачивающая. Следовательно, для разделения нефтево-

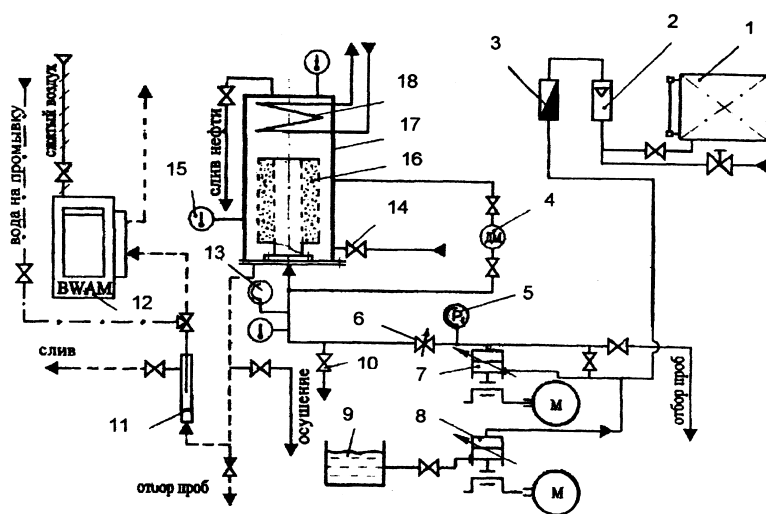


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования режимных характеристик коалесцентных дезэмульгаторов:

1 — емкость чистой воды; 2 — стеклянный ротаметр; 3 — расходомер; 4 — дифманометр; 5, 13 — манометры; 6 — диспергатор; 7 — насос; 8 — дозерный насос; 9 — емкость мазута; 10 — клапан отбора контрольных проб; 11 — пробоотборное устройство; 12 — концентратомер нефтесодержания; 14 — клапан промывки; 15 — термометр; 16 — коалесцентный фильтроэлемент; 17 — экспериментальный бокс; 18 — подогреватель

данных смесей коалесценцией целесообразно использовать гидрофобные зернистые материалы с частицами круглой формы.

При отработке режимов очистки нефтесодержащих вод в регенеративных моделях и полноразмерных коалесцентных фильтроэлементах для сепараторов типа СКМ [2] было экспериментально установлено, что для каждого зернистого материала и концентрации НП в очищаемой воде существует определенное значение расхода или критической скорости течения очищаемой жидкости $V_{кр}$, при превышении которых изменяется дисперсность капель НП, выходящих из фильтра [3]. Размеры капель при этом уменьшаются в десятки и сотни раз. Вместо крупных, быстро всплывающих капель НП, из удерживающего устройства фильтроэлемента выходит облако стабильной мелкодисперсной эмульсии (рыжего цвета при использовании флотского мазута марки Ф5 или белого — при использовании в смеси дизельного топлива). Это свидетельствует об изменении процесса разделения нефтеводной смеси в коалесцентном аппарате, установленном в боксе экспериментальной установки, оборудованном плоскими прозрачными стенками.

Вышеописанное явление мы назвали «критическим переходом», или «кризисом коалесценции». Оно об-

ладает гистерезисом, т. е. обратный переход режима течения от сверхкритического состояния к докритическому происходит при меньших значениях скорости течения двухфазной жидкости, чем прямой переход. Этот факт объясняется гистерезисом явления смачивания жидкостью поверхности твердого тела.

Для проектирования коалесцентных фильтроэлементов потребовалось экспериментально получить расчетные зависимости, описывающие явление критического перехода, ввиду их отсутствия в литературе.

Для исследования режимных характеристик моделей фильтроэлементов были разработаны экспериментальная установка (рис. 1) и методика проведения экспериментов в соответствии с требованиями Резолюций ИМО А393(X), А444 и МЕРС 60(33), содержащих указания для проведения типовых испытаний судового нефтеводного оборудования. Вода из цистерны 1 поршневым насосом 7 (или под давлением из системы городского водопровода) через стеклянный ротаметр 2 и расходомер 3 подается в гидродинамический диспергатор 6, где превращается в исходную эмульгированную смесь с известной концентрацией НП, поступающего от дозерного насоса (лубрикатора) 8 из емкости 9. Далее эта смесь попадает снизу в цилинд-

рический фильтроэлемент 16, установленный в прямоугольном боксе 17 с окнами из оргстекла. Проходя через загрузку фильтроэлемента в радиальном направлении, вода очищается от капель НП, которые налипают на гранулах загрузки, образуя пленку, вытекающую из нее и формирующуюся на наружной поверхности в капли, которые постепенно увеличиваются в диаметре, отрываются от зерен и всплывают в верхнюю полость бокса. Отсепарированные НП подогреваются в водоводном подогревателе 18 и по мере накопления сливаются через клапан. Очищенная вода вытесняется на слив из бокса через патрубок, установленный в днище бокса, и проходит через типовое пробоотборное устройство 11 концентратомера нефтесодержания 12 (типа BWAM S-646, Франция) с записью показаний на самописце с точностью до 1 млн^{-1} . Перепады давления на фильтроэлементе 16 контролировались дифманометром 4 с автоматической записью на самописце, а на диспергаторе 6 — при помощи манометров 5 и 13. Температура очищаемой среды определялась термометрами 15.

Диспергатор 6 изготовлен из запорного латунного клапана $D_y 10$, где на рабочей поверхности тарелки отфрезерованы тангенциальные каналы. При уменьшении зазора между тарелкой и седлом скорость течения нефтеводной смеси по каналам и в вихревой камере под тарелкой увеличивается. Это приводит к образованию нефтеводной эмульсии, дисперсность которой зависит от перепада давления на диспергаторе.

При проведении экспериментов очищаемые смеси имели близкие дисперсные характеристики. Для выполнения этого условия (критерий $We \approx \text{const}$) зазор в клапанной щели диспергатора регулировался по перепаду давления на нем, который всегда соответствовал 98 кПа.

Предварительно фильтроэлемент 16 заполнялся испытуемым зернистым материалом. Материалы использовались в товарных видах, поставляемых отечественной промышленностью: анионит марки АВ 17-8; катионит марки КУ-2; анионит марки АН-31; полиэтилен марки 108020 и полипропилен марки 21020-06.

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем.

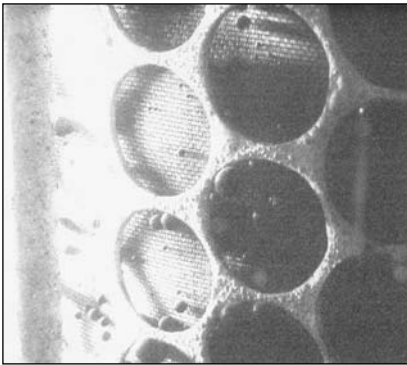


Рис. 2. Результаты работы коалесцентного деэмульгатора в нормальном (докритическом) режиме фильтрации; видны круглые капли мазута, удерживаемые на поверхности капровой сетки в объеме очищенной воды (диаметр перфорированного отверстия обечайки — 20 мм)

После предварительного кондиционирования экспериментальной установки, когда загрузка фильтра полностью заполнялась чистым мазутом, устанавливались заданные расходы флотского мазута (марки Ф5) и водопроводной воды, а также перепад давления на диспергаторе. Затем установка выводилась на установившийся режим, в течение времени, когда через бокс проходило два объема воды, содержащейся в установке. Если критический режим фильтрации визуально через стекла бокса не наблюдался (рис. 2), подача мазута не изменялась, а подача воды увеличивалась ступенчато несколько раз до появления эмульсии, выходящей из фильтроэлемента. При этом перепад давления на диспергаторе поддерживался постоянным (98 кПа) и через бокс продолжали прокачивать исходную смесь в течение времени выхода установки на установившийся режим. После этого подача смеси прекращалась, и среда в боксе через клапан 14 (см. рис. 1) промывалась чистой водопроводной водой. Затем проводился следующий опыт при большей фиксированной подаче мазута.

Концентрация мазута в исходной смеси рассчитывалась окончательно по расходу воды и НП в момент наступления кризиса коалесценции. Диапазон изменения концентрации НП в смеси во время эксперимента определялся практическими потребностями, которые возникают при проектировании судового очистного оборудования, и выбирался в пределах $200—10\,000$ млн⁻¹.

Результаты экспериментов (рис. 3), полученные для анионита АВ 17-8 и катионита КУ-2, имеющих гранулы диаметром 0,5—1,2 мм, близки между собой, поэтому аппроксимируются одной линией 1. Такое же совпадение установлено в опытах с полиэтиленом и полипропиленом (линия 3), представлявшими собой округленные гранулы размером 3,5—4,0 мм. Результаты, полученные для анионита АН-31, имеющего гранулы неправильной формы со сколами и размером 2,5—3,0 мм, аппроксимируются линией 2.

Установлено, что скорость потока v' в отверстиях удерживающей сетки, имеющей размер ячейки 0,2 (0,4), в использованной нами конструкции деэмульгатора более чем в два раза превышает значение скорости течения жидкости v между зернами загрузки, рассчитанное по полному выходному сечению.

Обработка экспериментальных данных по эквивалентному диаметру порового канала зернистой загрузки, входящему в эквивалентный критерий Re , не привела к сближению моделей процесса разделения нефтеводяных смесей для различных материалов. Это свидетельствует о том, что на процесс очистки воды в коалесцентной ступени оказывают сильное влияние адгезионные факторы, меняющиеся при изменении размеров частиц зернистой загрузки.

Обработка результатов экспериментов по средне-поверхностному диаметру d_s зерен загрузки дала следующие адекватные модели:

$$v_{кр} = e^{-0,788} \cdot C_1^{-0,414} \cdot \bar{d}_s^{-0,253} \quad (1)$$

$$\text{и } v_{кр} = e^{(-0,27-0,174C_1-0,141\bar{d}_s)} \quad (2)$$

где C_1 — нефтесодержание очищаемой смеси, млн⁻¹.

Механизм быстрого изменения (ухудшения) режима работы коалесцентного фильтроэлемента-деэмульгатора при увеличении расхода воды, по всей видимости, состоит в следующем: на установившемся режиме очистки воды соблюдается баланс количества НП, поступающего в фильтроэлемент и выносимого из зернистой загрузки потоком жидкости; причем каждому установившемуся режиму соответствует определенное количество мазута, находящегося между гранулами зернистого материала; течение нефтеводяной

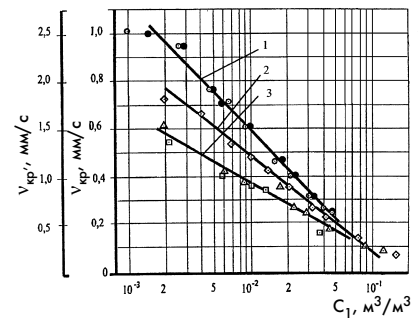


Рис. 3. Зависимость критической скорости течения нефтеводяной смеси $v_{кр}$ (на основе мазута Ф5) от ее нефтесодержания C_1 при фильтрации в слое (толщиной 0,08 м) зернистого полимерного материала: 1 — анионита АВ 17-8 (○) и катионита КУ-2 (●); 2 — анионита АН-31 (◊); 3 — полипропилена (△) и полиэтилена (□)

полидисперсной смеси происходит со скольжением фаз; капли мазута, налипая на зерна загрузки, образуют пленку, толщина которой со временем увеличивается; потоком воды эта пленка перемещается между зернами и заполняет поровые каналы, что приводит к росту локальных скоростей потока очищенной воды и к увеличению гидравлического сопротивления зернистой загрузки до тех пор, пока значение гидродинамических сил не превысит величину адгезионных сил, удерживающих пленку НП; в результате этого более мелкие частицы дисперсной фазы начинают уноситься потоком воды по свободным от НП каналам, переходя с одного участка загрузки на другой.

Повышение содержания нефти в воде приводит к повышению гидравлического сопротивления аппарата вследствие повышения средне-расходной вязкости и заполнения НП поровых каналов загрузки, что приводит к росту локальных скоростей в свободных каналах.

Критическое значение скорости течения нефтеводяной смеси в поровых каналах зернистой загрузки деэмульгирующего аппарата определяет предельный режим работы коалесцентной очистной ступени нефтеводяного сепаратора. Значение этой скорости может служить удобным параметром для сравнения очистной способности различных зернистых материалов.

В период до 1998 г. были выполнены экспериментальные исследования, разработаны и внедрены регенеративные коалесцентные фильтроэлементы на основе анионита

марки АВ 17-8 для судового ФО типа СКМ [4] (под надзором Регистра) более чем на 120 морских судах. Это позволило судовладельцам модернизировать вышеуказанное оборудование с целью повышения его очистной способности до 15 млн^{-1} без использования доочистных фильтров типа ФДН и обеспечить выполнение новых требований Международной конвенции по предотвращению загрязнения моря с судов.

Дальнейшие исследования процесса разделения нефтеводных смесей в коалесцентных ступенях очистки на основе зернистой загрузки из полимерных материалов потребовали уточнения ранее полученных результатов [4]. В частности, необходимо было установить, что обуславливает различия в обработке смеси в деэмульгаторах из различных полимерных материалов? Свойства поверхностей материалов или гидродинамические факторы? Влияют ли ионообменные свойства ионитов (АВ 17-8 и КУ-2) на эффективность коалесценции капель НП? Поскольку четкого ответа на эти вопросы в литературе найдено не было, решено было, исключив одну группу факторов (гидродинамические), исследовать поверхностные свойства выбранных нами материалов, т. е. определить величину адгезии мазута на поверхности гранул вышеуказанных материалов.

Известно, что адгезия жидкости оценивается работой, которую необходимо затратить для отрыва жидкой от твердой поверхности. Поэтому для сравнения поверхностных свойств выбранных материалов использовали определение краевых углов смачивания поверхностей гранул флотским мазутом марки Ф5.

На предметное стекло устанавливались вплотную две одинаковые гранулы. Между ними наносилась капля мазута Ф5. Поскольку явление смачивания обладает гистерезисом (при натекании и оттоке жидкости краевые углы смачивания Θ заметно различаются), то для получения сопоставимых результатов все измерения проводились при оттоке жидкости. Это осуществляли при помощи шприца с тонкой иглой. Затем зона смачивания фотографировалась в проходящем свете под микроскопом Intel QX3, оборудованным цифровой фотокамерой. Полученные снимки распечатывались, и на

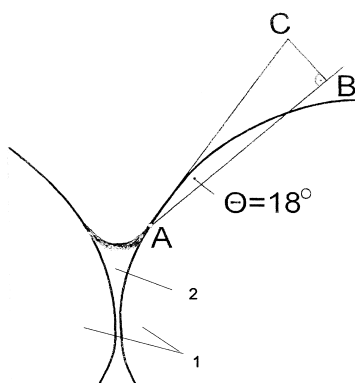


Рис. 4. Схема измерения краевого угла смачивания мазутом марки Ф5 поверхности гранул полимерных материалов: 1 — гранулы; 2 — мениск мазута; АВ — касательная к мениску мазута в точке А; АС — касательная к поверхности гранулы в точке А; θ — краевой угол смачивания

них выполнялись геометрические построения.

Измерялись стороны треугольника АВС (рис. 4), по которым и рассчитывался краевой угол смачивания $\Theta = \arctg BC/AC$, где Θ — угол, образуемый касательной АВ, проведенной к поверхности мениска мазута в точке трехфазного контакта А, и касательной АС к поверхности гранулы в этой же точке.

Поскольку в эксперименте использовались ионообменные материалы (анионит АВ 17-8 и катионит КУ-2), возник вопрос, влияет ли обменная емкость ионита на смачиваемость его мазутом?

Вначале была определена полная обменная емкость анионита АВ 17-8 при контакте с чистой морской водой. Для этого через стеклянную реакционную колонку, заполненную этим материалом, пропускалась чистая морская вода. С помощью универсального иономерного типа ЭВ-74 прослеживалась разница концентрации ионов на входе и выходе воды из колонки. При истощении ионита эта разница стремилась к нулю.

Для каждого материала краевые углы смачивания измерялись во всех краевых точках, рассчитывалось среднее арифметическое значение и стандартное среднеквадратичное отклонение краевых углов.

Из таблицы видно, что среднее значение краевых углов смачивания для исследованных материалов составляет от 13 до 20 градусов. Однако интерес представляют не сами

значения краевых углов смачивания, а значения работы адгезии L_a , которая рассчитывается по формуле

$$L_a = \sigma_{ж.г} (1 + \cos\theta), \quad (3)$$

где $\sigma_{ж.г}$ — поверхностное натяжение на границе «жидкость—газ»; θ — краевой угол смачивания жидкостью твердого тела.

Поскольку в данном диапазоне углов функция косинуса довольно пологая, значения $\cos\theta_{ср}$ для выбранных нами материалов изменяются от 0,94 до 0,97, т. е. приблизительно на 3% при погрешности определения искомым $\Delta(\cos\theta_{ср}) \approx 1...2\%$. Поэтому работа адгезии мазута L_a по уравнению (3) к исследованным материалам будет различаться примерно на вдвое меньшую величину ($\sim 1,5\%$) при погрешности определения $\Delta(L_a) \leq 1,0\%$.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Все испытанные синтетические материалы имеют близкие значения работы адгезии мазута марки Ф5 и могут быть использованы в качестве коалесцентных для очистки сточных нефтесодержащих вод;
2. Уменьшение ионообменной емкости ионитов при контакте с морской водой практически не отражается на их смачиваемости мазутом марки Ф5;
3. Различия в эффективности очистки нефтеводных смесей в коалесцентных ступенях на основе деэмульгаторов с зернистой загрузкой из исследованных нами материалов объясняется разной структурой зернистых слоев и гидродинамическими факторами.

Литература

1. Гиматулинов Ш. К., Ширковский А. И. Физика нефтяного и газового пласта. М.: Недра, 1982.
2. Тихомиров Г. И. Коалесцирующий элемент. Свидетельство на полезную модель № 472 от 08.07.1992 г. М.: Роспатент, 1995.
3. Тихомиров Г. И., Андреев А. К., Чириков А. Ю., Тихомиров С. Г. Результаты разработки регенеративных фильтроэлементов для очистки судовых сточных нефтесодержащих вод // Доклады Первого междунар. инвестиц. конгресса «Новейшие технологии в системе интеграционных процессов стран АТР». Владивосток: ДВО РАН, 2000.
4. Тихомиров Г. И., Андреев А. К. Исследование процесса разделения нефтеводных смесей в зернистых коалесцирующих материалах // Материалы междунар. экोल. конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». Т. 1. СПб.: БГТУ, 2000.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЙ КОРАБЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ПРИНЯТИЕ ОПЕРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

В. А. Одинаев, докт. техн. наук (ВМИИ)

УДК 681.51:621.31:629.5

Электроэнергетические системы судов (ЭЭС) и кораблей среднего и большого водоизмещения относятся к сложным техническим системам. Эта сложность обусловлена множеством входящих в них элементов, разнообразием протекающих физических процессов, коммутационных состояний, электрических схем соединения элементов и их технического состояния. Взаимосвязанные совокупности однородных элементов ЭЭС, объединенных слабыми связями системного характера (кабели, выключатели, распределительные устройства) придают ЭЭС свойства техноценоза. Для ЭЭС используется многоуровневая многофункциональная и распределенная в пространстве система управления. Потребители электрической энергии, производимой и распределяемой ЭЭС, технологически связывают ее с другими корабельными системами и кораблем в целом (вышестоящей системой).

ЭЭС математически можно представить графом [1, 2], каждое ребро которого служит для обозначения одного или нескольких последовательно соединенных элементов ЭЭС. Такими элементами являются источники и преобразователи электроэнергии, кабели и выключатели основной силовой сети. Вершины графа соответствуют источникам и потребителям энергии, а также узлам соединения элементов ЭЭС.

В графе ЭЭС с общим истоком [1, 2] все вершины — источники энергии — объединены в одну вершину — общий источник тока. По ребрам графа протекают токи, равные токам соответствующих элементов ЭЭС. Стоки находятся в вершинах — потребителей энергии. Потребляемый от шин распределительного устройства ток равен току, потребляемому в соответствующей вершине. Пропускные способности ребер графа определяются предельно допустимыми значениями токов соответствующих элементов.

Граф модифицируется с учетом технического состояния элементов ЭЭС. Связывающее дерево графа технического состояния является образом сети коммутации электроэнергии, в которой источники электроэнергии работают отдельно и нет параллельно включенных линий передачи электроэнергии [1, 2].

В работе [2] доказывается следующее основное положение: каждому связываю-

щему дереву графа технического состояния соответствует точка в линейном непрерывном пространстве размерности n , где n — циклический ранг графа технического состояния. Следствиями этого основного положения являются следующие утверждения.

1. Каждому коммутационному состоянию, в котором источники электроэнергии работают отдельно и нет параллельно включенных линий передачи электроэнергии, соответствует точка в линейном непрерывном пространстве размерности n .

2. Параллельная работа двух источников электроэнергии или параллельное включение двух линий передачи электроэнергии соответствует прямой линии в линейном непрерывном пространстве размерности n .

3. Если в ЭЭС включены все источники и линии передачи электроэнергии, то токи в линиях являются функциями координат точки в линейном непрерывном пространстве размерности n .

В общем случае токи ребер графа технического состояния определяются следующими выражениями:

$$I_{pi} = I_{Ai} + \sum_{j \in N} W_{ij} I_j, \quad i \in Z, \quad (1)$$

где I_{pi} — ток i -го ребра; I_{Ai} — ациклический ток ребра i (ток ребра в связывающем дереве графа технического состояния); I_j — циклический ток j (циркуляция тока в цикле, образовавшемся после присоединения хорды j к связывающему дереву графа технического состояния); $W_{ij} = 1$, если циклический ток I_j и ациклический ток I_{Ai} совпадают по направлению на ребре i ; $W_{ij} = -1$, если циклический ток I_j и ациклический ток I_{Ai} не совпадают по направлению на ребре i ; $W_{ij} = 0$, если циклический ток I_j не проходит по ребру i ; N — множество хорд; Z — множество ребер графа технического состояния.

Каждой переменной I_j поставим в соответствие одну ось в линейном непрерывном пространстве размерности n . Число переменных равно числу хорд, которое равно n . Тогда токи ребер являются функциями координат точки в линейном непрерывном пространстве размерности n .

В общем случае ограничения по пропускным способностям дают следующую систему неравенств:

$$I_{\text{доп.обратн } i} \leq I_{A_i} + \sum_{j \in N} W_{ij} I_j \leq I_{\text{доп.прям } i}, \quad i \in Z, \quad (2)$$

где $I_{\text{доп.прям } i}$ ($I_{\text{доп.обратн } i}$) — предельная пропускная способность i -го ребра в прямом (обратном) направлении.

В соответствии с физическим смыслом ограничений на пропускные способности ребер графа $I_{\text{доп.прям } i} > 0$; $I_{\text{доп.обратн } i} \leq 0$.

Если приравнять токи ребер их предельно допустимым значениям, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} I_{A_i} + \sum_{j \in N} W_{ij} I_j = I_{\text{доп.прям } i}, \quad i \in Z, \\ I_{A_i} + \sum_{j \in N} W_{ij} I_j = I_{\text{доп.обратн } i}, \quad i \in Z. \end{cases} \quad (3)$$

Эти уравнения определяют систему гиперплоскостей в пространстве состояний и ограничивают допустимую для успешного функционирования ЭЭС область.

Область допустимых перегрузок может быть определена решением двух систем неравенств типа

$$\begin{cases} I_{\text{доп.обратн.макс } i} \leq I_{A_i} + \sum_{j \in N} W_{ij} I_j \leq I_{\text{доп.прям.макс } i}, \quad i \in Z, \\ I_{\text{доп.обратн.мин } i} \leq I_{A_i} + \sum_{j \in N} W_{ij} I_j \leq I_{\text{доп.прям.мин } i}, \quad i \in Z, \end{cases}$$

где $I_{\text{доп.прям.макс } i}$ ($I_{\text{доп.обратн.макс } i}$) — максимальное допустимое значение тока перегрузки i -го ребра в прямом (обратном) направлении; $I_{\text{доп.прям.мин } i}$ ($I_{\text{доп.обратн.мин } i}$) — минимальное допустимое значение тока перегрузки i -го ребра в прямом (обратном) направлении.

Для создания современных систем поддержки операторов по управлению ЭЭС необходимо на основе анализа их деятельности определить критерии оптимальности принимаемых решений и разработать методы принятия оперативных решений на основе математической модели пространства состояний ЭЭС.

На практике решение, принимаемое оператором, состоит из четырех последовательно формируемых частей:

Р0. Решение о полноте и достоверности информации о ситуации в ЭЭС;

Р1.1. Решение о составе действующих источников электроэнергии;

Р1.2. Решение о коммутационном состоянии, в которое необходимо перевести ЭЭС;

Р2. Траектория исполнения решения: последовательность операций по переводу ЭЭС из начального состояния в конечное.

Если информация о ситуации в ЭЭС полная и достоверная, то решение по п. Р0 считается принятым. В противном случае информация о ситуации в ЭЭС пополняется и уточняется настолько, насколько это позволяют временные и пространственные ограничения.

Анализ деятельности оператора показывает, что при принятии решений по п. Р1 и Р2 для большинства ситуаций используются перечисленные ниже критерии.

Критерии выбора состава действующих источников электроэнергии

1. Включенный резерв мощности генераторных агрегатов (ГА) должен быть максимальным при ограничениях на минимальную загрузку каждого генератора:

$$C_1 = \sum_{i \in D} P_{\text{ином}} - \sum_{i \in D} P_i \rightarrow \max,$$

$$M_{|P \geq P_{\text{мин}}|} \neq \emptyset \Rightarrow P_i \geq P_{\text{мин}}; \quad \forall i \in D,$$

где P_i ($P_{\text{ином}}$) — мощность (номинальная мощность) i -го ГА, планируемого в состав действующих; D — множество ГА, планируемых в состав действующих; $M_{|P \geq P_{\text{мин}}|}$ — множество таких вариантов состава действующих ГА, для которых выполняется условие $P_i \geq P_{\text{мин}}, \forall i \in D$.

2. Минимальный ресурс действующего генераторного агрегата должен быть максимально возможным:

$$C_2 = \min_{i \in D} R_i \rightarrow \max,$$

где R_i — ресурс i -го ГА, планируемого в состав действующих.

3. При исполнении решения число перезапусков ГА должно быть минимальным:

$$C_3 = Pz \rightarrow \min,$$

где Pz — число перезапусков ГА, необходимых при исполнении принятого решения.

Критерии выбора коммутационного состояния ЭЭС

4. Каждая исправная секция шин главного распределительного щита

(ГРЩ), которая связана с назначенным к действию источником электроэнергии хотя бы одной исправной линией передачи электроэнергии, должна быть под напряжением:

$$C_4 = Su \rightarrow \max,$$

где Su — число исправных секций ГРЩ, находящихся под напряжением.

5. Каждая действующая секция шин ГРЩ неотключаемой нагрузки (НН), которая связана с аккумуляторной батареей (АБ) хотя бы одной исправной линией передачи электроэнергии, должна автоматически переводиться на электропитание от АБ при внезапном отказе основного/резервного источника электроэнергии:

$$C_5 = S'u \rightarrow \max,$$

где $S'u$ — число действующих секций НН, которые могут переключиться на электропитание от АБ.

6.1. Общая протяженность наиболее важных линий передачи электроэнергии, находящихся под напряжением, должна быть минимальной (при ограничениях, определяемых пропускными способностями линий):

$$C_{6.1} = \sum_{i \in L} s_i w_i \rightarrow \min,$$

$$I_i + I_{\text{икв}} \leq I_{\text{ином}},$$

где L — множество линий передач электроэнергии первичной электрической силовой сети, планируемых в состав действующих; s_i — длина i -й линии передачи электроэнергии; w_i — важность (приоритет [1]) i -й линии передачи электроэнергии; $I_i + I_{\text{икв}}$ — расчетное значение тока (I_i) i -й линии передачи электроэнергии с учетом кратковременно работающих потребителей электроэнергии ($+ I_{\text{икв}}$); $I_{\text{ином}}$ — номинальное значение тока i -й линии передачи электроэнергии.

6.2. Максимальная загрузка источника (линии передачи) электроэнергии, приходящаяся на единицу оставшегося времени работы данного элемента ЭЭС, должна быть минимальной:

$$C_{6.2} = \max_{i \in L} \frac{I_i}{I_{\text{ином}} t_{\text{ост } i}} \rightarrow \min,$$

где $t_{\text{ост } i}$ — оставшееся расчетное время работы i -го источника (линии пе-

редачи) электроэнергии при токе $I_{iном}$.

7. Ущерб от обесточивания потребителей электроэнергии должен быть минимальным:

$$C_7 = \max_{i \in O} p_i \rightarrow \min ,$$

где p_i — количественная мера ущерба кораблю от обесточивания i -го потребителя электроэнергии; O — множество обесточиваемых потребителей электроэнергии.

8. Число операций управления O_y при переводе ЭЭС из начального коммутационного состояния в конечное должно быть минимальным:

$$C_8 = O_y \rightarrow \min .$$

Задача поиска оптимального по выбранным критериям решения формулируется следующим образом: в пространствах состояний, соответствующих заданной ситуации и разным вариантам состава действующих источников электроэнергии, найти оптимальную по выбранным критериям траекторию, которая отвечает следующим условиям:

1) начальная точка траектории соответствует текущему коммутационному состоянию ЭЭС при текущем составе действующих источников электроэнергии;

2) конечная точка траектории соответствует одному из оптимальных коммутационных состояний при одном из оптимальных составов действующих источников электроэнергии.

Критерии применяются в лексикографическом порядке, но только до тех пор, пока имеется хотя бы один вариант решения. Если на некотором шаге выясняется, что нет ни одного варианта, удовлетворяющего очередному критерию, то порядок применения критериев изменяется в соответствии с заранее определенными условиями.

Формально в этих случаях производится модификация пространства за счет изменения состава источников электроэнергии, переключения потребителей электроэнергии на резервное электропитание, отключения потребителей электроэнергии (если нет других возможностей).

Физический смысл этих операций заключается в следующем: при необходимости сначала используются все имеющиеся возможности по составу источников электроэнергии, потом все возможности по переключениям в основной электрической силовой сети, затем все возможности по переключениям во вторичной сети. Если таким образом не удастся найти траекторию в допустимой области, то тогда проводится ранжировка по-

требителей и отключение наименее важных из них.

Представленные методы поиска решения реализованы в системе поддержки принятия оперативных решений. Вычислительная сложность поиска кратчайшей траектории, также как и перемещения из одной заданной точки пространства в другую, определяется выражением $O(n!)$. Время ответа программы на запрос оператора не превышает 1 с. Общий объем оперативной памяти, занимаемый программой, составляет 300—400 кбайт. Выполненное в процессе реализации исследование ситуаций в ЭЭС показало, что принимаемые решения соответствуют практическим требованиям.

В целом изложенные выше теоретические положения составляют основу теории разработки систем поддержки принятия решений по управлению ЭЭС.

Литература

1. Неделяков К. В. Теория автоматического управления электроэнергетическими системами кораблей/Приложение к ВНР-3603. Л.: ВМА им. А. А. Гречко, 1973.
2. Одинаев В. А. Теоретические основы разработки математического обеспечения тренажеров и систем поддержки принятия решений по управлению корабельной электроэнергетической системой. СПб.: ВМИИ, 2000.
3. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. М.: Наука, 1974.

РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ

В. Л. Муравченко, канд. техн. наук (НИЦ связи ВМФ)

УДК 621.375:629.5

Одной из особенностей корабельных широкополосных радиопередатчиков является то, что выход их усилителей мощности представляет собой комплексное сопротивление, изменяющееся в диапазоне рабочих частот. Это приводит к тому, что даже при использовании на выходе передатчика согласующего устройства при работе на согласованный активный эквивалент антенны наблюдается значительный разброс отдаваемой передатчиком мощности (до $\pm 40\%$ от номинальной). Большой разброс обусловлен в основном тем, что существующие корабельные согласующие

устройства осуществляют сопряжение с нагрузкой только со стороны антенно-фидерного тракта. При условии учета импеданса со стороны усилителя возможно повышение отдаваемой передатчиком мощности.

Для решения поставленной задачи необходима количественная оценка отдаваемой передатчиком мощности в зависимости от собственного коэффициента бегущей волны (КБВ) широкополосного усилителя (КБВ_y). Под КБВ_y здесь понимается КБВ выходной цепи усилителя при согласованной нагрузке, например 75 Ом. Как правило, КБВ_y в диапа-

зоне рабочих частот изменяется от какого-то минимального значения K_{min} до 1. Величину K_{min} можно определить из соотношения [1]

$$K_{min} = \frac{\sqrt{1 + \Delta P} - \sqrt{2\Delta P}}{\sqrt{1 + \Delta P} + \sqrt{2\Delta P}} ,$$

где ΔP — нормированное к среднему значению отдаваемой усилителем мощности максимальное ее отклонение.

При известной величине K_{min} , задаваясь различными значениями коэффициента бегущей волны нагрузки (КБВ_n), можно рассчитать разброс выделенной в нагрузке мощности, соответствующий заданному значению КБВ_n. Для этого воспользуемся известными соотношениями [2]

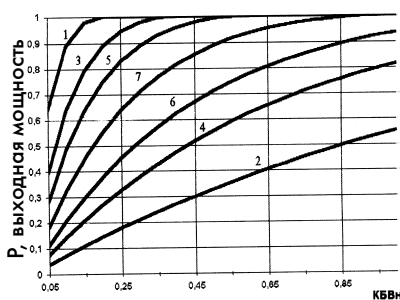
$$P_{max} = P_c \frac{4 \times КБВ_n \times КБВ_y}{(КБВ_n + КБВ_y)^2} ;$$

$$P_{\min} = P_c \frac{4 \times K_{BV_n} \times K_{BV_y}}{(1 + K_{BV_n} \times K_{BV_y})^2},$$

где P_{\max} , P_{\min} , P_c — мощности в нагрузке — максимальная, минимальная и в согласованном режиме ($K_{BV_n} = 1$, $K_{BV_y} = 1$) соответственно; $K_{BV_n} = K_{\min} \dots 1$.

Расчеты выполнялись для значений КБВ усилителя, равных 0,2—1,0; 0,4—1,0; 0,6—1,0 и 1,0. Следует отметить, что выходная мощность может принять максимальное значение при $K_{BV_n} = K_{BV_y} \neq 1$ даже при низких значениях K_{BV_n} и K_{BV_y} , например 0,2. Это происходит потому, что каждому значению КБВ соответствует множество значений активных и реактивных составляющих комплексного сопротивления и возможна ситуация, когда выход усилителя и нагрузка оказываются комплексно сопряженными величинами, т. е. соблюдается условие максимальной отдачи мощности генератором.

Из рисунка видно, что увеличение собственного КБВ усилителя от 0,2 до 0,4 приводит к повышению нижней границы отдаваемой мощ-



Зависимость максимальных и минимальных величин относительной нормированной мощности передатчика P от K_{BV_n} при различных значениях K_{BV_y} : 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 соответствуют диапазонам K_{BV_y} 0,2—1; 0,4—1; 0,6—1 и 1

ности в 1,4—1,9 раза. Увеличение КБВ усилителя от 0,2 до 0,6 повышает нижнюю границу в 1,6—2,6 раза. Указанный разброс значений мощности усилителя соответствует интервалу изменения КБВ нагрузки от 0,1 до 1,0, при этом наибольшее увеличение мощности наблюдается при наименьших значениях K_{BV_n} .

Графики позволяют определить необходимое значение K_{BV_y} при заданном уровне мощности передатчика и K_{BV_n} .

К возможным вариантам решения задачи увеличения собственного K_{BV_y} можно отнести учет импеданса выходных цепей усилителя при работе настраиваемого согласующего устройства, использование на выходе передатчика, либо включение коммутируемых широкополосных согласующих устройств на выходе усилителя [3]. Оптимальное решение зависит от конкретной задачи.

Таким образом, приведенные выше результаты показали, что мощность корабельных широкополосных радиопередатчиков может быть значительно повышена при учете импеданса выходных цепей их усилителей мощности и использовании устройств согласования этих цепей с нагрузкой.

Литература

1. Муравченко В. Л. Оценка мощности в несогласованной нагрузке широкополосных усилителей // Радиотехника. 1997. № 10.
2. Фильдштейн А. Л., Явич Л. Р., Смирнов В. П. Справочник по элементам волноводной техники. М.: Сов. радио, 1967.
3. Алексеев О. В. Проектирование радиопередаточных устройств с применением ЭВМ. М.: Радио и связь, 1987.

ИЗ ПОРТФЕЛЯ ЗАКАЗОВ

□ Сингапурская верфь Jurong Shipyard заключила контракт на сумму US\$ 62,71 млн с компанией Wan Hai Lines Ltd (Тайвань) на проектирование и постройку двух контейнеровозов вместимостью по 2600 TEU со сроками поставки — март и июль 2005 г.

□ Три контейнеровоза вместимостью по 5500 TEU, имеющих длину 279, ширину 40 и осадку 12,5 м, будут построены на японской верфи Imabari Shipbuilding для китайской компании COSCO Container Lines. Примерный объем контракта — US\$ 200 млн.

□ Для шведской компании Rederi AB Donsotank на китайской верфи Shanghai Edward Shipyard будет построен танкер-химовоз дедвейтом 19 500 т. Его стоимость US\$ 27 млн, срок поставки — сентябрь 2005 г.

□ Одним из крупнейших в мире станет высокоскоростной паром-тримаран, который построит из алюминиевого сплава австралийская верфь Austal для европейской компании Fred Olsen SA. Судно стоимостью 58 млн евро будет иметь длину 126,7 м, снабжено четырьмя дизелями, работающими на водометы, и сможет взять на борт 1350 пассажиров и 340 автомо-

билей. Поставка тримарана запланирована на второе полугодие 2004 г.

□ Китайская верфь Hudong Zhonghua Shipyard выиграла контракт на постройку двух танкеров дедвейтом по 72 000 т класса «Панамакс» со сроками поставки февраль 2005 г. и апрель 2006 г. Как полагают, каждое судно стоит около US\$ 31 млн.

□ Три контейнеровоза типа Baltic CS 2500 вместимостью по 2500 TEU построит немецкая верфь Aker MTW Werft для компании Reederei Hartmann (ФРГ). Общая сумма контракта около US\$ 115 млн.

□ Немецкая компания Schoeller Holdings разместила заказ на четыре танкера-химовоза дедвейтом по 8500 т на южнокорейской верфи INP Heavy Industries. Стоимость одного судна с грузовыми танками из нержавеющей стали US\$ 19 млн. Поставка серии запланирована на 2005—2006 гг.

□ Танкер-продуктовоз дедвейтом 25 000 т построит турецкая верфь Celik Tekne. Его длина 167, ширина 27,4 м, стоимость US\$ 29,6 млн. Это будет самое крупное судно такого типа, построенное в Турции.

□ Предварительный заказ немецкой компании Hanseatic Lloyd китайской верфи Qingshan Shipyard на во-

семь танкеров дедвейтом по 18 000 т для перевозки химических грузов и нефтепродуктов (18 сортов одновременно) оценивается в US\$ 200 млн. Суда длиной 164 м должны быть оснащены главными двигателями MAN B&W 6S46MC-C.

□ Крупный заказ на сумму US\$ 320 млн разместила французская компания CMA CGM на южнокорейской верфи Hyundai Heavy Industries. Четыре контейнеровоза вместимостью по 8200 TEU должны быть построены в апреле—декабре 2006 г. Аналогичные суда (3 ед. плюс 2 в опционе) заказаны греческой компанией Yiotas Gousas Athens Costamare Shipping.

□ Эстонская верфь BLRT Group построит за 12 мес для местной буксирной компании PKL универсальный буксир (плюс 2 в опционе) стоимостью 5 млн евро, который сможет выполнять спасательные и противопожарные функции. Его длина 34, ширина 12,7 м, мощность двигателей 2 x 1850 кВт, скорость 12,5 уз.

□ Греческая компания Iolcos Hellenic Maritime Enterprises заказала два балкера дедвейтом по 74 000 т класса «Панамакс» китайской верфи Hudong — Zhonghua Shipyard. Суда стоимостью по US\$ 21 млн будут построены в первой половине 2006 г.

О РЕАЛИЗУЕМОСТИ ТРАКТОВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ ПОДВОДНОГО АКУСТИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю. И. Борисов, генеральный директор ЗАО НТЦ «Модуль»,
канд. техн. наук

УДК 681.325-181.48(204.1)

Пассивные системы подводного акустического наблюдения состоят из приемников, усилителей и аппаратуры передачи информации, размещаемых в морской среде и объединенных в так называемую выносную часть, и устройств передачи, обработки и отображения данных, находящихся в зоне доступности обслуживающего персонала — бортового прибора. Связь выносной части и бортового прибора осуществляется обычно по кабелям морского исполнения, имеющим невысокую информационную пропускную способность, что существенно ограничивает поток данных, передаваемых для обработки в бортовой прибор.

Обработку данных в пассивных системах акустического наблюдения принято разделять на пространственно-временную (первичную), цель которой — повысить отношение сигнал/шум на выходе тракта обработки, и вторичную — сравнение с порогами, трассовое накопление, классификация и т. п. Большие потоки данных и большая часть объема арифметических операций приходится именно на этап первичной обработки. Ввиду этого размещение аппаратуры первичной обработки сигналов в выносной части позволило бы существенно снизить требования к пропускной способности канала связи «выносная часть—бортовой прибор» и уменьшить объем кабельных соединений. Основой для создания современных трактов пространственно-временной цифровой обработки принимаемых сигналов и управления излучаемыми сигналами могут служить: программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), микропроцессоры общего назначения, специализированные микропроцессоры для цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Реализация вычислительных алгоритмов на основе ПЛИС обеспечивает наибольшее быстродействие за счет увеличения объема оборудования и, следовательно, энергопотребления.

Микропроцессоры общего назначения зарубежного производства достигают к настоящему моменту пиковой производительности, приближающейся к 10^9 операциям с

плавающей запятой в секунду. Однако такие процессоры имеют высокое энергопотребление, требуют значительных объемов дополнительного оборудования для связи с оперативной памятью и внешними устройствами, избыточны по своей архитектуре и дороги вследствие универсальности. Кроме того, создание на данной основе многопроцессорных систем затруднено их архитектурными особенностями, а применение в системах реального времени осложняется наличием в архитектуре большого количества конвейеров и кэшей.

Специализированные микропроцессоры ЦОС отличаются от процессоров общего назначения целенаправленной архитектурой, наличием встроенных средств для компоновки многопроцессорных систем и развитых каналов ввода/вывода информации, низким энергопотреблением и высокой надежностью. Таким образом, именно микропроцессоры ЦОС представляются наиболее подходящей основой для разработки высокопроизводительных трактов пространственно-временной ЦОС.

Процессор NM6403 и его модификации. Среди предлагаемых на рынке микропроцессоров ЦОС следует особо выделить микропроцессор NM6403, разработанный полностью в России научно-техническим центром «Модуль» и производимый сериями на фабрике Samsung в Москве, и его последующую модификацию NM1281, готовящуюся к серийному производству (www.module.ru).

Микропроцессор NM6403 выполнен по КМОП технологии 0,5 мкм, имеет тактовую частоту 40 МГц (цикл 25 нс) и представляет собой гибрид RISC-процессора с массово-параллельным сверхбыстродействующим вычислителем. Получившаяся в результате такого «скрещивания» архитектура идеально подходит для решения задач цифровой обработки сигналов [1]. Потребляемая процессором мощность — 1,3 Вт. Корпус — BGA256. Условия эксплуатации и надежность соответствуют требованиям программы «Климат-6». Операнды RISC-процессора имеют длину до 32 разрядов, вычислителя — до 64 разрядов. Для связи с оперативной памятью име-

ются две раздельно функционирующие шины с шириной магистрали данных 64 разряда, объемом адресуемой памяти до 16 Гбайт и общей пропускной способностью до 800 Мбайт/с, полностью обеспечивающих управление памятью статического и динамического типов без дополнительных микросхем. Одна из этих шин предусматривает доступ к ней от многих процессоров. Ввод/вывод данных и передача информации в многопроцессорных комплексах может осуществляться через два коммуникационных порта, работающих независимо от RISC-процессора и друг от друга, с пропускной способностью по 20 Мбайт/с, аппаратно совместимых с коммуникационными портами процессоров TMS320C4x. Общая средняя производительность программно-аппаратного комплекса на основе NM6403 для макрооперации умножения вектора на матрицу большой размерности при 32-разрядных операндах может быть оценена в 2,5 операции умножения двух операндов и сложения с третьим на такт, или 100 Моп/с. На основе процессора NM6403 разработаны и серийно производятся вычислительные модули, содержащие от 1 до 4 процессоров с тестовым интерфейсом JTAG, как автономные, так и управляемые по магистралям PCI или Compact PCI.

Процессор NM6404 будет иметь встроенную память объемом 2 Мбит, удвоенную разрядность векторного вычислителя и тактовую частоту 150 МГц, за счет чего его производительность увеличивается в 10 раз по сравнению с NM6403.

Существенным преимуществом систем на основе NM6403/NM6404 является возможность построения на их основе многопроцессорных комплексов. Устойчивое функционирование этих процессоров при температурах среды до +85 °С позволяет разрабатывать вычислительные системы с охлаждением только за счет конвективных потоков воздуха.

О возможности реализации цифровой пространственно-временной обработки тракта шумопеленгации на основе процессоров NM6403/NM6404. Тракт первичной обработки пассивной системы акустического наблюдения, содержащей значительное количество приемников, предъявляет наибольшие требования к производительности

вычислительной системы при цифровой реализации алгоритмов обработки. Алгоритм его функционирования для согласованной со средой обработки сигналов в предположении о малости полезного сигнала по сравнению с помехой может быть описан следующим образом (будем придерживаться терминологии [2], а числовые значения рассматривать как примерные):

ввести очередной блок из $2^{10} = 1024$ временных отсчетов сигнала по каждому из $2^{12} = 4096$ пространственных каналов (частота квантования 20 480 Гц, время накопления блока 0,05 с, разрядность данных — 16);

по каждому из пространственных каналов подвергнуть блок временных отсчетов дискретному преобразованию Фурье (ДПФ) и получить его спектр;

для каждого из отсчетов спектра построить очередную оценку матрицы пространственных корреляций для всех пространственных каналов;

отбелить спектр входного сигнала согласно построенной оценке матриц пространственных корреляций;

для каждого из элементов пространственного разрешения построить оценку статистики обнаружения;

сравнить статистики с порогами, решить задачи трассового накопления и классификации;

отобразить и документировать результаты.

Общий поток входных данных составляет 3200 Мбайт/с и может быть распределен с двойным запасом по скорости по магистралям памяти 8 процессоров.

Общая производительность вычислительного комплекса для подобной обработки с традиционными упрощениями алгоритмов вычислений (без отбеливания) оценивается в 3×10^{10} оп/с. Такая производительность может быть обеспечена 300 процессорами NM6403 или 30 процессорами NM6404.

Рассмотрим требования к объему оборудования для проведения согласованной со средой обработки по возможности без упрощений с целью достижения максимально возможного соотношения сигнал/шум.

ДПФ вещественных данных размерностью 1024 процессор NM6403 осуществляет за 25 000 тактов или за 625 мкс. ДПФ по всем пространственным каналам может быть, таким образом, реализова-

но за время накопления блока на 52 процессорах NM6403. Следовательно, объем вычислителя для ДПФ может быть оценен в 64 процессора, а его энергопотребление примерно в 0,7 кВт. Для процессоров NM6404 эти оценки могут быть уменьшены в 8—10 раз. Разрядность отсчетов спектра может быть принята равной 32 в соответствии с шириной магистрали обмена с памятью.

Формирование оценки корреляционной матрицы путем скользящего по времени усреднения пространственных корреляций компонент вектора отсчета временного спектра требует с учетом симметрии приблизительно N^2 операций на каждый из 512 отсчетов спектра ($N = 4096$ — число пространственных каналов). Для реализации этой операции в режиме реального времени понадобится примерно $2^{24} \times 2^9 \times 20 \times 10^{-8} = 1718$ процессоров NM6403 и, соответственно, 172 процессора NM6404. Сужение частотного диапазона, снижение требований к частоте обновления оценки матриц корреляций и/или априорный учет малости радиуса пространственной корреляции могут снизить эту оценку в несколько десятков раз.

Собственно отбеливание входного сигнала выполняется путем решения систем линейных алгебраических уравнений с матрицами, равными матрицам пространственных корреляций, и правой частью, равной вектору пространственных отсчетов, для каждого отсчета временного спектра. В случае усреднения матриц корреляций по числу реализаций большому числу приемных каналов можно предполагать матрицы пространственных корреляций, имеющие полный ранг, и применять модификации метода Холецкого [3]. Число операций в подобных методах пропорционально $N^3/3$, что требует для их осуществления в режиме реального времени производительности примерно $1/3 \times 2^{36} \times 2^9 \times 20$ оп/с, или 351 844 процессора NM6403, или 35 185 процессоров NM6404. Однако физический смысл позволяет предположить малую скорость изменения корреляционной матрицы и проводить ее разложение, например, только 1 раз в секунду, что позволит уменьшить число потребных процессоров до 350 или 35. Априорный учет малости радиуса прост-

ранственной корреляции снова может существенно улучшить эту оценку. При реализации метода Холецкого на многих процессорах следует учесть существование его модификаций, ориентированных на многопроцессорные системы [4].

Если число реализаций M , по которым проводится усреднение, меньше числа приемных каналов N , то для отбеливания можно применить QR разложения неполного ранга [3] матрицы векторов, по которым проводится усреднение. Оценка числа потребных для этого операций имеет вид $M^2 \times (N - M/3)$ на каждый отсчет временного спектра, и если производить усреднение по 1024, а не по 4096 реализациям, то требования к производительности соответствующего вычислителя снижаются в 17,5 раза.

Формирование статистик обнаружения для R элементов простран-

ственного разрешения путем скалярного умножения векторов передаточных функций на отбеленный вектор сигнала и суммирование норм результатов по всем частотам требует $P \times N$ операций на каждый отсчет спектра и при $P = N$ требует для осуществления в реальном масштабе времени 1718 процессоров NM6403. Снова сужение частотного диапазона может снизить эту оценку в несколько десятков раз. Отметим также, что в случае представления передаточных функций в лучевом приближении в виде набора задержек экономия объема вычислений до $N/\log_2 N = 341$ раза может принести применение быстрых методов умножения на матрицы из экспонент [5].

Современные алгоритмы обработки вполне могут быть реализованы вычислительной системой на основе нескольких тысяч/сотен процессоров NM6403/NM6404. В то же

время для реализации полностью согласованной первичной обработки в тракте пассивного акустического наблюдения и других приемных трактах с подобной обработкой со значительно меньшим числом приемников (или узкой полосой, как для активной локации или обнаружения узкополосных сигналов), например, $N = 128$, оказывается достаточным при прочих равных условиях порядка десяти процессоров NM6403.

Литература

1. Компьютерное обозрение. 1999. №10.
2. Малышкин Г. С., Холостов М. В. Оптимальное обнаружение пространственно-временных гидроакустических сигналов. Л.: ИПК МСП, 1990.
3. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления/Пер. с англ. М.: Мир, 1999.
4. Вальях Е. Последовательно-параллельные вычисления/Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
5. Нечепуренко Ю.М. Быстрые алгоритмы умножения на вектор матрицы Вандермонда//Архитектура ЭВМ и численные методы. М.: ОВМ АН СССР, 1985.

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ ОАО «Соломбальская судостроительная верфь» приступила к осуществлению проекта постройки рыбопромыслового судна с корпусом и надстройкой из полимера на основе полиэфирных смол. Длина судна 10,65, ширина 3,6, осадка 1,73 м, водоизмещение 11 т, объем трюма 8,5 м³, мощность двигателя 100 кВт, автономность 40 ч, экипаж 4 чел.

✓ 25 июля Минтранс и ОАО НК «Роснефть» подписали соглашение о сотрудничестве в развитии транспортной системы России. В частности, оно касается ледокольного обеспечения вывоза углеводородного сырья из арктических районов. Будут также проработаны (ЦНИИ МФ) транспортно-технологическая схема их транспортировки по Северному морскому пути и проект танкера максимального дедвейта для Енисея.

✓ ОАО «Росагролизинг» начало поставки рыболовных судов на условиях программы федерального лизинга для рыбколхозов Мурманской области. Первые два малых траулера «Звезда рыбака» и «Звезда удачи» (пр. 21280) предназначены для колхозов «Ударник-1» и «Ударник-2». Стоимость каждого судна около 62 млн руб., авансовый платеж — 30%, залог — собственные суда, срок — 5 лет при 7,5% годовых.

✓ ОАО «Новороссийское морское пароходство» разместило заказ

на четыре танкера дедвейтом по 105 000 т на южнокорейской верфи Hyundai Heavy Industries. Сдача судов запланирована на февраль, сентябрь, ноябрь 2005 г. и январь 2006 г.

✓ Первая плавучая заправочная станция, построенная в ОАО «Астраханская судовой верфь», начала эксплуатироваться в дельте Волги. Предложенный специалистами ОАО НК «Лукойл» способ заправки маломерных судов по типу АЗС использован в проекте специального плавсредства, разработанном АО «Астраханское ЦКБ».

✓ 27 июля в ОАО «Окская судовой верфь» состоялась закладка сухогруза дедвейтом 7100 т пр. 006RSD02. Судно спроектировано Морским инженерным бюро (Одесса), а рабочую конструкторскую документацию разрабатывает ОАО КБ «Вымпел».

✓ Специальная подводная лодка, предназначенная для научно-технических целей и спасения людей в экстремальных ситуациях, спущена на воду со стапеля цеха № 42 ФГУП ПО «Севмаш». За особенности ее конструкции, включающей сферические сегменты, заводчане прозвали ее «Лошариком». Заказ был заложен еще при советской власти.

✓ ОАО «Приморское морское пароходство» провело в Гамбургском опытовом бассейне испытания моделей танкеров ледового класса дедвейтом 105 000 т типа «Афрамас». Три таких 240-м судна будут построены в

конце 2005 г. — начале 2006 г. на южнокорейской верфи Hyundai Heavy Industries в Ульсане. По контракту с «Эксон Нефтегаз Лимитед» танкеры будут использоваться для круглогодичного вывоза сырой нефти с месторождений шельфа Сахалина в рамках проекта «Сахалин-1».

✓ Успешно завершила свой первый рейс в Дудинку с буксиром-толкатом РТ-693 нефтеналивная модернизированная баржа пр. Р147, принадлежащая ОАО «Енисейское речное пароходство». В соответствии с программой обновления флота, принятой в пароходстве, длина баржи была увеличена на один отсек (14,4 м), палуба поднята на 0,9 м, в итоге грузоподъемность возросла с 1000 т до 2000 т.

✓ ОАО «Мурманское морское пароходство» планирует поэтапное обновление флота в основном путем его модернизации и покупки «секондхэнд»-судов. Например, разработан и реализуется проект удлинения балкеров типа «Дмитрий Донской». Внедрена технология ремонта парогенераторов атомных паропроизводящих установок ледоколов, позволяющая значительно продлить их ресурс.

✓ 1 августа в ФГУП ПО «Севмаш» на специальной барже-понтоне BOS-600 прибыло верхнее строение норвежской буровой платформы Natton (куплена ЗАО «Севморнефтегаз»), которое будет использовано при формировании МЛСП «Приразломная». □

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Е. Г. Бурмистров, канд. техн. наук (ВГАВТ, Н. Новгород)

УДК 504.002.5:629.5

Повышение экологической безопасности производственных процессов является одной из актуальных задач современного судостроения. Попытки ее решения сводятся в основном к внедрению в производство «типовых» энерго- и ресурсосберегающих технологий, а также применению специальных средств и методов активной инженерной защиты окружающей среды. Достижение поставленной цели при этом не всегда является однозначно обеспеченным из-за многовариантности путей решения экологических задач. Поэтому особое значение приобретают вопросы оптимизационного обоснования рекомендуемых конструктивных и технологических решений.

Экологические оптимизационные задачи имеют ряд особенностей по сравнению с физическими или технологическими. Для их решения методы математического программирования и другие численные методы мало пригодны. Основная их особенность заключается в том, что в этом случае рассматриваются два вида исходных данных, различных по своей природе: первый — это технико-экологические характеристики исследуемого объекта, которые являются относительно стабильными и могут быть описаны точными математическими зависимостями; второй — экономические показатели, являющиеся величинами относительноными, зависящими от конъюнктурных условий и выраженные чаще всего через различные аппроксимационные зависимости.

Решение таких задач в условиях судостроения с максимальной эффективностью может быть получено при использовании методов инженерной оптимизации. Наиболее предпочтительными являются методы, основанные на введении обобщенных переменных [1, 2], объединяющие различные исходные данные и зависимости в ограниченное количество обобщенных комплексов, являющихся критериями подобия. Целевая функция в этом случае приводится к безразмерному виду, что значительно упрощает общий анализ задачи и сокращает число аргументов. Отдельные частные решения при этом будут инвариантными для множества других, отличающихся исходными данными изучаемого объекта. Преимущества данного метода

наиболее отчетливо проявляются при прогнозировании развития новой экозащитной техники и технологий.

При постановке задачи предварительно должны быть определены оптимизируемые параметры исследуемого объекта и выбранны критерии оптимальности. В качестве первых могут быть применены экономические показатели, широко используемые при традиционном обосновании технических решений. Наиболее перспективной представляется оценка новых технических решений по наибольшему значению годового экономического эффекта от внедрения экозащитных мероприятий. Существующие методы расчета этого показателя не предусматривают определения варианта с максимальным значением годового экономического эффекта. Обычно решается альтернативная задача, т. е. рассматриваются существующий и предлагаемый варианты. Если предлагаемый вариант имеет положительное значение, он и рекомендуется к внедрению.

Выбор показателя годового экономического эффекта (ГЭЭ) в качестве оптимизируемого параметра оправдан еще и тем, что технико-экономическое обоснование различных вариантов решения экологических задач с помощью данного показателя и оптимизация этих решений — мероприятия одной природы. Кроме того, применение этого показателя имеет ряд преимуществ перед другими:

при использовании любых других показателей может оказаться, что оптимальный вариант имеет отрицательное значение ГЭЭ или не может быть выявлен при оптимизационных расчетах. Подобное исключено при выборе ГЭЭ в качестве оптимизируемого показателя;

ГЭЭ в соответствии с действующими методиками может определяться путем расчета только дополнительных капитальных вложений ΔK и снижения себестоимости ΔC без определения общей суммы капитальных вложений и общей себестоимости вариантов, что исключает возможную неполноту учета всех затрат и сложности, возникающие при их определении;

экономическая эффективность любого варианта экозащитной техники или техноло-

гии может быть сразу определена с помощью математического аппарата оптимизационного расчета;

понятие ГЭЭ известно широко кругу инженерно-технических работников, поэтому в расчетный аппарат для оптимизации не вносятся новые понятия. Это делает методологию оптимизации доступной специалистам, занимающимся разработкой и внедрением новой экозащитной техники и технологий.

При выборе критерия оптимальности необходимо иметь в виду, что он должен однозначно характеризовать рассматриваемый вариант экозащитной технологии. Желательно также, чтобы этот показатель имел аналитическую или аппроксимационную зависимость от экономических показателей.

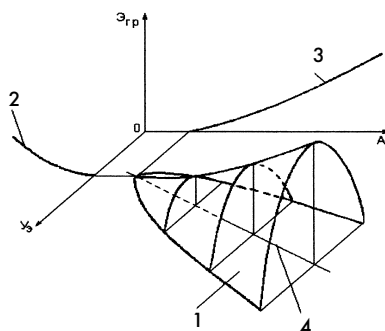
В качестве такого показателя, в той или иной степени удовлетворяющего перечисленным требованиям, предлагается использовать показатель уровня экологической безопасности Y_3 , характеризующий степень насыщенности производства экозащитной техникой и технологиями и эффективности их использования

$$Y_3 = \frac{\sum K_{oc} - \sum K_{op}}{\sum K_{oc}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $\sum K_{oc}$ — сумма коэффициентов экологической опасности работ, выполняемых по базовому варианту технологии, за который целесообразно принять существующий (применяемый) вариант; $\sum K_{op}$ — сумма коэффициентов экологической опасности работ по рекомендуемому варианту.

Принципиально может быть принят и любой другой родственный показатель. Однако рекомендуемый показатель более удобен, поскольку имеет корреляционную зависимость от дополнительных капитальных вложений в экозащитные технологии. Это существенно упрощает разработку целевой функции для решения оптимизационной задачи. В общем виде она будет заключаться в составлении математического выражения ГЭЭ через показатель уровня экологической безопасности производства.

Кроме того установлен вид аппроксимационной зависимости дополнительных капитальных вложений от показателя уровня экологической



Графическая интерпретация целевой функции для оптимизации рекомендуемой технологии по уровню экологической безопасности Y_3 :

- 1 — $\mathcal{E}_{гр} = pY_3^2 + qY_3 + gY_3A = uA + v$;
- 2 — $\mathcal{E}_{грmax} = p_1Y_3^2 + gY_3 + v_1$;
- 3 — $\mathcal{E}_{грmax} = p_2A^2 + g_2A + v_2$;
- 4 — $A = a_2Y_3 + b_2$

безопасности производства: $\Delta K = aY_3^2 + bY_3 + c$. В целях сокращения трудоемкости расчета входящих в данное выражение величин, целесообразно использовать имеющиеся машинные программы, а для определения оптимальных значений уровня экологической безопасности производства, кроме того, разработать номограммы, по аналогии с имеющимися в отрасли [2], для определения оптимального уровня механизации технологических процессов.

Коэффициент экологической опасности, входящий в выражение (1), может быть определен по известным методикам, например в работе [3]:

$$K_o = \sum M / 10^3 \text{ ПДК}, \quad (3)$$

где $\sum M$ — валовое значение производственных эмиссий, г/с; 10^3 ПДК — предельно допустимая концентрация вредных веществ в рабочей зоне, на промышленной площадке или в воздухе близлежащего населенного пункта, г/м³.

Целевая функция, представляющая собой математическое выражение критерия оптимальности через оптимизируемый показатель, для оптимизации экозащитных технологий описывается известным уравнением

$$\mathcal{E}_{гр} = \Delta C_p - E_n \Delta K_p \Rightarrow \max, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_{гр}$ — годового экономического эффект от внедрения рекомендуемой экозащитной технологии, тыс. руб.; ΔC_p — снижение себестоимости годового объема производства продукции с дополнительной прибылью в сфере эксплуатации от при-

менения рекомендуемой экозащитной технологии, тыс. руб.; E_n — нормативный коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений на новые средства технологического оснащения и экозащитное оборудование; ΔK_p — дополнительные капитальные вложения на новые средства технологического оснащения и экозащитное оборудование в рекомендуемой технологии, тыс. руб.

Определение целевой функции при граничных условиях $0 < Y_3 < 100$ и $1 \leq A \leq A_n$ дает выражение для целевой функции, пригодное для практических расчетов

$$\mathcal{E}_{гр} = pY_3^2 + qY_3 + gY_3A = uA + v, \quad (5)$$

где $p = -a(E_n + h_d)$; $q = -b(E_n + h_d)$; $g = H_d(S_o + S_{np})/100$; $u = -r(S_o + S_{np})$; $v = -c(E_n + h_d)$ — коэффициенты целевой функции, постоянные для оптимизируемого варианта технологии.

Аналогичные результаты получены Н. Д. Баженовым [1, 2] для оптимизации технологических процессов судостроительно-судоремонтных производств по уровню механизации. В целях сохранения единообразия буквенных обозначений в предлагаемой методике в основном приняты те же обозначения, что и в указанных работах.

Графической интерпретацией выражения (5) является гиперболический параболоид (рисунок), который в экстремальной точке не имеет ни максимума, ни минимума, т. е. целевая функция для оптимизации экозащитных технологий в судостроении не имеет глобального оптимума. Частные решения заключаются в определении точек, лежащих на линии наибольших значений ГЭЭ. Они могут быть получены методами базовой точки [1], золотого сечения, методом Ньютона и др., используемыми в математическом анализе.

Заключение. 1. Анализ решений экозащитных задач и выполненные оптимизационные исследования позволили установить, что для оптимизации экозащитных технологий в судостроении наиболее приемлемыми являются методы инженерной оптимизации, основанные на использовании обобщенных переменных.

2. С учетом изложенных тезисов, общая последовательность оп-

тимизационных расчетов сводится к определению зависимости $\Delta K = f(Y_3)$, расчету оптимального значения показателя уровня экологической безопасности производства по рекомендуемой экозащитной технологии, корректировке рекомендуемого или разработке принципиально нового варианта технологии, проверке на оптимальность откорректированного варианта или оптимиза-

ционному расчету вновь разработанной технологии.

3. Для определения оптимальных значений показателя уровня экологической безопасности производства Y_3^{opt} могут быть разработаны соответствующие номограммы, по аналогии с разработанными в отрасли [2] для определения уровня механизации технологических процессов Y_M^{opt} .

Литература

1. Баженов Н. Д. Оптимизация технологических процессов методом базовой точки. Горьк. ин-т инж. водного транспорта, 1983. Деп. в ЦБНТИ Минречфлота 3 мая 1983, № 32-рф-Д83.
2. Баженов Н. Д. Целевая функция для оптимизации технологических процессов судостроительного производства. Горьк. ин-т инж. водного транспорта, 1985. Деп. в ЦБНТИ Минречфлота 15 июля 1985, № 91-рф-Д85.
3. Столцов А. В., Буцкалев А. Н. Виды загрязнений и мероприятия по защите атмосферы при судоразделке // Судостроение. 2000. № 5.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Э. В. Ганов, канд. техн. наук, И. А. Смирнова (СПбГМТУ)

УДК 681.322:621.643.084.11

В настоящее время создан ряд автоматизированных систем, позволяющих с применением ЭВМ разрабатывать чертежи судовых трубопроводных систем, — это Tribon Pipe, САПР-Т, Астра и др. Чертежи судовой системы создаются на базе разработанного ЭВМ чертежа корпусных конструкций. В базе данных ЭВМ имеются сведения о применяемых трубах, соединительных элементах, крепеже и т. п. Исходным документом для создания чертежа является принципиальная схема системы, на которой еще нет размеров и координат, но показаны все ее элементы.

При разработке чертежа в каком-либо отсеке судна намечается исходная точка начала трубопровода, и ее координаты вводятся в ЭВМ. Затем задается направление первой трубы и вводятся данные о ее диаметре и другие параметры. По заданной программе ЭВМ определяет положение первой трубы до первого погиба, затем его угол и направление следующего прямого участка. Вместе с тем учитываются и возможные препятствия: набор, переборки, оборудование и механизмы до намечаемого соединения и далее. Контур трубы высвечивается на экране дисплея. При проведении следующих труб учитываются необходимое расстояние между ними или до корпусных конструкций.

Заранее в ЭВМ вводится информация о размерах основных трубопроводов и геометрических характеристиках трасс, а также систематизированные правила и нормы проектирования каждого трубопровода. Для обращения к ним достаточно ввести в память машины номер конструктивной группы трубопровода, системы. Вводятся также данные о наличии свободного пространства для трассировки трубопровода и координаты точек его подключения к механизмам, аппаратам и другому судовому оборудованию, вырабатываются оптимальные геометрические параметры трассы. Одновременно на основе гидравлических и прочностных расчетов определяются размеры поперечных сечений труб и их сортамент. В дальнейшем на ЭВМ разрабатывается общий чертеж трубопроводов в отсеке судна и выводится на печать (рис. 1). Есть возможность выполнять и более наглядное аксонометрическое изображение системы (рис. 2).

С помощью ЭВМ выполняются и чертежи отдельных труб (рис. 3), необходимая техническая документация — это спецификации, карты с эскизами труб, ведомости изоляции, отличительных планок, конструкторской документации и др.¹

Трасса системы при ее прокладке непрерывно согласуется с распо-

ложением смежных систем, корпусных элементов, механического и электромеханического оборудования (САПР-К, САПР-МО, САПР-ЭТО). Системы, аналогичные САПР-Т, могут разрабатывать программы управления автоматизированными станками и гибкими автоматизированными линиями для обработки труб.

Порядок получения чертежа системы трубопроводов в модуле Tribon Pipe. Для разработки чертежа любой трубопроводной системы с помощью этого модуля необходимо получить исходные данные. Как правило, эту информацию предоставляют ведущий конструктор и технолог, которые занимаются раз-

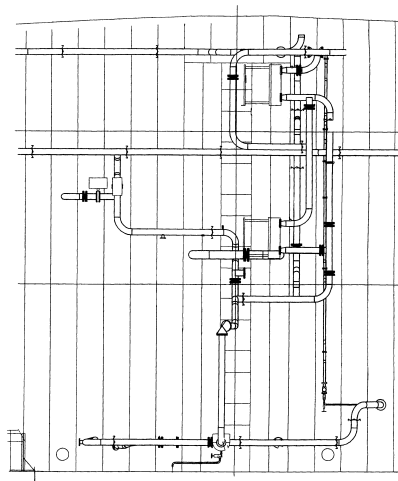


Рис. 1. Чертеж системы трубопроводов в отсеке судна, выполненный на ЭВМ

работкой технического проекта на основании технической спецификации на судно. В процессе работы над техпроектом создается теоретический чертеж судна, общее расположение, определяется предварительный состав оборудования и со-

¹Механизация и автоматизация судостроительного производства/Л. Ц. Адлерштейн, М. И. Клестов, Л. А. Нахамкин, Е. С. Панков, В. Ф. Соколов/Справочник. Л.: Судостроение, 1988.

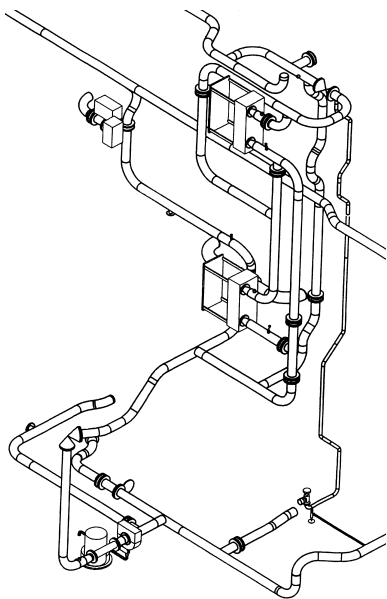


Рис. 2. Построенное на ЭВМ аксонометрическое изображение системы трубопроводов

ставляется перечень систем. Технолог выполняет разбивку судна на строительные районы (блоки), помещения (модули). Вся эта информация поступает конструктору, который занимается разработкой чертежей систем трубопроводов и эскизов труб.

Сначала разрабатывается принципиальная схема системы в Tribon General Design, т. е. рисуются ветки трубопровода, расставляются арматура. Параллельно с этим составляется база применяемых в системе труб, арматуры, оборудования. В Pipe Specifications вводится:

- генеральная информация о системе, а именно: наименование, т. е. набор символов, которыми идентифицируют данную трубу или клапан на принципиальной схеме; среда, в которой будет работать система; температура максимальная и минимальная, рабочее давление, плотность жидкости;

- информация о трубах: скорость движения жидкости в трубе, ее расход, типоразмеры труб. По введенной скорости или расходу определяют наружный диаметр трубы и толщину стенки;

- информация о типе и назначении арматуры.

Наряду с базой данных труб и арматуры, создается база данных оборудования, в которой содержится перечень всего оборудования, входящего в состав системы. База

данных оборудования необходима для того, чтобы создать документацию по расположению и монтажу оборудования. Она содержит координаты расположения, массу, поставщика, наименование оборудования, стоимость и др.

После создания графической схемы и спецификации происходит присвоение данных из спецификации веткам и арматуре. В результате можно получить полную информацию в сводных таблицах в Diagram List по применяемым в системе элементам.

Наличие принципиальной схемы системы со всеми обозначениями труб и клапанов и сводных таблиц позволяет приступить к трассировке трубопровода.

В Pipe Interactive Modeling выводится необходимое число проекций и сечений созданного в Tribon Hull корпуса, необходимых для прокладки трубопровода. Если нет нужной конструкции, то трубопровод прокладывается по координатам или по объемам помещений. При необходимости на экран можно вывести кабели, трубопроводы других систем, оборудование (все это на фоне конструкций корпуса).

Следующая стадия создания чертежа — прокладка осевой линии трубопровода в существующих объемах или корпусе. За отправную выбирается произвольная точка в про-

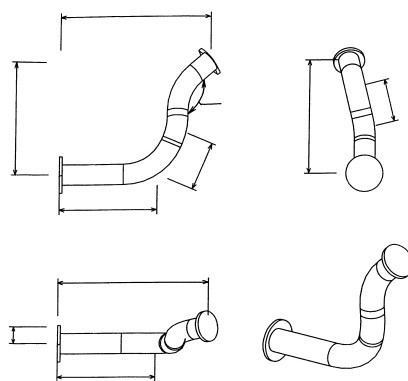


Рис. 3. Выполненные на ЭВМ чертежи отдельных узлов труб

странстве — точка присоединения к оборудованию или другому существующему трубопроводу. Далее для готовой осевой линии задается материал трубы по компоненту, выбранному из базы данных. На экране компьютера осевая линия приобретает вид трубы, т. е. становится

объемной. После этого расставляются фланцы, арматура, штуцерные соединения, отростки, которые также выбираются из базы данных компонентов. Программа Tribon в процессе рисования системы проверяет правильность соединения труб, материалов, совместимость присоединительных размеров.

На стадии создания модели задаются параметры для испытания трубопровода на плотность, прочность и задается обработка поверхности трубопровода, покрытие, окраска, сварка, которые должны быть впоследствии отражены в эскизах; указывается также наличие изоляции и номер рабочего чертежа.

В системе комплексной проверке подвергаются: радиусы погиба, длина трубы (если она больше заказной, то необходимо ввести дополнительный сварной стык или фланцевое соединение), пропущенные позиции, возможность изготовления с помощью описанных гибочных машин, пересечение труб друг с другом и с корпусной конструкцией, очистка, окраска, испытательное давление, масса, возможность развальцовки или обжатия, возможность сварки материалов, присоединительные размеры. Если нет существенных замечаний, то трубопровод записывается в базу данных. Далее выполняется его разбивка на участки (спулы), и в результате обработки информации можно получить эскизы отдельных труб, выполненные по стандартной форме.

В Pipe Statistic можно получить сводные данные по модулю, системе, блоку: количество труб и клапанов, стоимость, поставщик и т. д.

Tribon позволяет вычислить координаты центра тяжести системы и ее массу (как сухую, так и с рабочей средой).

Система координат, принятая в Tribon, отличается от принятой в России: положительное направление по оси ординат в Tribon соответствует отрицательному в российской системе координат. Это обстоятельство необходимо учесть при получении параметров нагрузки.

После подготовки всей документации в цех подается спецификация (эскизы и сводные данные), которая и является основным документом для работы. □

ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ АТО

Н. И. Александров, В. А. Анитропов, А. Я. Розинов, канд. техн. наук,
И. Н. Тарасов (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 658.012:623.827.2.002.8

Оснащение отечественного флота кораблями и судами с атомными паропроизводными установками привело к необходимости создания специализированных судов атомно-технологического обслуживания (АТО), предназначенных для сбора, транспортирования и временного хранения жидких и твердых радиоактивных отходов, а также отработавшего ядерного топлива; проведения перезарядок ядерных реакторов и дозиметрического контроля кораблей и судов с атомными паропроизводящими установками.

Специфика эксплуатации и конструктивно-технологические особенности судов АТО¹ требуют разработки и применения нетрадиционных организационно-технологических принципов их утилизации, которая может осуществляться по двум вариантам:

конвертация утилизируемой части судов АТО путем предварительного образования корпусной упаковки, предназначенной для временного хранения на плаву и последующей утилизации по истечении необходимого срока выдержки в пункте временного хранения, для чего объект утилизации преобразуют в плавучее сооружение с удаленными надстроечными конструкциями и установленными подкреплениями корпуса по всей длине обшивки;

деление корпуса и надстроек на отдельные конструкции и блоки с обязательным формированием (выделением) крупногабаритных блоков хранилищ отработавшего ядерного топлива, твердых радиоактивных отходов и цистерн активных вод, последующим хранением на береговых площадках сформированных блоков с радиоактивными загрязнениями, а также утилизацией конструкций корпуса и надстроек, характеризующихся допустимым уровнем радиоактивного загрязнения.

При первом варианте организационно-технологической схемы утилизации необходимо провести комплекс работ, представленных на рис. 1. В числе этих работ — подготовка к утилизации, осуществляемая в период вывода из эксплуатации судна АТО, а также сам процесс утилизации на плаву, в доке и на берегу.

В процессе конвертации в первую очередь следует демонтировать конструкции надстроек, расположенные выше верхней палубы, что требует контроля за обеспечением необходимой остойчивости утилизируемых судов. Расчетами установлено, что в результате удаления твердых и жидких радиоактивных отходов (РО) и переменных грузов углы дифферента и крена утилизируемого судна будут минимальными. Объясняется это тем, что в сумме масса удаляемых грузов незначительна и практически равномерно распределена по длине и ширине корпуса судна.

В то же время конструкции корпуса, расположенные выше верхней палубы, имеют значительную массу и размещены на корпусе отдельными островами (рубки, надстройки). В результате, если демонтаж надстроек будет начат в районе оконечностей, то последующие демонтажные работы придется проводить при ощутимом дифференте, не представляющем опасности для утилизируемого судна, но создающем неудобства в работе. Поэтому вначале должны быть демонтированы мачты, краны и средняя надстройка или средняя часть длинной надстройки и средних рубок, имеющих центр тяжести, близкий к мидель-шпангоуту. Это обеспечит небольшой дифферент на корму, ликвидируемый после демонтажа кормовой надстройки. При этом внутри корпуса должно быть демонтировано только оборудование, не выработавшее ресурс, ибо его можно использовать в дальнейшем без капитального ремонта. Демонтаж мелкого оборудования может быть выполнен в любое время процесса утилизации и в любой последовательности.

Демонтаж верхних строений и наличие коррозионного износа корпусных конструкций приводят к ослаблению продольной (общей) и местной прочности утилизируемого корпуса, что создает опасность его разрушения и затопления при продолжительном отстое на плаву. С учетом этого корпус после ввода в док должен быть подкреплен системой приварных тавровых балок, перевязанных между собой кницами. Такое подкрепление должно быть установлено снаружи ослабленного корпуса: по днищу — от горизонтального киля до скулы

¹В тени ядерного флота/В. А. Анитропов, Н. И. Александров, А. И. Ветютнев, С. А. Матвеев//Жизнь и безопасность. 2001. № 1—2.

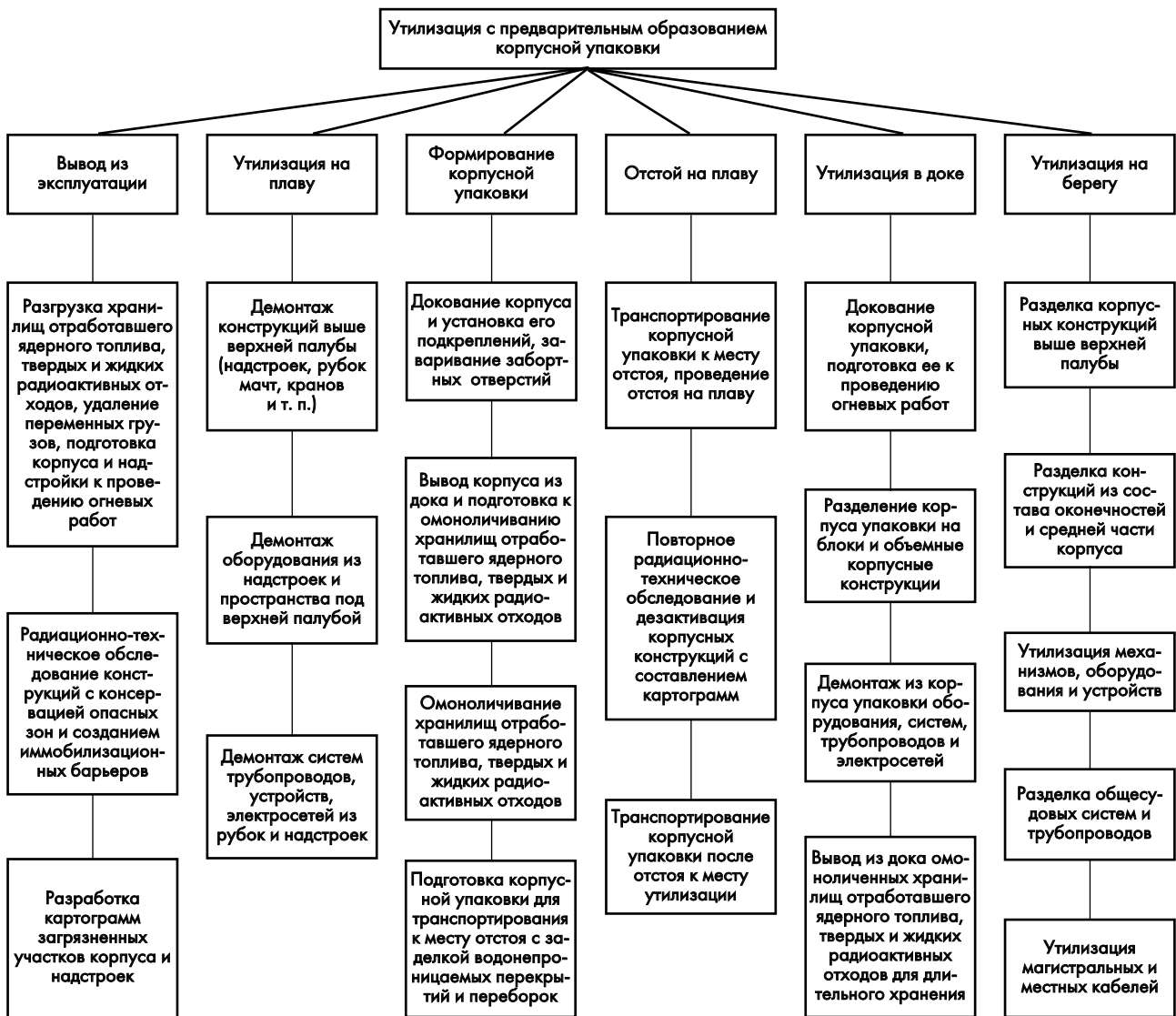


Рис. 1. Схема утилизации судов АТО путем предварительного образования корпусной упаковки

по обоим бортам; на верхней палубе — по пространству между бортами и центральными люками.

После установки подкреплений необходимо заварить все отверстия в бортах и на верхней палубе, образовавшиеся в результате демонтажа надстроек, тамбуров, оборудования и т. п. Затем — с целью уменьшения коррозии — загрузить днищевые подкрепления и подводную часть корпуса.

Для омоноличивания хранилищ отработавшего ядерного топлива и РО следует использовать специальные мелкозернистые смеси, представляющие собой тонкодисперсионные составы из наполнителей, вяжущего компонента, химических добавок и воды.

Транспортировать корпусную упаковку в пункт временного хране-

ния на плаву, а также к месту ее утилизации после завершения отстоя следует с соблюдением необходимых мер безопасности судоходства.

Наиболее безопасным представляется вариант транспортирования корпусной упаковки в плавучем доке.

Во втором варианте организационно-технической схемы утилизации судов АТО, исходя из их конструктивно-технологических особенностей, эксплуатационного назначения, уровня загрязнения хранилищ отработавшего ядерного топлива, РО и поверхностей конструкций корпуса и надстроек, выявленных в процессе инженерных и радиационных обследований, работы по утилизации должны осуществляться в объеме, представленном на рис. 2. При этом необходимо, чтобы процесс утилизации соответ-

ствовал выбранной схеме деления корпуса и надстроек на блоки и отдельные конструкции. Выбранный вариант деления утилизируемого судна АТО должен учитывать конструктивно-технологические особенности объекта утилизации, а также грузоподъемность доков и кранового оборудования, которыми располагает предприятие, где намечено осуществление утилизации. Также следует принять во внимание результаты радиационно-технического обследования, проводимого для оценки коррозионного износа и общего радиационного состояния подлежащих утилизации изделий. В процессе этого обследования необходимо выявить размеры местных вмятин, пробоин, свищей и неплотностей, оценить степень износа обшивки днища и бортов, настилов па-

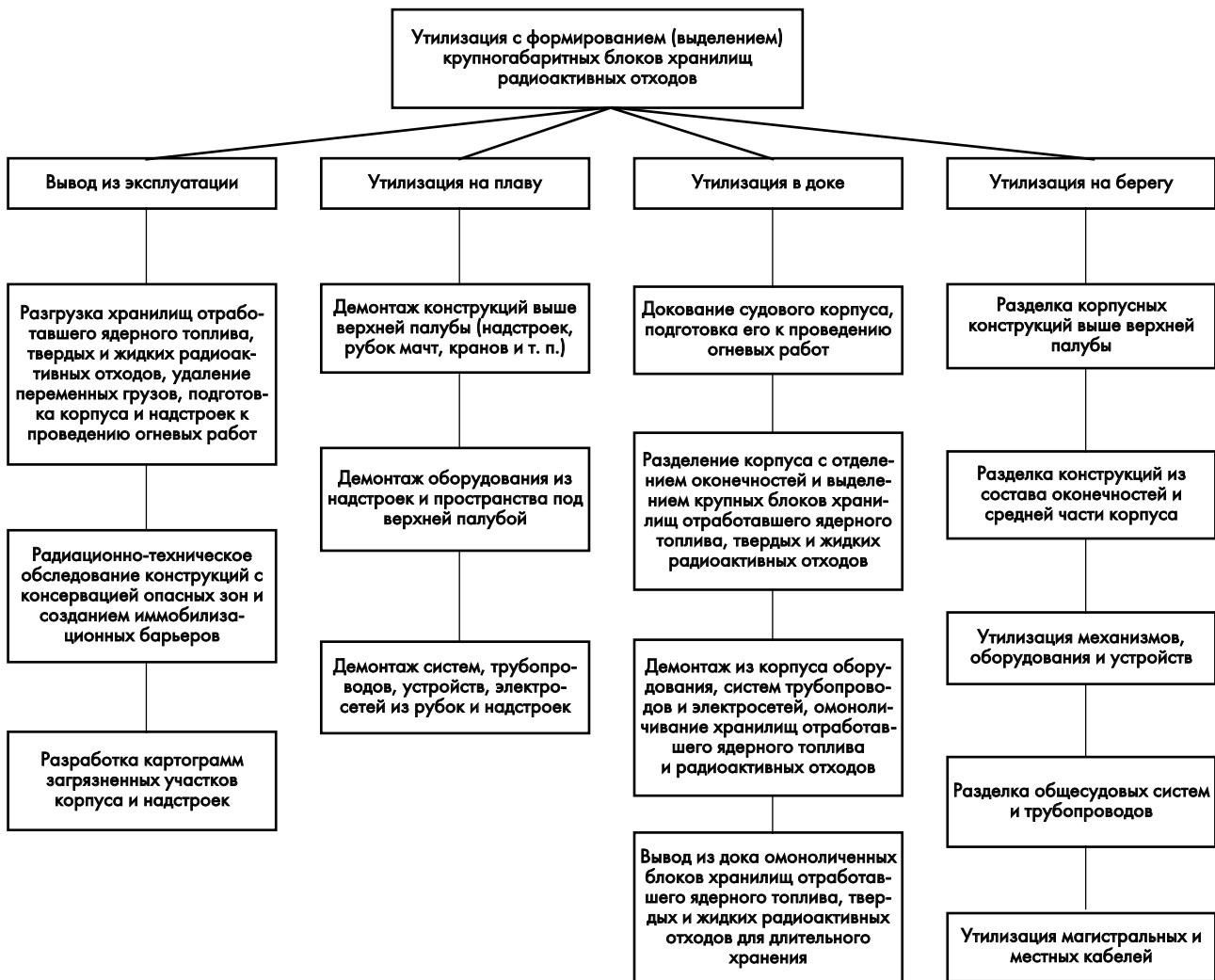


Рис. 2. Схема утилизации судов АТО с формированием крупногабаритных блоков хранилищ РО

луб и платформ, полотнищ переборок и выгородок.

По результатам радиационного обследования составляются картограммы загрязненности радионуклидами и определяются места необходимого формирования инженерных иммобилизационных барьеров. На основе полученных данных, а также по результатам оценки стоимости получаемого вторичного металла и затрат на дезактивацию и локализацию радиоактивных загрязнений разрабатываются предложения по нормализации радиационной обстановки методами, уменьшающими опасность выхода радионуклидов в окружающую среду на стадии хранения объектов утилизации и увеличивающими долю возвращаемого в промышленность металлического сырья. Соответственно выявленным границам зон радиоактивного загрязнения должна быть также выбрана

схема разделки и утилизации корпусных конструкций, оборудования, систем, трубопроводов, кабельных сетей и т. п.

Таким образом, при выборе вариантов деления корпуса и надстроек утилизируемых судов АТО следует обязательно учитывать необходимую конструктивно-технологическую жесткость блоков и отдельных конструкций, которая должна быть обеспечена с учетом их коррозионного износа и наличия иммобилизационных барьеров. Для создания необходимой конструктивно-технологической жесткости в состав выделяемых блоков корпуса и надстроек должны входить части палуб, платформ и поперечных переборок, обеспечивающих наибольшую транспортную массу блоков и необходимую прочность их конструкций в процессе транспортирования кранами. В ряде случаев с учетом коррозион-

ного износа обшивки и набора масса транспортируемых частей корпуса и надстроек может быть существенно меньше грузоподъемности используемых транспортных средств, поскольку главной задачей является предотвращение разрушения подвешенных на кранах утилизируемых конструкций в целях соблюдения производственной и экологической безопасности.

Для достижения аналогичной цели из состава утилизируемых корпусов судов АТО должны быть выделены блоки или объемные конструкции, включающие хранилища отработавшего ядерного топлива, жидких и твердых РО.

Наряду с указанным, деление корпуса по функционально-эксплуатационному признаку составляющих отсеков, помещений и т. п. позволит сократить трудоемкость последующих утилизационных работ. В этом

Распределение трудоемкости процесса утилизации судов АТО		
Цикл процесса утилизации		Относительная трудоемкость, %
Основные периоды осуществления работ	Содержание выполняемых работ	
На плаву	Вывод плавучего средства (судна АТО) из эксплуатации	1,5
	Демонтаж мачт, надстроек, рубок, кранов, палубного и подпалубного оборудования	26,7
В плавучем или сухом доке	Постановка в док, образование корпусной упаковки, деление на блоки и отдельные корпусные конструкции	32,6
На берегу в цехах предприятия	Утилизация корпусных конструкций, механизмов, трубопроводов, систем, электрооборудования и т. п.	39,2
Итого		100,0

случае процесс может быть организован на принципах групповой обработки и последующей комплектации, что существенно снизит продолжительность работ, а также позволит эффективно решить задачу повышения их радиационной безопасности.

Утилизацию удаленных из корпуса судов АТО механизмов, оборудования, электрокабелей, систем и трубопроводов можно проводить одновременно с утилизацией корпусных конструкций. При этом с целью оценки возможности повторного использования следует провести ревизию технического состояния механизмов и устройств. Наряду с этим в процессе демонтажа и разделки общесудовых систем необходимо выполнить их маркирование, обрезку фланцев, резку в размер, сортирование по маркам материала. Утилизируемые местные и магистральные кабели должны быть разрезаны в размер, связаны в пучки и отправлены на разделку.

Анализ состава, технологических особенностей и условий выполнения работ, обеспечивающих утилизацию судов АТО, позволяет считать, что при реализации описанных организационно-технологических принципов трудоемкость процесса утилизации будет распределяться по периодам организационно-технологических схем, рассмотренных в настоящей статье, так, как это представлено в таблице.

С учетом данных таблицы и на основе описанных выше организационно-технологических принципов к настоящему времени для возможности осуществления утилизации судов АТО разработаны следующие технические документы:

Принципиальная технология утилизации плавучих емкостей типа ПЕК-50;

Организационно-технологическая схема утилизации технических наливных танкеров проектов 1783 и 1783А;

Принципиальная технология и организация утилизации плавучих технических баз проектов 326 и 326М;

Организационно-технологическая схема утилизации плавучих контрольно-дозиметрических станций. □

НОВЫЕ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПЛАНЫ ВМС США

Летом этого года американским законодателям был представлен 16-страничный документ об общих кораблестроительных планах ВМС США на ближайшие 30 лет — «A Report to Congress on Annual Long-Range Plans for the Construction of Naval Vessels». Он подготовлен контр-адмиралом Гарри Ульрихом (Harry Ulrich) — директором надводных сил в ведомстве начальника военно-морских операций.

План предлагает ежегодно, в течение трех десятилетий, выделять из бюджета 16 млрд дол. на новые корабли, что на 2/3 больше уровня нынешнего финансирования. Работы предусматривается выполнять в ходе пятилетних периодов:

2004—2008 гг.; 2009—2013 гг.; 2014—2018 гг.; 2019—2023 гг.; 2024—2028 гг.; 2029—2033 гг.

ВМС США запрашивают у Конгресса средства на постройку 298 кораблей.

Кораблестроительные планы ВМС США на период 2004—2033 гг.

Тип корабля	Годы					
	2004—2008	2009—2013	2014—2018	2019—2023	2024—2028	2029—2033
Авианосец CVN21	1	1	1	1	2	1
Многоцелевая АПЛ SSN774	7	12	6	—	—	—
Многоцелевая АПЛ SSN774I	—	—	8	11	6	4
АПЛ с баллистическими ракетами SSBN(X)	—	—	—	1	5	5
Эсmineц DD(X)	5	11	8	—	—	—
Крейсер CG(X)	—	—	1	10	10	3
Эсmineц DDG51	6	—	—	—	—	—
Эсmineц DDG(X)	—	—	—	—	5	12
Прибрежный военный корабль LCS	5	24	25	2	—	1
Амфибийный десантный корабль LHA(R)	1	2	1	—	—	—
LHD(X)	—	—	—	1	2	2
Десантный корабль LPD17	5	3	—	—	—	—
Транспортный корабль T-AKE	7	—	—	—	—	—
Корабль снабжения TAO(X)	—	—	1	10	5	—
Корабль обеспечения TAOE(X)	—	4	—	—	—	4
Корабль MPF Future	1	9	6	2	—	—
Спасательный корабль APS(X)	—	—	—	3	1	—
Тральщик MCM(X)	—	—	8	6	—	—
Океанский буксир TATF	—	4	2	—	—	—
Корабль разведки TAGOS	—	1	4	3	—	—
Итого:	38	71	71	50	36	32

Sea Technology. 2003. August. Vol. 44. No 8. P. 73

НАЦИОНАЛЬНОМУ СУДОСТРОЕНИЮ И СУДОХОДСТВУ — ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ПОДДЕРЖКУ

Интервью В. М. Пашина, академика РАН, научного руководителя—директора ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, агентству «Интерфакс Северо-Запад».

Валентин Михайлович, еще недавно наша страна входила в число великих морских держав. События последних лет не могли не сказаться на состоянии нашего судостроения, состоянии наших флотов. Что мы потеряли?

Давайте посмотрим сначала, что же такое флот. Что ведет человечество в море? Романтика дальних стран и увлекательных приключений или экономическая выгода и трезвый расчет?

Объем рынка судостроительной продукции составляет US\$ 70—80 млрд в год. Стоимость фрахта судов, обеспечивающих перевозки грузов морем, ежегодно составляет US\$ 230—250 млрд. Стоимость ежегодно добываемых в море рыбы и морепродуктов колеблется от US\$ 35 млрд до 40 млрд. Не менее прибыльна добыча на морском шельфе нефти и газа, оцениваемая в US\$ 80—100 млрд. Кроме того, активная деятельность на море обеспечивает транспортную и экономическую безопасность страны, особенно при наличии анклавов, дает возможность решения геополитических задач и приносит дополнительные рабочие места, увеличивая занятость населения.

Понимание этого лежит в основе отношения к национальному судостроению в ведущих морских странах мира. Правительственная помощь национальным отраслям судостроения осуществляется путем прямого субсидирования строительства судов, предоставления облегченных условий при кредитовании и налоговых послаблений, размещения государственных заказов на постройку гражданских судов на национальных верфях, списания долгов, предоставления финансовой помощи при модернизации и реконструкции судостроительных верфей и т. п.

Иначе говоря, в мире существует целая система стимулирования судостроения?

Все морские страны имеют систему экономического регулирования национального судостроения и судоходства, а по существу — систему серьезной экономической поддержки. Причина, как я уже сказал, в чрезвычайной конечной выгоде морского дела. Масштабы такой поддержки столь велики, что Организация по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР) приняла специальное соглашение, ограничивающее размеры государственного субсидирования, размеры кредита и его сроки, запрещающее прямую финансовую поддержку. Цель — создание нормальных условий конкуренции в коммерческом судостроении. Соглашение разрешает правительствам лишь оказывать помощь национальным судостроителям на научные исследования и разработки.

Это международное соглашение, но многие страны, тем не менее, его существенно нарушают, и размеры господдержки по факту превышают разрешенные соглашением. Особо заслуживает внимания тот факт,

что многие страны субсидируют постройку судов на экспорт в размере до 30% стоимости судна.

Что можно сказать об экономических условиях в России?

В России все с точностью до наоборот. Если зарубежным судостроителям или судовладельцам дается кредит на 10—12, а иногда и более лет под 5—8% годовых или беспроцентный, то российским — на 2—3 года под 15—20% годовых. За рубежом государство выдает гарантии под кредиты, у нас — нет. В зарубежных судостроительных странах отменяются таможенные сборы и налоги на импортируемое комплектующее оборудование, у нас — наоборот налагаются, да еще в весьма существенном размере. Кроме того, налог на незавершенное производство, НДС с авансовых платежей. Это чисто российское изобретение! Дополнительная налоговая нагрузка в России составляет 15—20% от стоимости судов без учета процента на кредит. Кто же придет к нам заказывать суда? Разве это выгодно государству?

Добавим к этому: субсидирования техпервооружения российских предприятий нет вообще, а небольшие ростки поддержки научно-технического потенциала российского судостроения, а по существу и военного кораблестроения, в виде принятой в 1995 г. президентской программы «Российские верфи» вырваны с корнем. Правительство РФ упразднило эту программу. А ведь был Указ Президента РФ («О совершенствовании морской деятельности Российской Федерации» № 471 от 4 марта 2000 г.), в котором поручалось принять решение о продлении программы. Кстати, по другим отраслям такие программы продолжают функционировать.

Что можно сказать о ситуации в отечественном судостроении и месте России на мировом рынке судостроения?

У российской судостроительной промышленности имеется огромный опыт создания кораблей и судов всех типов и назначений. Нашу продукцию покупают. Она востребована и на внешнем, и на внутреннем рынках. В частности, для возрождения отечественного торгового флота необходимо до 2010 г. построить 266 судов суммарным дедвейтом 7,7 млн т и стоимостью около US\$ 6,8 млрд. Частичное восполнение ледокольного и других видов обслуживающего флота в тот же период оценивается примерно в US\$ 1 млрд.



По данным Минтранса, до 2010 г. должно быть построено 326 судов речного флота, главным образом судов смешанного плавания, суммарной грузоподъемностью более 1 млн т и стоимостью около US\$ 1,4 млрд. Потребность России в промысловых судах оценивается Госкомрыболовством в более чем 550 крупных и средних промысловых судов различного назначения и более чем 500 малых промысловых судов общей стоимостью около US\$ 2,5 млрд.

Наша ниша в мировом судостроении в первую очередь связана с высокотехнологичными и наукоемкими изделиями. В первые постсоветские годы мы, находясь в состоянии эйфории, полагали, что на внешнем рынке мы все позиции завоюем. Особенно уповали на то, что у нас дешевая рабочая сила... На поверку все оказалось не так.

Мы оказались совершенно неконкурентоспособны в типовой массовой продукции. Например, гражданские суда общего назначения — танкеры, сухогрузы — сейчас в наибольшем количестве производятся в Юго-Восточной Азии. Даже Европа по существу ушла с этого рынка, потому что не выдерживает конкуренции. Сначала она не смогла соперничать с Японией, а потом всех начала теснить Южная Корея. Она развила колоссальные мощности в этом плане, строит бешеными темпами при низкой трудоемкости, сбивает цены. В Европе остались единичные заказы, а все серийное производство — в Азии. И мы в этом сегменте тоже оказались неконкурентоспособны. Возьмем хотя бы один простой аспект: в Южной Корее можно строить практически под открытым небом, а у нас надо иметь крышу, стены и обогревать это все. Уже даже по одной этой причине очевидны конкурентные преимущества.

Ниша российского судостроения — это наукоемкая, высокотехнологичная продукция, которую далеко не все могут делать... В частности, например, боевые корабли, подводные лодки, морское оружие (по нему у нас тоже есть определенные перспективы), навигационные комплексы, системы автоматизации, различные исследовательские комплексы и т. д.

Из сказанного следует, что государство не вполне осознает перспективность морского дела и его выгодность?

Созданные — осознанно или нет — неравные с зарубежными судостроителями экономические условия работы российских судостроителей вынудили отечественных судовладельцев — заказчиков судов уйти с российских верфей к зарубежным судостроителям. Мы сами их просто выгнали из России! И что имеем в результате? Объем гражданского судостроения сократился более чем в 5 раз. Уровень использования мощностей на судостроительных предприятиях снизился до 20—25%.

Резкое сокращение объемов строительства гражданских судов в России не обеспечивает восполнение естественного старения отечественного флота. Дедвейт морского торгового флота России за 10 последних лет сократился в 3,5 раза. Морской транспорт России ежегодно теряет на фрахте зарубежных судов под перевозки отечественных экспортно-импортных грузов до US\$ 5,5 млрд. Подобная ситуация и в рыболовном флоте. Налогово-таможенный пресс давит и на судовладельцев, не позволяя им осуществлять воспроизводство основных фондов, в результате чего флот России сокращается и стареет.

Ситуация с гражданским судостроением может ли отразиться каким-либо образом на военном кораблестроении?

Да, говоря о последствиях российских экономических условий, мы забываем еще одно, пожалуй, самое главное обстоятельство — возрождение российского военного кораблестроения. Налицо парадокс: при всей приоритетности для нас программы кораблестроения для российского ВМФ, жизнеобеспечивающими остаются программы военного кораблестроения для зарубежных заказчиков. Чем обернется этот парадокс? Предприятия в будущем вряд ли смогут строить корабли по ценам внутреннего рынка.

Потеря опыта гражданского судостроения аукнется нам и с другой стороны. Сегодня в мировой практике военного кораблестроения стало устойчивым направление переноса достижений гражданского судостроения в военное. Большой — в 140—150 раз — мировой тоннаж гражданского флота по сравнению с военно-морским, его многократно более интенсивная эксплуатация, неизмеримо более высокие стандарты безопасности и безусловное требование конкурентоспособности гражданских судов на рынке послужили причиной существенного пересмотра стандартов военного кораблестроения в ведущих морских державах в направлении заимствования гражданского опыта.

Ведущие зарубежные классификационные общества, по правилам которых проектируются гражданские суда, уже приступили к разработке правил проектирования боевых кораблей. К примеру, английский Ллойд уже издал первую версию таких правил. Свои правила применительно к отдельным классам кораблей разработали итальянский Регистр, норвежский Веритас, Американское бюро судоходства. К сожалению, мы этого не хотим видеть. Таким образом, экономическая политика, ведущая к свертыванию гражданского судостроения, по существу бьет и по обороноспособности страны.

Каким, на Ваш взгляд, может быть выход из сложившейся ситуации?

Россия, три четверти границ которой являются морскими, осуществляющая более 60% экспортно-импортного грузооборота морскими судами и активно развивающая добычу нефти и газа на собственном морском шельфе, также как и другие страны, должна обеспечивать поддержку своего национального судостроения. Необходимо создать не какие-то особые, тепличные, а равные с зарубежными судостроителями экономические условия работы российских судостроителей.

Это, казалось бы, очевидная истина, однако многочисленные попытки согласовать с правительством находящийся в Госдуме проект закона «О создании экономических условий для обновления парка судов российского флота и их строительства» привели к тому, что из законопроекта были выброшены все основные экономико-правовые положения, создающие равные с зарубежными условия работы предприятий отрасли. Такой «выхолощенный» законопроект принесет мало пользы. То же самое можно сказать и о проекте постановления Правительства РФ, подготовленного на основе законопроекта.

Записанное в этих документах предоставление государственных гарантий по кредитам отечественных и иностранных кредитных организаций на постройку судов для российского флота представляется малореальным из-за

необходимости предусматривать суммы гарантий в государственном бюджете. Оговариваемое в законопроекте и проекте постановления правительства частичное субсидирование процентных ставок по кредитам регулируется постановлением Правительства РФ № 278 от 9 апреля 2001 г. Однако сумма, выделяемая на это, в размере до 100 млн руб. в год смехотворна, особенно, если учесть, что она распространяется на морской, речной и воздушный транспорт, а также на передачу судов в лизинг.

Что нужно сделать в первую очередь? Во-первых, освободить судостроительные предприятия — поставщиков судов — от уплаты НДС с авансовых платежей с переносом его на момент сдачи изделия заказчику. Во-вторых, отменить НДС и таможенные пошлины за ввоз необходимого для строительства новых судов импортного технологического и судового комплектующего оборудования, аналоги которого в России не производятся. В-третьих, освободить судостроительные заводы от уплаты налога на имущество в части стоимости незавершенного производства при длительности цикла изготовления судна более 6 мес.

Эти вопросы должны быть решены путем внесения в Налоговый и Таможенный кодексы соответствующих изменений. Без этого качественного изменения ситуации в отечественном судостроении не будет.

Другой важнейший вопрос — создание условий для инвестирования. В финансовом мире денег предостаточно, но они даются под госгарантии или под залог. После двух отрицательных заключений правительства на упомянутый законопроект мы не испытываем иллюзий по поводу госгарантий. А вот использовать общепринятую в мире схему финансирования под залог су-

ществующих и строящихся судов под российским флагом вполне реально.

Такой механизм можно реализовать через принятие предложенного Минтрансом закона о Российском международном реестре судов. Этот закон предусматривает применение к зарегистрированным в реестре судам специального налогового режима, создающего для судов экономические условия эксплуатации, аналогичные действующим в зарубежных странах, где такие реестры уже созданы. В 2002 г. около 62% всего тоннажа мирового торгового флота было зарегистрировано в таких реестрах. Принятие закона о реестре вернет судовладельцев под российский флаг, позволит сделать эксплуатацию судов экономически выгодной, накопить капитал для обновления флота.

Регистрация в реестре новых судов под российским флагом позволит использовать их в качестве залога при получении кредитов на постройку новых судов. По оценкам Минтранса, создание реестра даст возможность увеличить объем строительства новых судов на верфях России в 4—5 раз без привлечения средств из бюджета, дополнительно привлечь в судостроительную отрасль около US\$ 500 млн ежегодно, создать в отрасли до 150 тыс. рабочих мест.

Если в отрасли будут созданы аналогичные принятым в мировой практике экономические условия для работы, мы сможем ежегодно экспортировать гражданские суда на US\$ 600—800 млн и военные корабли на US\$ 2,3—3 млрд.

6 августа 2003 г.
www.interfax.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ РОССИЙСКО-УКРАИНСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ СУДОСТРОЕНИЯ

В соответствии с соглашением между Российским агентством по судостроению и Государственным комитетом промышленной политики Украины о сотрудничестве в области судостроения, подписанным 11 февраля 2001 г., создана постоянно действующая российско-украинская рабочая группа (ПДРГ).

В состав ПДРГ, с российской стороны, приказом генерального директора Россудостроения В. Я. Поспелова назначены: сопредседатель группы — заместитель генерального директора Россудостроения В. П. Королев, члены группы — руководящие работники Россудостроения и представители НИИ, КБ и заводов отрасли. С украинской стороны в работе ПДРГ участвуют: государственный секретарь по вопросам оборонно-промышленного комплекса и машиностроения Минпромполитики Украины В. П. Казаков (сопредседатель группы) и представители ведущих предприятий судпрома Украины.

К настоящему времени проведено четыре заседания ПДРГ, к работе которых привлекались представители предприятий, участвующих в совместных работах. Последнее, четвертое заседание ПДРГ было проведено 24—27 июля 2003 г. в Санкт-Петербурге.

На заседаниях было отмечено следующее:

- распад СССР и суверенизация бывших союзных республик, в том числе Российской Федерации и Украины, привели к ослаблению традиционных деловых контактов между предприятиями двух стран;

- существует объективная необходимость в сохранении производственных связей по взаимной поставке судового комплектующего оборудования и материалов, а также интеграции научного и производственного потенциала предприятий Российской Федерации и Украины для создания конкурентоспособной продукции и уменьшения зависимо-

сти судостроительной промышленности Украины и Российской Федерации от импорта изделий и материалов из третьих стран;

- предприятия Российской Федерации и Украины имеют большой опыт совместной работы по созданию судов, судового комплектующего оборудования, материалов и располагают высококвалифицированными специалистами, экспериментальной и производственной базой, обеспечивающими решение сложных технических задач;

- разработка и производство судостроительной продукции должны базироваться на единой нормативной базе, которая создавалась предприятиями Российской Федерации и Украины в течение многих лет. Развитие и поддержание фонда нормативных документов на современном научно-техническом уровне, совместная разработка межгосударственных и отраслевых нормативных документов, согласованное

рассмотрение и принятие межгосударственных стандартов являются важными задачами сотрудничества сторон.

В результате опыта первых двух лет российско-украинского сотрудничества определились следующие основные направления совместных работ: обеспечение взаимных поставок судового комплектующего оборудования и судостроительных материалов; выполнение исследований и разработок по созданию современных конкурентоспособных судов, судового комплектующего оборудования и технологического оборудования для судостроительных предприятий; нормативное обеспечение разработки и производства судостроительной продукции.

Для обеспечения четкой организации совместных работ в 2002 г. разработано и утверждено Россудостроением и Минпромполитикой Украины «Положение о сотрудничестве предприятий Российской Федерации и Украины в области судостроения», устанавливающее: основные цели и направления сотрудничества; руководящие и рабочие органы двухстороннего сотрудничества; организацию и порядок проведения заседаний ПДРГ; порядок планирования, реализации и контроль выполнения работ. Положение издано и используется организациями и предприятиями обеих сторон при организации проведения совместных работ.

Результаты основных направлений совместных работ состоят в следующем.

Обеспечение взаимных поставок судового комплектующего оборудования и материалов. Кооперация предприятий судпрома по производству и поставке судового комплектующего оборудования и материалов, а также с предприятиями смежных отраслей промышленности традиционна.

Предприятия бывшего Минсудпрома СССР тесно сотрудничали с предприятиями Минэнергомаша, Минхимнефтемаша, Минтяжмаша, Минэлектротехпрома, Минрадиопрома и других ведомств.

Необходимо было уточнить реальное состояние поставок оборудования и материалов предприятиями бывшего Минсудпрома и смежных отраслей промышленности Российской Федерации и Украины, сложившееся через 10 лет после распада СССР. Такая работа была проделана и получено подтверждение про-

должения поставки комплектующего оборудования и материалов. На этой основе сформированы и приняты перечни предприятий судпрома и смежных отраслей промышленности Российской Федерации и Украины, с которыми согласовано сохранение поставки комплектующего оборудования и материалов для нужд судостроительной промышленности обеих сторон.

От Российской Федерации в перечень вошло 28 предприятий Россудостроения (ОАО «Пролетарский завод», ОАО завод «Дагдизель», АО «Балтийский завод», ОАО «Хабсудмаш», ОАО «Компрессор», ФГУП «Завод им. А. Кулакова» и др.) и более 100 предприятий смежных отраслей промышленности. С украинской стороны — 12 предприятий судпрома и 43 предприятия смежных отраслей промышленности.

Перечнями охвачены предприятия—поставщики оборудования энергетических установок, палубных механизмов, судовых систем и устройств, электротехнических и радиотехнических изделий и много другого, в чем нуждаются предприятия судпрома обеих стран.

В этот же период в целях сохранения мощностей по производству судовых герметизированных кабелей проведена реструктуризация ОАО «Азовкабель» (Украина) и под управлением ООО «Северэлектрокабель» (Российская Федерация), одним из учредителей которого является ФГУП СПО «Арктика», объединены все мощности Российской Федерации и Украины по разработке и производству судовых кабелей. Со стороны Украины в объединение вошли ООО «Азовская кабельная компания» и ОАО «УкрНИИКП».

В настоящее время на судостроительных и судоремонтных заводах Российской Федерации при постройке и ремонте судов широко применяются оборудование и материалы украинских предприятий: газотурбинные двигатели, оборудование кондиционирования воздуха, вспомогательные котлоагрегаты, инсинераторы, теплообменные аппараты и др.

Выполнение исследований и разработок по созданию современных конкурентоспособных судов, судового комплектующего оборудования и оборудования для судостроительных предприятий. Для реализации этого направления разработана и согласована программа совместных НИОКР на период

2002—2005 гг., охватывающая судостроение и общие вопросы проектирования и постройки судов, судостроение и электрооборудование судов, технологию судостроения и судостроительные материалы.

В программе НИОКР предусмотрено участие ведущих НИИ, КБ и заводов. От Российской Федерации — ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова», ФГУП ЦНИИТС, ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», ФГУП ЦМКБ «Алмаз», ЗАО «ЦНИИ СМ» и др.; от Украины — Институт электросварки им. О. Е. Патона, ГП Научно-производственный комплекс газотурбостроения «Заря—Машпроект», ОАО «Черноморсудопроект», ОАО Феодосийская судостроительная компания «Море», ЗАО «Киевский судостроительный и судоремонтный завод», НИИ «Квант» и др.

Уже начаты работы ЦНИИ КМ «Прометей» и ЦНИИТС с Институтом электросварки им. О. Е. Патона и НИИ «Квант» по внедрению в судостроение неразрушающих методов определения остаточных напряжений в корпусных конструкциях и созданию адаптивной системы управления процессом сварки многопроходных швов, что особенно важно для судостроительного производства Российской Федерации.

Нормативное обеспечение разработки и производства судостроительной продукции. Результатом работ этого направления явилась разработки основополагающего стандарта ОСТ5.0.727-2003 (ГСТУЗ-035-2003) «Проведение работ по двусторонней стандартизации в судостроении. Порядок разработки обновления и отмены стандартов». Стандарт рассмотрен и одобрен членами ПДРГ и принят техническими комитетами по стандартизации в судостроении обеих стран.

Кроме того, в этот период проведено ряд работ по обновлению стандартов и взаимному обмену нормативными документами, которые необходимы предприятиям.

Таким образом, двухстороннее сотрудничество носит явно выраженный практический характер и сосредоточено, главным образом, на обеспечении кооперации взаимных поставок судового комплектующего оборудования и материалов.

Ю. Н. Румянцев, А. П. Фомин
(ФГУП ЦНИИ им. академика
А. Н. Крылова/НИИ «Лот»)

ВСПОМИНАЯ М. В. ОРЛОВА

29 октября 2003 г. одному из выдающихся кораблестроителей профессору доктору технических наук первому заместителю генерального директора НПО «Ритм» — Михаилу Вячеславовичу Орлову исполнилось бы 90 лет.

Он родился 29 октября 1913 г. в крестьянской семье. Трудовую деятельность начал в 1930 г. рабочим сельхозмастерских в Торжке (Калининская обл.). После окончания вечернего рабфака в 1934 г. поступил в ЛКИ, который окончил в 1940 г. по специальности инженер-кораблестроитель.

С 1940 по 1943 г. М. В. Орлов работал мастером, старшим мастером, начальником участка на Северном машиностроительном предприятии. В ЦНИИТС работал с 1944 по 1991 г., последовательно занимая должности начальника сектора, отдела, лаборатории, главного инженера отделения, первого заместителя директора по научной работе, а с 1970 г. первого заместителя генерального директора НПО «Ритм» — заместителя директора института по научной работе.

Под его руководством и при непосредственном участии впервые в отечественном судостроении были разработаны и внедрены высокопроизводительные технологии плазменно-дуговой резки судокорпусных сталей, включая высокопрочные. Для реализации этих разработок были созданы специальные машины с ЧПУ типа «Кристалл». Он участвовал в разработке процессов холодной гибки листовой и профильной стали взамен весьма трудоемкой горячей, фотопроекционной разметки деталей и др.

Научная деятельность Михаила Вячеславовича совпала с периодом освоения и внедрения процесса сварки взамен существовавшей длительное время в судостроении клепки. Именно переход от клепки к сварке явился «революцией» в технологической науке о судостроительном производстве. М. В. Орлов и коллектив, которым он руководил, используя достижения в области сварки, выполнили большой комплекс исследований и экспериментальных работ, разработали научные осно-



М. В. Орлов дает пояснения Л. И. Брежневу по новой технике в ЛАО (июль 1965 г.)

вы изготовления специальных корпусных конструкций кораблей и подводных лодок из новых высокопрочных материалов, а также создали и внедрили методы их защиты от коррозии и коррозионно-механических разрушений. М. В. Орлов был одним из авторов разработки и внедрения принципиально новых методов постройки судов из крупных насыщенных секций и блоков.

Совместный труд Михаила Вячеславовича с инженерами-технологами корпусного подразделения института в области разработки принципиальной технологии постройки кораблей среднего водоизмещения из крупных насыщенных блоков на поточно-позиционных линиях до сих пор используется на предприятиях отрасли. Внедрение этого принципиально нового метода, например, осуществили при постройке большой серии тральщиков пр. 254 на Средне-Невском судостроительном заводе (СНСЗ), а затем на Керченском заводе «Залив».

Выполненные М. В. Орловым научно-исследовательские и экспериментальные работы в области технологии, организации и создания средств механизации процессов сыграли большую роль в развитии судостроения и повышении технического уровня судостроительного производства на предприятиях отрасли. Были созданы научные основы коррозионно-технологической техно-

сти металлических материалов, которые и в настоящее время используются и получают дальнейшее развитие в обеспечении надежности и долговечности судов и кораблей в процессе их эксплуатации.

В 1960 г. М. В. Орлов защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, а в 1976 г. — доктора. В 1977 г. ему было присвоено звание профессора. Свыше пятнадцати лет он занимался подготовкой научных кадров в ЦНИИТС. Под непосредственным научным руководством Михаила Вячеславовича защищено 10 кандидатских и одна докторская диссертации. Им опубликовано более 85 научных работ и получены авторские свидетельства на 7 изобретений.

М. В. Орлов длительное время являлся председателем Государственной экзаменационной комиссии при ЛКИ, членом НТС Минсудпрома, научного совета по защите металлов Академии наук СССР, президиума ЦП НТО им. академика А. Н. Крылова и около 18 лет был председателем Совета НТО ЦНИИТС.

Активная и успешная научно-производственная деятельность М. В. Орлова отмечена правительственными наградами — орденами Трудового Красного Знамени и Октябрьской Революции, многими медалями. Скончался Михаил Вячеславович в 1994 г.

Н. П. Лукьянов,
канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС)

100 ЛЕТ Искренне Ваш

ЭСАБ обладает 40-летним опытом работы на Российском рынке и все эти годы поставлял свою продукцию на многие предприятия нефтегазовой, судостроительной, машиностроительной, химической и многих других отраслей промышленности.



ESAB

Мы производим и поставляем:

- сварочные электроды, проволоки и флюсы;
- аппараты для ручной, полуавтоматической и автоматической сварки;
- установки для орбитальной сварки неповоротных стыков труб;
- установки для автоматического раскроя листа методами газовой, плазменной и лазерной резки;
- линии для производства электродов;
- средства защиты сварщика и окружающей среды.

Ваш партнер в сварке и резке



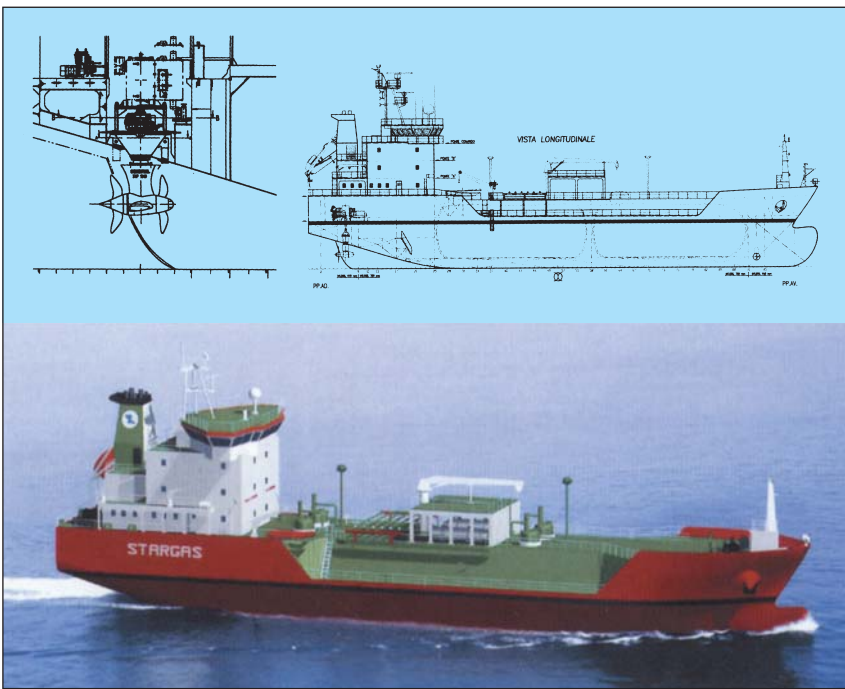
ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Четыре газовоза дедвейтом по 1900 т, которые будут построены на итальянской верфи De Poli (Венеция) для компании Messrs. Stargas, оснащаются компактным пропульсивным комплексом, позволяющим

лонки STP 1010 фирмы Schottel с парными гребными винтами диаметром 2150 мм. Каждая колонка с помощью прямой вертикальной передачи соединена с электромотором, обеспечивающим мощность

тройство STT 170LK той же фирмы мощностью 300 кВт. Контрактная скорость судна 13,5 уз при 80% мощности. Испытания в опытовом бассейне показали, что при использовании традиционного пропульсивного комплекса с одним гребным винтом для обеспечения такой скорости потребовался бы винт диаметром 2538 мм. Основные характеристики судов: наибольшая длина 75 м, ширина 14,2 м, высота борта 5,5 м, объем грузовых танков 3000 м³. Газовозы будут эксплуатироваться в Средиземном море (Schottel Report. 2003. No. 20).

По данным Germanischer Lloyd (GL), тенденция увеличения размеров контейнеровозов сохраняется. На 1 апреля 2003 г. портфель заказов GL содержал 216 контейнеровозов, из которых 20 смогут перевозить от 6500 до 8000 TEU. В ближайшие годы можно ожидать заметного роста заказов на новые танкеры. Это связано с вступлением в силу запрета на эксплуатацию однокорпусных танкеров в водах Европейского Союза в 2010 г., а в мире — в 2015 г. Кроме того, старый тоннаж фрахтуется с большой неохотой, особенно после аварии танкера «Prestige». Следовательно, отправка на слом однокорпусных судов пойдет более интенсивно. На начало 2003 г. мировой портфель заказов на танкеры на-



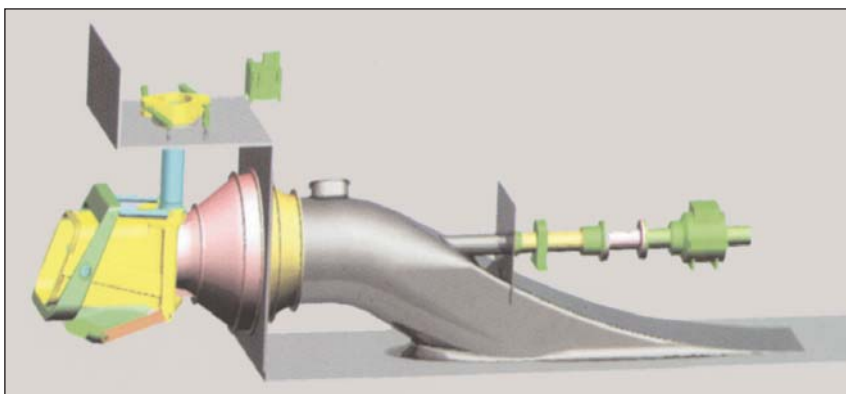
Серия газовозов дедвейтом 1900 т с компактным винторулевым комплексом STP1010 строится в Италии

существенно «сэкономить» внутреннее пространство судов. Он включает в себя две винторулевые ко-

1050 кВт при 720 об/мин. Для повышения маневренности предусмотрено носовое подруливающее ус-



План китайской верфи Shanghai Waigaoqiao Shipbuilding Co. Ltd и ее сухие судостроительные доки



Концептуальный общий вид водомета типа VLWJ (very large waterjet), рассчитанного на мощность до 50 000 кВт, фирмы Kamewa, входящей в концерн Rolls-Royce

считывал 29,7 млн рег. т, что составляет 19% действующего на рынке наливного флота. В секторе балкеров также ожидается подъем активности в связи с планируемым введением с 2006 г. правил IMO по судам с «двойными» корпусами (GL Press News. 2003. 6th May).

Shanghai Waigaoqiao Shipbuilding Co. Ltd — самая передовая и наиболее технически оснащенная судостроительная верфь в Китае — является ключевым строительным проектом девятого 5-летнего плана страны. В ходе первого этапа, официально начавшегося 18 октября 1999 г., построено два сухих дока с размерами камер 480 x 106 м и 360 x 76 м и обеспечена годовая мощность производства 1,05 млн т по дедевету. По завершении второго этапа (2003 г.) построечная мощность должна возрасти до 1,8 млн т. Верфь располагается на южном берегу дельты реки Янцзы в новом районе Шанхая, занимая территорию 2,1 млн м². Она предназначена для постройки крупных судов различных типов. В ее портфеле заказов весной 2003 г. уже было семь балкеров и два судна для хранения и перегрузки нефти (FPSO). Система Tribon M1 была установлена на верфи в мае 2001 г., а 8 ноября того же года здесь приступили к резке стали для первого заказа — двух балкеров типа «Capsize» дедеветом по 175 000 т. В декабре 2002 г. верфь перешла на Tribon M2. Этой системой сейчас на верфи пользуются 280 специалистов.

Верфь входит в China State Shipbuilding Corporation (CSSC) — многопрофильную экспортно-ориентированную судостроительную корпорацию, объединяющую 65 предприятий, в том числе Jiangnan Shipyard

(Group) Co. Ltd, Hudong-Zhonghua Shipbuilding (Group) Co. Ltd, Guangzhou Shipyard International Co. Ltd, Shanghai Shipyard, Marine Research & Design Institute of China, China Shipbuilding Trading Co. Ltd и др.

Корпорация располагает судостроительными мощностями, достигающими 3 млн т по дедевету в год, и способна строить транспортные суда дедеветом до 300 000 т и военные корабли, выпускать судовое оборудование, включая мало- и среднеоборотные дизели, а также контейнеры и др. CSSC участвовала в MBMC-2003 в Санкт-Петербурге.

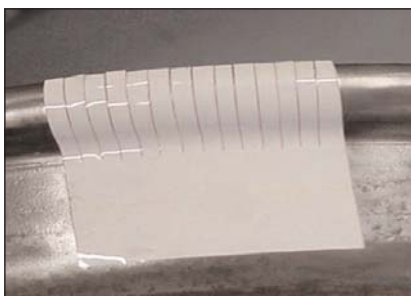
«Techno-Superliner» — японский скоростной грузопассажирский паром типа SES (surface effect ship) валовой вместимостью 14 500 рег. т, развивающий скорость 37 уз, намечено ввести в эксплуатацию в 2005 г. Его длина будет 140 м, ширина 29,8 м, водоизмещение 4180 т. В качестве кон-

струкционного материала выбран алюминиевый сплав. Судно сможет взять на борт 725 пассажиров и 210 т груза. Пропульсивная установка — два крупнейших в мире водомета Kamewa VLWJ235 мощностью 27000 кВт каждый (диаметр импеллера тоже рекордный — 2,35 м). При их изготовлении намечено использовать результаты исследований по созданию водомета мощностью до 50 000 кВт — такие агрегаты, полагают специалисты Rolls-Royce/Kamewa, потребуются в скором времени для скоростных морских судов. «Techno-Superliner» планируется использовать на линии Токио—Огасавара (о-ва Бонин), продолжительность рейса должна составить 14 ч — на 10 ч меньше, чем обеспечивают существующие паромы (*In-depth*. 2003. No. 5).

Новый дистанционно управляемый прожектор марки 155SL для малых и среднего размера катеров начала выпускать английская фирма Jabsco (www.jabsco.com). Прожектор снабжен 130-мм галогеновой лампой, обеспечивающей силу света 100 000 кд. Он может вращаться на 360° в горизонтальной плоскости и изменять вертикальный угол наклона в пределах 75°. Управление обеспечивается с помощью традиционного электропривода (12 В) либо новой электронной системы (12 или 24 В), которая снабжена рукояткой управления типа joystick и способна обеспечивать движение прожектора по нескольким программам, в том числе в режиме SOS.



Новый судовой прожектор марки 155SL



Пленочный датчик давления Pressurex® TPSF, расположенный на поверхности изделия, для регистрации величины и распределения давления

Пленочный тактильный датчик давления Pressurex® TPSF разработала американская фирма Sensor Products Inc. (www.sensorprod.com) для оценки величины и распределения давления между двумя контактирующими или взаимодействующими поверхностями. Выпускается в виде чувствительной пленки максимальной толщиной около 0,4 мм. Будучи помещена между контактирующими элементами, она меняет свой цвет; насыщенность цвета пропорциональна приложенному усилию. Удельное давление можно определить при сравнении с эталонной цветовой диаграммой. Пленка обладает высокой стойкостью к агрессивным средам. Она может также использоваться при управлении производственными процессами, для контроля и регулировки работы машин и механизмов, в процессе научных исследований.

На каждом из трех скоростных кораблей (35 уз), которые строятся для греческих ВМС на верфи Elefsis Shipyard (Греция) при поддержке английской фирмы Vosper Thornycroft, будут установлены по 4 бронзовых ВФШ диаметром 1,52 м и массой по 780 кг, которые изготавливаются по новой безмодельной технологии (Patternless® Process) английской фирмы Castings Technology International — Cti (www.castingstechnology.com). В отличие от традиционной данная технология не требует изготовления модели винта; необходимые литевые формы получают из песчаных блоков, пропитанных специальным составом, путем фрезерования с помощью машины с ЧПУ и 5-ю степенями свободы рабочего органа. Машина позволяет обрабатывать блоки размерами до 3,6 x 3,6 x 1,2 м. В итоге время изготовления форм сокращается на 30%, а стоимость финишной обработки поверхностей гребного винта — на 20%.

«SEAmobile» — компактный двухместный подводный аппарат, разработанный и построенный американской фирмой SEAmagine HydroSpace Corp., который может использоваться как для инспекционных и исследовательских работ, так и для туристических целей. Аппарат имеет длину 4,56 м, ширину 2,38 м, высоту 2,30 м и сухую массу 2808 кг. Люди размещаются в прозрачной акриловой сфере. Аппарат имеет положительную плавучесть; погружение осуще-

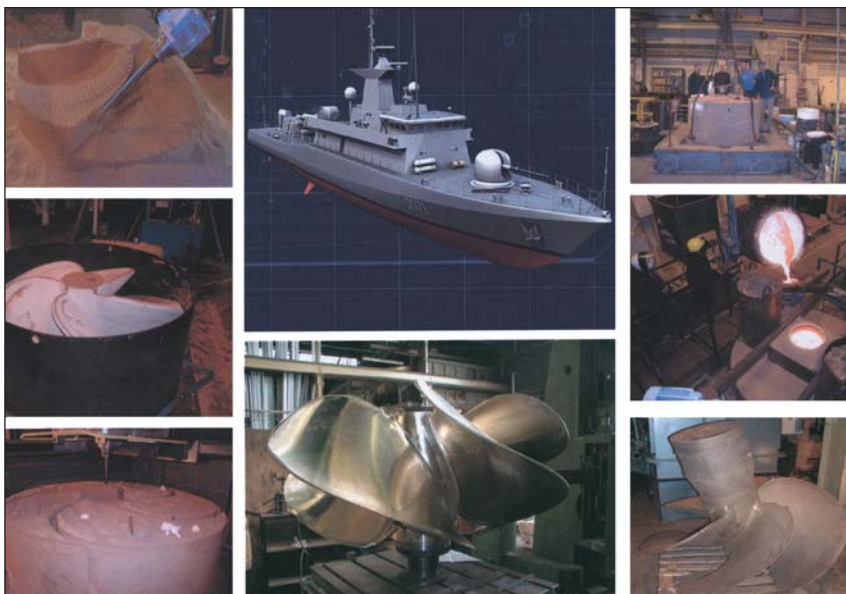


Шведский патрульный катер «Enforcer-II» снабжен навигационным оборудованием фирмы «Транзас» (Санкт-Петербург), включая Navi-Sailor 3000 и Navi-Radar 3000

ствляется за счет работы расположенного в центре вертикального погружающего устройства; движение в горизонтальном направлении обеспечивают два гребных винта в корме. Глубина погружения до 450 м, дальность плавания 12 миль, максимальная скорость 2,5 уз. В режиме движения заряда электробатарей хватает на 6–8 ч. (*Sea Technology*. 2003. May. P. 15–21).

Многочисленные сварочные дефекты — около 11 000 поверхностных и 5000 подповерхностных — было обнаружено на австралийской подводной лодке класса Collins шведской постройки в ходе предремонтной дефектации в 2001 г. К лету 2003 г. около 70% ремонтных работ уже было завершено; лодка сможет вернуться к выполнению своих задач в конце 2004 г. Australian Submarine Corporation намеревалась выставить счет фирме Kockums на сумму 17,8 млн евро за обнаруженные дефекты.

Три южнокорейских концерна — Hyundai, Daewoo и Samsung — планируют к 2010 г. начать постройку роскошных круизных лайнеров. Это один из немногочисленных сегментов судостроительного рынка, который еще удерживают за собой европейские верфи. Это очень дорогая продукция: лайнер вместимостью 80 000 рег. т стоит около US\$ 500 млн — втрое больше, чем газовоз подобных размеров. Однако ряд технологий и ноу-хау, например, создание судовых интерьеров, подобных 5-звездочным отелям, что имеет ключевое значение для привлечения



Гребные винты для греческих скоростных кораблей изготавливаются по новой безмодельной технологии Patternless® Process английской фирмы Cti



Двухместный подводный аппарат «SEAmobile»

пассажиров, еще недостаточно освоены корейцами. Тем не менее Samsung реализовал свой первый круизный проект в 1996 г., а этим летом выиграл контракт (US\$ 180 млн) на постройку двух пассажирских паромов вместимостью по 35 000 рег. т для европейской компании Norfolk Line.

Датское правительство одобрило субсидии своим верфям в размере 6% контрактной цены для обеспечения их конкурентоспособности по отношению к верфям Юго-Восточной Азии. Они касаются контейнеровозов, танкеров-продуктовозов, химовозов, газовозов и будут действовать до апреля 2004 г. На эти цели уже выделено 43,9 млн евро.

Американская верфь Gulfport Yard, входящая в кораблестроительный концерн Northrop Grumman Ship Systems, будет переориентирована на изготовление композитных кора-

бельных конструкций с использованием «передовых stealth-материалов, которые легче и прочнее стали и алюминиевых сплавов». Общая сумма инвестиций US\$ 64 млн, в том числе: 30 млн — на увеличение производственных мощностей, 19 млн — на совершенствование технологии изготовления и насыщения изделий.

Африканский банк развития выделил кредит камерунской верфи Chantier Naval Shipyard в сумме US\$ 45,4 млн на развитие новой судоремонтной верфи (Limbe). Будет, в частности, построен плавучий док грузоподъемностью 30 000 т и производственные цеха общей площадью 12 000 м².

Южнокорейская металлургическая фирма Posco — поставщик судостроительной стали для верфей страны — увеличила с 16 июня цену на листовую прокат на 30 000 вон (US\$

24,9), доведя ее до 400 000 вон (US\$ 333) за тонну. Представители фирмы объясняют этот шаг, во-первых, необходимостью сокращения разрыва в ценах с импортной сталью и, во-вторых, тем, что другая южнокорейская фирма Dongkuk Steel Mill Co повысила цену еще раньше (с 1 апреля) на 40 000 вон, предлагая прокат за 380 000 вон за тонну.

15% принадлежавших южнокорейскому правительству акций Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering проданы в начале июня 2003 г. за US\$ 255,7 млн. По данным представителей банков Goldman Sachs Group и JP Morgan Chase, обеспечивших проведение сделки, она вызвала значительный интерес: половина новых инвесторов была из Азии и по 25% — из США и Европы.

US\$ 57 млн планирует инвестировать на первом этапе в строительство двух новых верфей Vietnam Shipbuilding Industry Corp (Vinashin). Верфь в центральной провинции Вьетнама (Quang Ngai) начала создаваться в феврале 2003 г. и предназначена для постройки судов дедевейтом до 10 000 т, начиная с конца 2005 г. Из указанной суммы в это предприятие вложено US\$ 40 млн. Оставшиеся средства направлены на сооружение верфи в Дананге, которая первоначально будет строить суда дедевейтом до 3000 т, а ремонтировать — более крупные, до 10 000 т. Работы здесь начались в июле 2003 г. и должны завершиться в конце 2005 г. (New Ships. 2003. No. 23—31). □

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ КАМБУЗНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

СЕВЕР трейдинг

- 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

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР "МОДУЛЬ"

Module
 Л118798М1
 NМ6403
 Neuro Matrix

Module
 Л118798М1
 NМ6403
 Neuro Matrix

Module
 Л118798М1
 NМ6403
 Neuro Matrix

Module
 Л118798М1
 NМ6403
 Neuro Matrix

Module
 Л118798М1
 NМ6403
 Neuro Matrix

Module
 Л118798М1
 NМ6403
 Neuro Matrix

тел.: (095) 152-96-98
 факс: (095) 152-46-61
 www.module.ru
 info@module.ru

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

КРЕЙСЕР II РАНГА «РУСЬ»

А. Ю. Емелин, Ю. О. Дружинин

Потери, понесенные Тихоокеанской эскадрой в первые дни войны с Японией, вызвали поток жертвователей от частных лиц на усиление русского флота. Среди них был и один из богатейших людей России, аристократ-рантье, участник русско-турецкой войны 1877—1878 гг., отставной капитан-лейтенант граф С. А. Строганов (1852—1923).

Весной 1904 г., когда уже шла спешная подготовка к походу 2-й эскадры флота Тихого океана, Строганов выразил желание передать флоту «вполне оборудованное судно», на что ассигновал 1,5 млн руб. Командующий эскадрой контр-адмирал З. П. Рожественский высказался за «специальный воздухоплавательный разведчик с большим ходом, вполне оборудованный и снабженный необходимым имуществом по своей специальности» [1]. Для этого достаточно было установить на вместительный и быстроходный коммерческий пароход воздухоплавательное оборудование германской фирмы «Ридингер» (August Riedinger Ballonfabrik), уже выполнявшей заказ Морского ведомства для Владивостока. Для работы с аэростатами предполагалось привлечь трех офицеров-воздухоплавателей Военного ведомства и мичмана С. Ф. Дорожинского, а матросов взять из морского воздухоплавательного парка в Севастополе. В качестве консультанта был приглашен начальник парка лейтенант М. Н. Большев, считавший, что с этим назначением осуществится его «давнишняя мечта о создании для нашего флота воздухоплавательных крейсеров» [2].

С. А. Строганов и М. Н. Большев прибыли в конце июля в Бремерхафен для осмотра судов Северогерманского Ллойда, выбранных датскими экспертами. По цене и скорости хода подходил пароход «Лан» («Lahn»), но его износившиеся котлы не могли быть заменены к сроку выхода 2-й Тихоокеанской эскадры в поход. Вместе с тем комиссия гер-

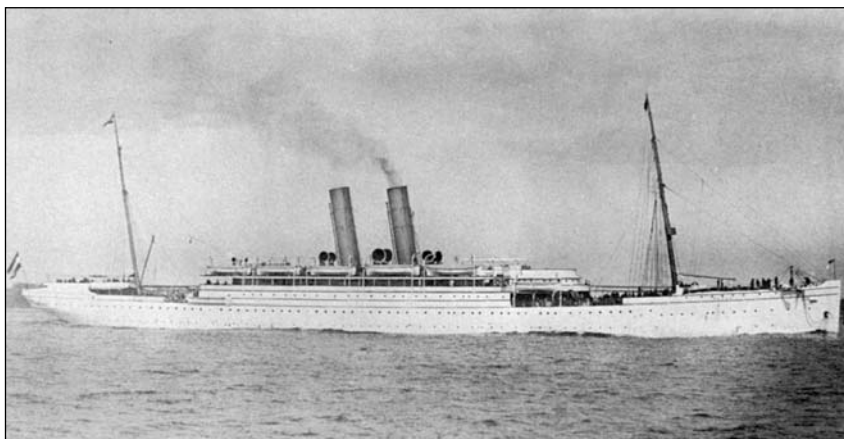
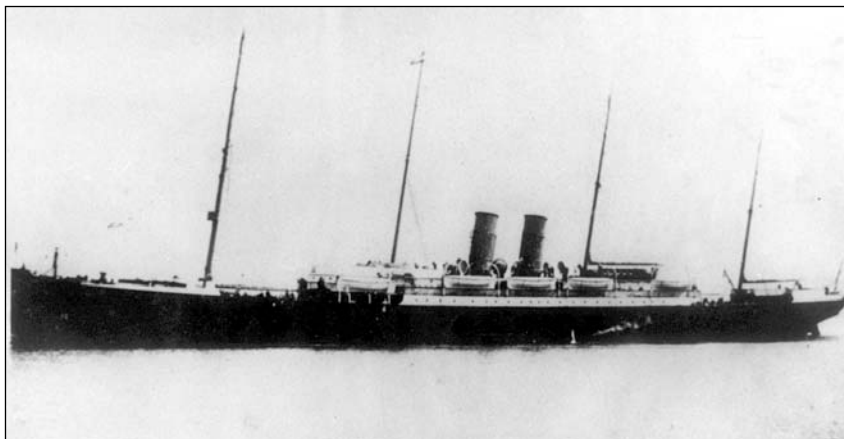
манских инженеров гарантировала, что после замены ряда трубок и частичного ремонта котлов давление пара в них можно будет довести до 9 атм (скорость 18 уз), а в течение 48 ч даже 10,5 атм (19,5 уз), правда при этом не учла, что это возможно лишь при опытных машинистах и кочегарах и на длительных переходах с постоянной скоростью хода. 28 июля 1904 г. пароход был приобретен за 920 716 руб [2].

«Лан» (назван по имени правого притока Рейна) был построен в Глазго фирмой «Фэйрфилд» для Северогерманского Ллойда и спущен на воду 7 сентября 1887 г. Он вступил в строй 31 января следующего года, 1 февраля вышел в свой первый рейс из Бремерхафена в Нью-Йорк

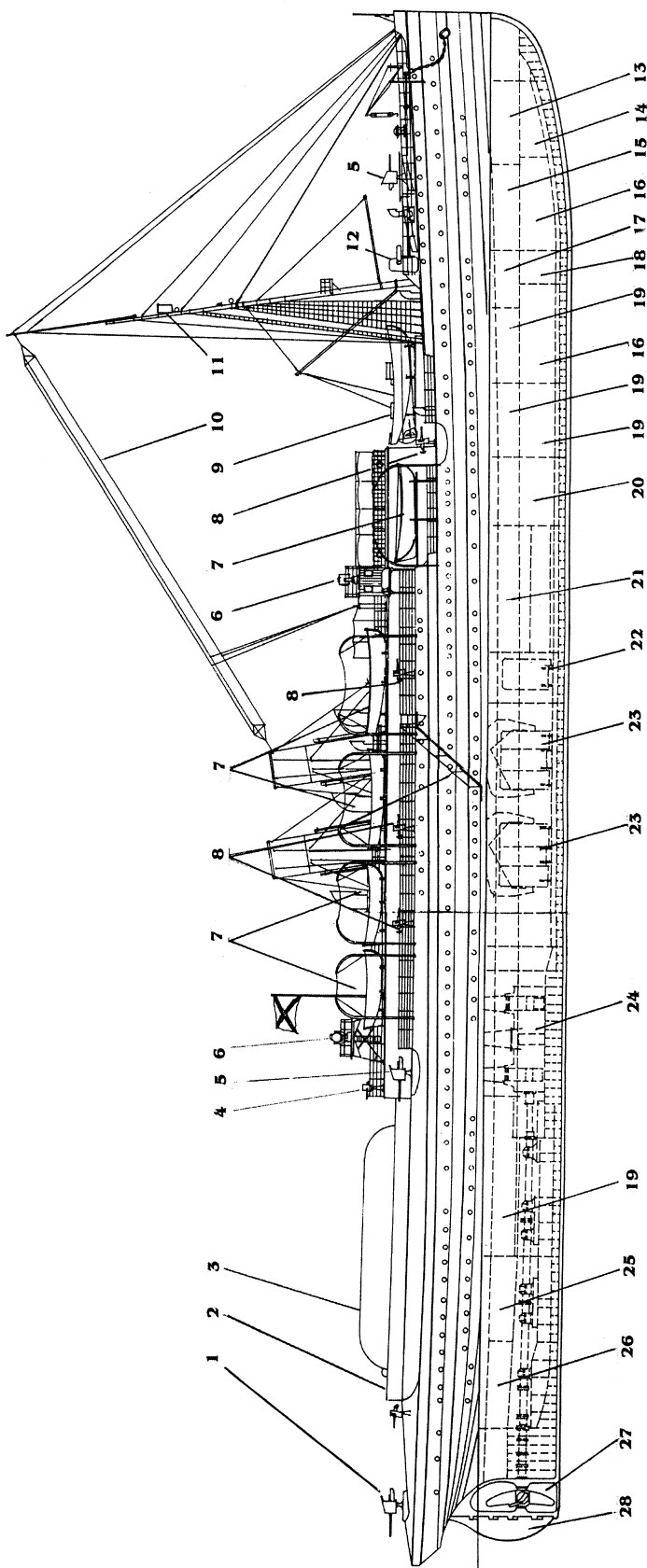
и в течение ряда лет оставался самым быстроходным кораблем компании. В 1896 г. вторая и третья мачты из четырех были сняты, а дымовые трубы для улучшения тяги сделаны выше. С 13 ноября 1901 г. «Лан» совершал «эмигрантские» рейсы из Генуи в Нью-Йорк.

Водоизмещение парохода на момент передачи составляло 9877 т, наибольшая длина 141 м (между перпендикулярами — 136,64 м), ширина 14,95 м, осадка носом 7,93 м, кормой — 8,29 м, средняя — 8,19 м. Корпус делился на десять водонепроницаемых отсеков. Обшивка выполнена из стальных листов толщиной 18 мм.

Энергетическая установка «Лана» состояла из пятицилиндровой вертикальной паровой машины тройного расширения мощностью 9000 инд. л. с., питаемой шестью горизонтальными цилиндрическими огнетрубными котлами. Имелся также вспомогательный котел для всех



Пароход «Лан» после вступления в строй (вверху) и модернизации 1896 г. (из фондов «Deutsches Schiffahrtsmuseum»)



Крейсер II ранга «Русь». Схема общего расположения (по состоянию на лето 1905 г.):

1 — 76-мм/50 орудие; 2 — фальшборт ангара; 3 — змейковый азбустат; 4 — 37-мм орудие; 5 — 76-мм/40 орудие; 6 — 90-см прожектор Манжана; 7 — шлюпка; 8 — 57-мм/40 орудие; 9 — паровой катер; 10 — антенна радиотелеграфа; 11 — наблюдательный пост; 12 — тумба ходового огня; 13 — носовой патронный погреб; 14 — канатный ящик; 15 — кладовая сухой провизии; 16 — цистерна водного балласта; 17 — провизионный холодильник; 18 — цистерна питьевой воды; 19 — грузовое помещение; 20 — запасная угольная яма; 21 — угольная яма; 22 — вспомогательный паровой котел; 23 — паровой котел; 24 — паровая машина; 25 — склад баллонов со сжатым водородом; 26 — кормовой патронный погреб; 27 — гребной винт; 28 — руль (реконструкция С. Виноградова)

вспомогательных механизмов. Паровая машина отличалась надежностью, но требовала переборки и небольшого ремонта. Вместе с тем ее цилиндры располагались выше ватерлинии и при новом назначении корабля считались уязвимыми для огня противника. Наличие только одного винта негативно влияло на маневренность.

План работ по переоборудованию парохода в Бремерхафене был намечен лично С. А. Строгановым. Он включал в себя радикальную перепланировку кормовой части под оборудование для наполнения азростатов газом (или, как тогда говорили, газовый завод и воздухоплавательные приспособления), ремонт котлов, переборку машины и механизмов, установку прожекторов и беспроводного телеграфа, а также подкреплений для артиллерии. Ответственными за работы были назначены: по корпусу и механизмам — датский инженер Х. Иенсен, по воздухоплавательной части — М. Н. Большев.

Последний провел (совместно со Строгановым) разбивку помещений под воздухоплавательный парк, испытал и исправил оборудование, изготовленное субподрядчиками Ридингера. Внесенные им при этом технические предложения позволяют считать его соавтором проекта воздухоплавательного оборудования крейсера.

На корабле впервые был электрифицирован весь комплекс работ с воздухоплавательным оборудованием: от получения водорода до подъема и спуска азростатов.

В то же время работы по корпусу и механизмам вызвали нарекания со стороны командира крейсера капитана 2-го ранга Н. А. Петрова, считавшего, что «инженеры Ллойда, по заказам г-на Иенсена, приступили к работам по его указанию, не составляя точных смет, ни чертежей, а только огульно определив приблизительную стоимость переделок» [2], но до приема корабля в казну он был бессилен что-либо предпринять.

12 октября начались испытания систем крейсера, а уже через день при осмотре двух котлов выяснилось, что средние ряды дымогарных трубок имели толстый слой накипи, а топки существенно «побиты и поношены», поэтому рабочее давление было сни-

жено до 9 атм. Претензии имелись и к фундаментам паровых машин электролизеров, газопроводу высокого давления.

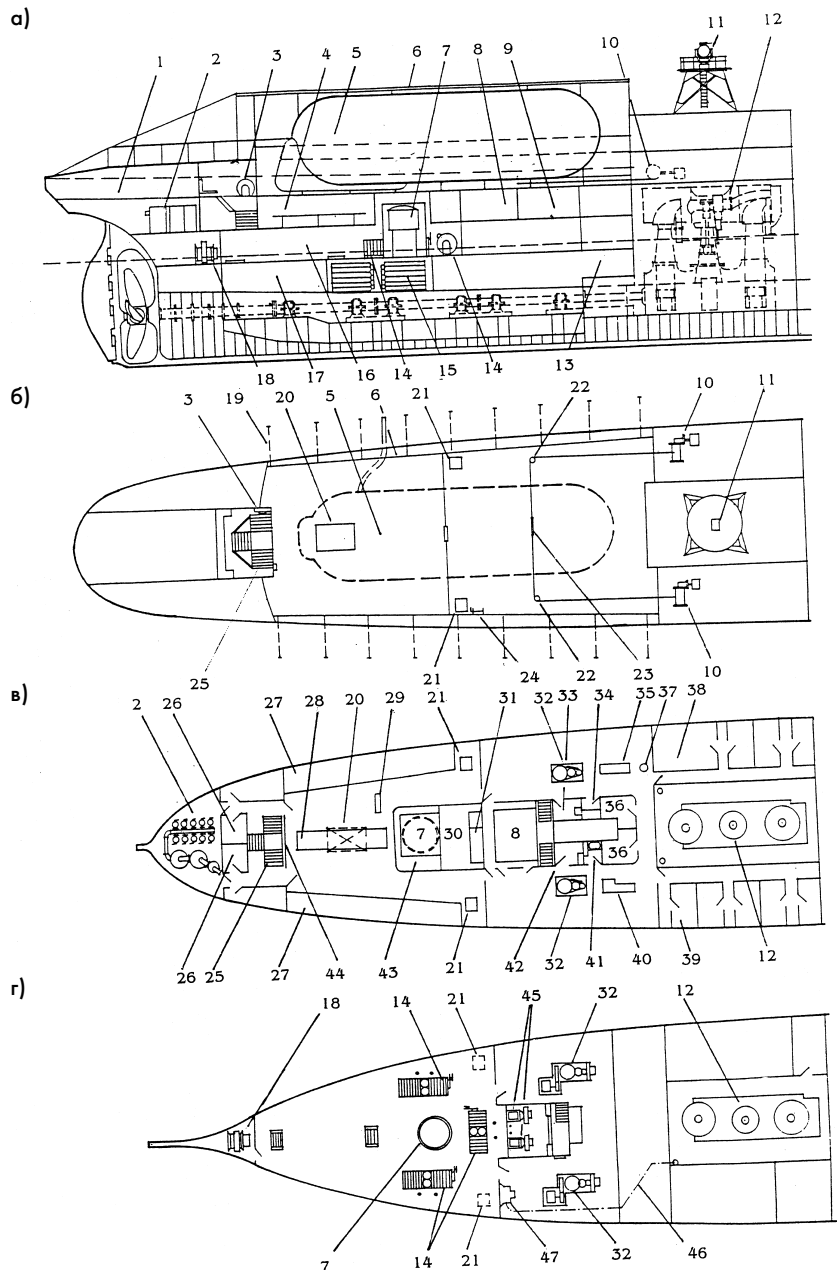
26 октября «Лан» покинул Бремерхафен под германским коммерческим флагом с немецкой командой. Переход в Северном море в штормовых условиях показал хорошие морские качества корабля: он снизил скорость лишь на 1 уз и хорошо держался на волне, «хотя был далеко не в полном грузу».

1 ноября «Лан» прибыл в Либаву, где был официально передан Морскому ведомству. В тот же день император Николай II, отклонив предложенные генерал-адмиралом наименования («Наблюдающий», «Наблюдатель», «Патрульный», «Сигналист», «Телеграфист»), в соответствии с пожеланиями жертвователя «изволил» зачислить его в списки флота с наименованием «Русь». 10 ноября по постановлению Адмиралтейств-совета крейсер был зачислен во II ранг судов флота и в 13-й флотский экипаж. 12 ноября на корабле подняли русский коммерческий флаг, а 14-го — Андреевский.

Скрытые дефекты старого корабля скоро дали о себе знать. Уже 26 ноября в топке вспомогательного котла открылась течь. Еще раз осмотрели главные котлы, в колосниковых решетках (в топках) были обнаружены значительные раковины, требовался их ремонт. Только 8 января 1905 г. в присутствии высокогo морского начальства были проведены успешные гидравлические испытания котлов.

11 января крейсер успешно провёл на рейде артиллерийские стрельбы. На следующий день в первый раз был поднят аэростат (без людей). В этот выход крейсер сел на мель, с которой он снялся лишь 15 января. В тот же день на корабле завершили уничтожение девиации.

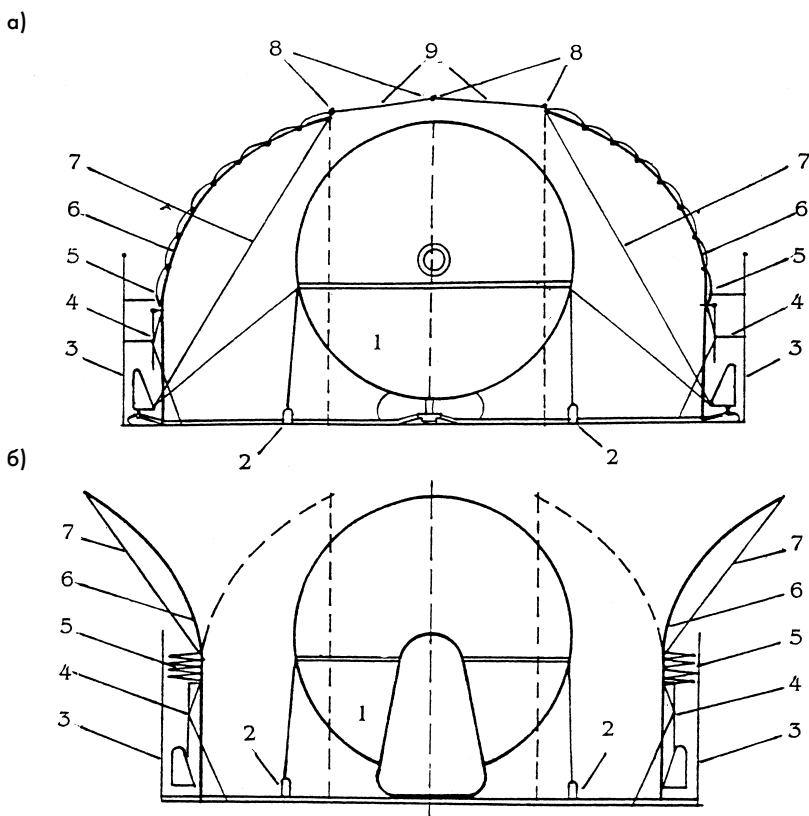
На соединение со 2-й Тихоокеанской эскадрой корабль должен был уйти в составе Отдельного отряда судов под командованием контр-адмирала Н. И. Небогатова. Едва успели добиться относительной исправности котлов, как вышла из строя паровая динамо-машина газового завода. Из-за этого не удалось выполнить приказ о наполнении аэростата, отданный контр-адмиралом Н. И. Небогатовым при посе-



Размещение воздухоплавательного оборудования крейсера «Русь» по состоянию на начало февраля 1905 г. (артиллерийское вооружение условно не показано):

а — продольный разрез кормовой части крейсера; б — план верхней палубы; в — план главной палубы (склад воздухоплавательного имущества и лаборатория); г — план жилой палубы (газовый завод);

1 — отделение рулевой машины; 2 — щелочной газодобывательный аппарат; 3 — вентилятор; 4 — шаровой склад; 5 — наполненный змейковый аэростат; 6 — парусинный ангар; 7 — телескопический газометр; 8 — склад алюминия; 9 — лаборатория; 10 — электрическая лебедка; 11 — прожектор; 12 — паровая машина; 13 — запасная угольная яма; 14 — электролизер; 15 — склад баллонов со сжатым водородом; 16 — помещение газового завода; 17 — кормовой патронный погреб; 18 — нагнетательный вентилятор; 19 — тент-балка ангара (отвалена); 20 — люк подачи оболочек аэростатов на верхнюю палубу; 21 — шахта сообщения газового завода с верхней палубой; 22 — отводной блок; 23 — универсальный палубный блок; 24 — ручная лебедка сигнального змейкового аэростата; 25 — трап; 26 — каюты кондукторов воздухоплавательной команды; 27 — стеллажи для сложных оболочек аэростатов; 28 — рабочий стол; 29 — швейная машинка; 30 — выгородка для хранения поташа; 31 — цистерна дистиллированной воды; 32 — электрический генератор с паровой машиной; 33 — химическая лаборатория; 34 — склад метеорологических инструментов; 35 — токарный станок; 36 — склад воздухоплавательных принадлежностей; 37 — сверлильный станок; 38 — каюта заведующего воздухоплавательной частью; 39 — каюта механика газового завода; 40 — верстак; 41 — темная комната для проявления негативов; 42 — склад фотографических принадлежностей; 43 — полки для хранения тросов; 44 — классная доска; 45 — компрессор; 46 — вентиляционная труба; 47 — вытяжной вентилятор



Устройство ангара змейкового аэростата: а — вид в корму (тент-балки завалены); б — вид в нос (тент-балки отвалены);

1 — наполненный змейковый аэростат; 2 — мешок с балластом для удержания аэростата на палубе; 3 — фальшборт; 4 — ручная лебедка; 5 — парусинная боковая стенка ангара; 6 — тент-балка; 7 — гордень боковой стенки ангара; 8 — леер тента ангара; 9 — верхний тент ангара

щении крейсера 28 января. Новые динамо-машины предполагалось установить уже на переходе, в бухте Суда (о. Крит).

После переоборудования корабль претерпел ряд изменений. Так, запас угля был увеличен до 3000 т, дальность плавания 10-узловым ходом возросла до 17 160 миль. Теперь крейсер мог пройти расстояние от Ливавы до Владивостока с одной бункеровкой в Джибути. Грот-мачта, мешавшая работе с шарами, была снята, а фок-мачта — вооружена двумя реями для подъема сигналов и увеличена в высоту для растяжки антенны беспроволочного телеграфа. Аппарат фирмы «Сименс и Гальске» мог поддерживать связь с радиостанциями других систем. При подъеме 200-метровой антенны сигнальными аэростатами дальность связи увеличилась в два раза.

На крыльях переделанного командного мостика и на особой башне, сооруженной над машинным люком, были установлены три 90-см прожектора Манжена.

Артиллерийское вооружение крейсера по состоянию на декабрь 1904 г. включало три 76-мм орудия Армстронга, одно 76-мм Виккерса, десять 57-мм орудий Армстронга, два 37-мм орудия Максима и четыре пулемета (три — Максима и один — Маузера). Одно 76-мм орудие Армстронга располагалось на полубаке, два — на барбетах на шканцах, орудие Виккерса — на полюте. Два 57-мм орудия были размещены на барбетах на шкафуте, шесть — на шканцах, два — на барбетах на полюте; 37-мм орудия находились на рострах, пулеметы — на мостике.

На крейсере было девять аэростатов германского производства: четыре змейковых наблюдательных объемом по 715 м^3 каждый; один сферический (640 м^3) для свободных полетов; четыре змейковых сигнальных по 37 м^3 для подъема антенн беспроволочного телеграфа.

Кормовая часть крейсера, начиная от машинного люка, была переделана для обслуживания аэроста-

тов. После удаления там всех надстроек и заделки люков на палубе $30 \times 15 \text{ м}$ свободно мог быть установлен наполненный змейковый аэростат. Защитой от атмосферных воздействий служили пятиметровый фальшборт и разборный парусинный ангар высотой 8 м. Стенки последнего растягивались на 18 поворотных тент-балках. Однако опыт показал, что они представляют угрозу для аэростата при подъеме и спуске; в итоге от ангара отказались. Наполненный аэростат удерживался на палубе балластными мешками и поясными веревками.

На верхней палубе в кормовых каютах спардека для подъема и притягивания аэростата были установлены две лебедки с электрическим приводом. Сигнальный шар поднимался и опускался при помощи ручной лебедки. В кормовой части верхней палубы сделали люк без комингса, служивший для подачи с нижней палубы вверх оболочек аэростатов и их принадлежностей. В рубке под полуютом устроили трап в склад оболочек аэростатов, здесь же размещался электрический вентилятор для продувания их воздухом.

На расположенной ниже палубе в трех отделениях, разделенных водонепроницаемыми переборками, находились резервный щелочно-алюминиевый газовый аппарат, склад для хранения оболочек аэростатов со специализированной мастерской, лаборатория и столярно-слесарная мастерская.

Электролитический газодобывательный завод помещался на самой нижней палубе, разделенной переборкой на машинное отделение и собственно газовый завод. В машинном отделении размещались паровые динамо-машины, водородные компрессоры, вентиляторная машинка и слесарная мастерская. Динамо-машины постоянного тока системы Сименса мощностью 65 кВт не только обеспечивали ток электролизера, но и могли питать судовую электрическую сеть. Они работали от двух вертикальных паровых машин системы «компаунд» мощностью 100 л. с. через шестеренчатую передачу, не оправдавшую себя в морских условиях. Оба отделения для предотвращения взрыва гремучего газа проветривались двумя паровыми вентиляторными машинками.

Водород на крейсере вырабатывался тремя электролизерами системы Шмидта (фирма «Эрликон», Швейцария), производительностью $266 \text{ м}^3/\text{сут}$ при нормальной нагрузке, а при усиленной — $330 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Поскольку наполнение аэростата объемом 715 м^3 непосредственно от электролизеров заняло бы более двух суток, предусматривалось хранение сжатого водорода в стальных баллонах. Из электролизеров водород поступал к компрессорам и подключенному параллельно к ним газометру, который регулировал давление газа и позволял следить за объемом его выработки. Сжатый компрессорами газ нагнетался в баллоны емкостью $13,27 \text{ м}^3$ при давлении 150 атм. Всего имелось 200 баллонов; разделенные на четыре батареи, они размещались в подводной части корабля под газовым заводом. Заряжая водородом одну из них, одновременно можно было наполнять шар из другой. Запас водорода на «Руси» составлял 3,5 наполнения змейкового аэростата [1, 2].

Спасательные средства «Руси» включали девять железных гребных шлюпок, два паровых катера и «автомобильный» катер, развивавший скорость до 17 уз.

Команда крейсера насчитывала 24 офицера и 518 нижних чинов, в том числе 4 офицера и 113 нижних чинов в воздухоплавательном парке. Командовал крейсером с 8 ноября 1904 г. капитан 1-го ранга А. Л. Колянковский.

3 февраля 1905 г. Отдельный отряд судов вышел в плавание, и «Русь», в ангаре которой находился готовый к подъему аэростат, заняла свое место в первой походной колонне в кильватере за крейсером «Владимир Мономах». Уже на третий день на «Руси» сильно потек холодильник (конденсатор) главной машины. 8 февраля во время стоянки эскадры у м. Скаген комиссия признала котлы «Руси» негодными к эксплуатации, и на следующий день крейсер был отослан назад для проведения исправлений.

На обратном пути при попытке развить полный ход вышли из строя три из шести котлов. Неудачей закончились и подъемы воздушных шаров. Змейковый аэростат при выведении из ангара разорвался, задев за тентбалки. Попытки продолжить опыты



Крейсер II ранга «Русь» на Кронштадтском рейде

с сигнальными аэростатами не увенчались успехом: у одного из них лопнула оболочка, а другой после обрыва троса унесло ветром.

12 февраля крейсер возвратился в Либаву. Планы отправить «Русь» в составе второго отдельного отряда или передать воздухоплавательное оборудование на другое судно не были реализованы, и крейсер был оставлен на Балтике для проведения опытов с аэростатами.

12 мая в Либаве состоялся первый подъем шара с наблюдателем. 8 июня «Русь» ушла в Кронштадт, где 14 июня эксперименты были возобновлены и продолжались до 28 августа, причем дважды (с 28 июня по 1 июля и с 28 июля по 2 августа) крейсер выходил в район Бьёрке. 31 августа «Русь» прибыла в Либаву, где окончила кампанию и стала на паровое отопление, а 7 сентября была зачислена в вооруженный резерв.

Эксперименты с воздушными шарами, проведенные на «Руси» летом 1905 г., стали самыми обширными в истории отечественного флота. Всего с 17 мая по 1 сентября было произведено 258 подъемов аэростатов (из них 186 с наблюдателями). В течение же всей кампании — 274 подъема, в том числе 194 с наблюдателями, а 12 августа командир воздухоплавательного парка крейсера (с 4 июня 1905 г.) штабс-капитан М. М. Рейнфельд совершил с «Руси» свободный полет [3]. Были охвачены практически все стороны применения аэростатов в морской войне: разработаны при-

емы безопасной работы с воздушным шаром в открытом море, проводилась воздушная разведка береговых укреплений и минных заграждений, велись опыты с фотограмметрической аппаратурой и воздушными змеями.

Вместе с тем А. Л. Колянковский высказался за исключение со службы старого корабля с изношенными механизмами и неисправными котлами, тем более что большое водоизмещение, значительные углубление и длина и плохая поворотливость делали «Русь» непригодной для мелководной Балтики. Просьба адмирала Г. П. Чухнина перевести «Русь» на Черное море, где ощущалась потребность в разведывательных судах [2], была также отклонена из-за неисправности котлов корабля, и, в конечном счете, Черноморскому флоту был передан только воздухоплавательный парк крейсера.

Крейсер решено было продать на слом [2]. По желанию Строганова из вырученных денег образовали капитал для премирования авторов лучших сочинений для матросских библиотек [4].

12 октября Совет Министров утвердил протокол о продаже «Руси» фирме «Воссидло и К^о» за 270 тыс. германских марок. 21 октября корабль сдали представителю фирмы, а через пять дней буксиры повели бывший крейсер в Штеттин, где в следующем году разобрали. 8 ноября 1906 г. «Русь» исключили из списков флота.

В годы русско-японской войны 1904—1905 гг. «Русь» оказалась не единственным кораблем русско-го флота, имевшим на борту воздухоплавательное оборудование, — эксперименты с воздушными шарами и змеями проводились также на кораблях в Порт-Артуре и во Владивостоке [5, 6], но именно она наиболее полно воплотила идею крейсера-аэростатоносца. Цепь ошибочных решений, главное из которых — размещение новейшего воздухоплавательного оборудования на корабле с неисправными котлами, не позволила испытать но-

вый тип корабля в боевых условиях. И если в русском флоте идея воздухоплавательного крейсера не получила дальнейшего развития, то технические решения, впервые примененные на «Руси» (система получения и хранения водорода, состоящая из электролизеров, компрессоров и баллонов; экраны от ветра и т. д.), были использованы на английских «balloon ships» первой мировой войны.

Главное же значение «Руси» в истории отечественного флота состоит в том, что крейсер, созданный в преддверии эпохи авиации, пред-

восхитил появление авианесущих кораблей.

Литература

1. *Большев М.* Воздухоплавательный крейсер «Русь». СПб., 1907.
2. РГАВМФ. Ф. 417. Оп. 1. Д. 2946, 3199; Ф. 418. Оп. 1. Д. 1531; Ф. 421. Оп. 3. Д. 731; Ф. 427. Оп. 4. Д. 1827; Ф. 870. Оп. 1. Д. 30746а; Ф. 928. Оп. 1. Д. 44.
3. *Рейнфельд М.* Свободный полет с воздухоплавательного крейсера «Русь»//Воздухоплаватель. 1905. № 9.
4. *Козырь В.* На вечные времена...//Морской сборник. 1996. № 5.
5. *Дружинин Ю. О., Емелин А. Ю.* Аэростат на флагмане//Гангут. 2001. Вып. 29.
6. *Емелин А. Ю., Дружинин Ю. О.* Человек, влюбленный в небо//Цитадель. 1998. № (8).

РЕЧНЫЕ КАНОНЕРСКИЕ ЛОДКИ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

И. И. Черников

Боевые действия первой мировой войны 1914—1918 гг. показали, что использование рек во фронтовых условиях необходимо, так как они являлись идеальными путями сообщения, особенно в периоды распутицы. Владение рекой давало возможность фланговых обстрелов противника. Сложившаяся оперативная обстановка на фронте потребовала от русского Военного ведомства дополнительной мобилизации на Висле и Немане пароходов и катеров, часть из которых вооружили мелкокалиберными пушками и пулеметами. После появления у немцев и австрийцев вооруженных пароходов и катеров прямых столкновений между судами противников не было. Русские вооруженные пароходы по приказу командования осуществляли обстрел немецких позиций и батарей.

В марте 1916 г. Военное ведомство России вновь создало Сатакундскую флотилию, в состав которой первоначально входили: четыре

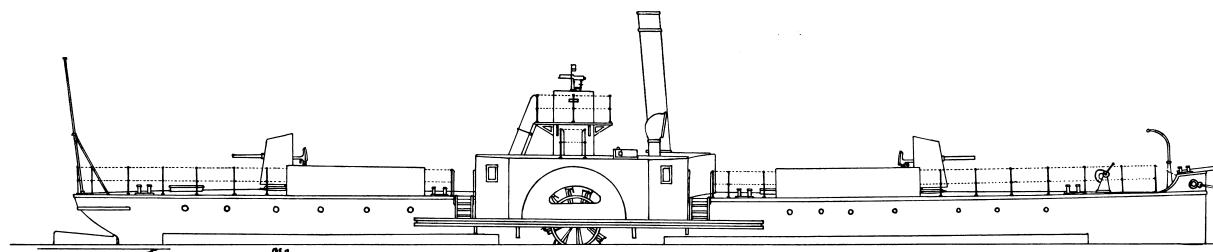
посыльных судна (вооруженные пароходы), два парохода, шесть моторных катеров и подрывная партия. Для перевозки войск предлагалось использовать баржи грузоподъемностью по 60 т, вмещавшие каждая роту солдат с обозом или 60 лошадей с повозками (батальонный обоз). 3 октября 1916 г. на пароходы были установлены четыре 57-мм пушки.

В августе 1915 г. по инициативе Военного ведомства для укрепления позиций 6-й армии на дальних подступах к Петрограду была создана Чудская флотилия. Работы по вооружению и бронированию пяти мобилизованных пароходов проводил Адмиралтейский завод. Кроме этого, в состав флотилии входили один паровой и два моторных буксира, семь моторных катеров и четыре лодки.

Основные работы по переоборудованию заключались в следующем: устанавливались подкрепления под 57 и 47-мм пушки, погреба бо-

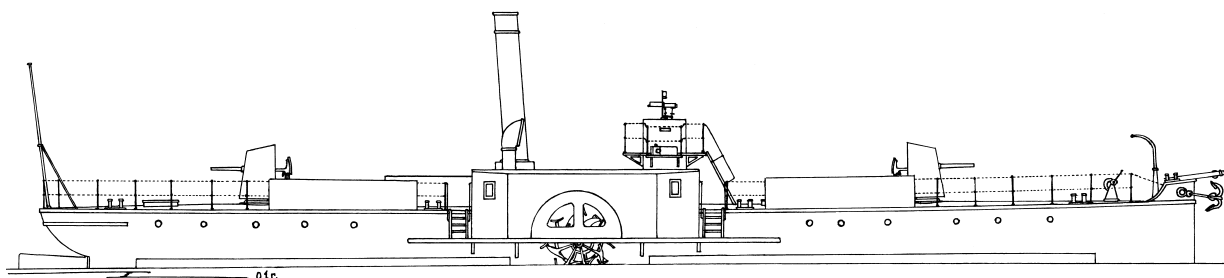
езапаса располагались в трюмах под орудиями. Для размещения снарядов устраивались деревянные стеллажи, разделенные на ячейки для каждого снаряда. Подача боезапаса была ручная. При этом снаряды передавались из рук в руки; управление огнем осуществлялось по переговорным трубам. К каждому орудью шли отрезки от общей магистрали, присоединяемые при помощи тройников; на концы отрезка насаживался гибкий резиновый шланг, оканчивавшийся жестяным раструбом. Несмотря на крайнюю простоту системы, слышимость была вполне удовлетворительная. Кроме переговорных труб имелся полевой телефон, который соединял управляющего огнем непосредственно с орудиями, включенными параллельно в одну общую телефонную сеть; штурвальные рубки бронировались. Система орошения погребов отсутствовала. Вопрос затопления погребов решался при помощи клинкетов, существовавших со времени постройки судна. Вентиляцией погребов служила естественная тяга воздуха через входные люки. Освещение погребов осуществлялось от судовой электросистемы.

Наиболее интересными были работы, связанные с переоборудо-



Вооруженный пароход «Венера» речного отряда на Висле.

Длина 38,1, ширина 4,27, осадка 0,76 м. Машина мощностью 80 л. с., 2 бортовых гребных колеса. Бронирование: борт, боевая рубка, брус-теры и траверсы — 5—6 мм. Вооружение: две 47-мм пушки и один пулемет. За броневыми брус-терами в носовой и кормовой части могли располагаться 33 десантника. 18 августа 1915 г. захвачен германской армией в Ковно. © И. И. Черников, 2003

**Вооруженный пароход «Ярославна» речного отряда на Висле.**

Длина 36,27, ширина 4,27, осадка 0,61 м. Паровая машина, 2 бортовых гребных колеса. Бронирование: борт, боевая рубка, брустверы, и траверсы — 5–6 мм. Вооружение: две 47-мм пушки, и один пулемет. За броневыми брустверами в носовой и кормовой части могли располагаться 33 десантника. 18 августа 1915 г. захвачен германской армией в Ковно. © И. И. Черников, 2003

ванием десантных барж и грунтоотвозной шаланды в канонерские лодки Дунайской флотилии.

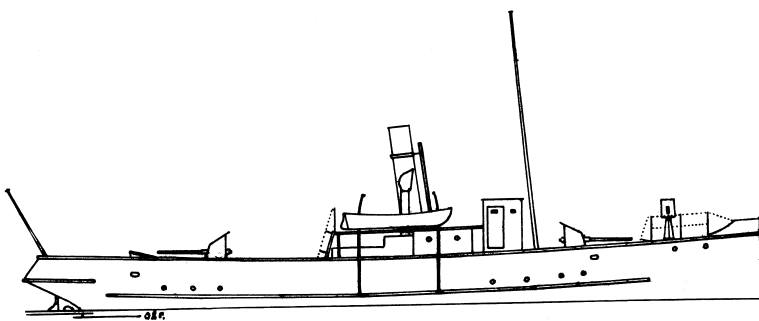
В ходе первой мировой войны в операциях на юго-восточном побережье Черного моря широко применялись специально построенные для высадки десантов корабли. В дополнение к заказанным десантным пароходам типа «эллипидфор» Черноморский флот получил в марте 1916 г. первые самоходные баржи, на каждой из которых было установлено по два двигателя внутреннего сгорания общей мощностью 100 л. с. В носовой оконечности суда имели широкую и длинную сходню, выдвигавшуюся вперед при подходе к берегу деревянными стрелами. Весьма большой трюм вмещал батальон пехоты или две полевые батареи. Из трюма на верхнюю палубу вела пологая сходня, облегчавшая выезд повозок и орудий.

Еще в 1915 г. на необходимость строительства «болиндеров» (так вскоре «окрестили» эти баржи по названию одной из фирм, изготавливавших для них двигатели) указал командующий Черноморским флотом. В рапорте морскому министру от 5 октября он просил о срочной постройке десантных судов, способных перевозить по 500 чел. Исходя из требования одновременной высадки на берег двух бригад пехоты (20 тыс. чел.), считалось необходимым иметь 50 барж, десять из которых будут запасными (предположительная дальность плавания 1000 миль). Комиссия Морского генерального штаба решила, что суда могут быть построены не раньше, чем к весне 1916 г. Для этого требовалось срочно заказать в России и за границей 100 двигателей мощностью по 40–50 л. с. с доставкой их на верфи не позднее середины февраля 1916 г. Необходимо также было

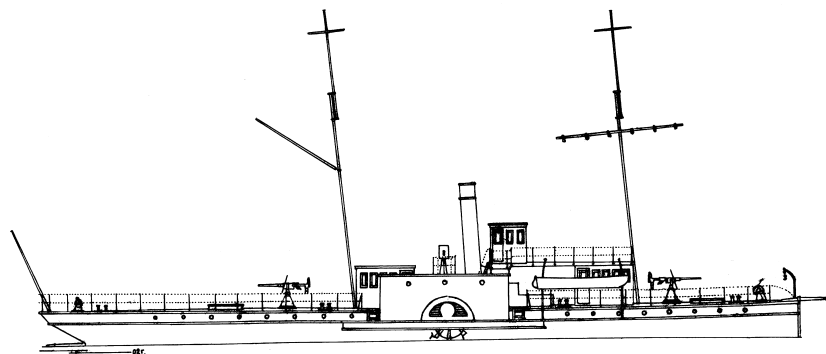
определить, какие южные судостроительные заводы взялись бы построить к 1 апреля 1916 г. 50 «болиндеров». Вначале Морское министерство предполагало заказать заводу «Руссуд» 40 барж, верфи Русского общества пароходства и торговли (РОПиТ) — четыре, заводам Ревенского и Беллино-Фендериха в Одессе — по три. Однако затем весь заказ взял «Руссуд», заключивший контракт 2 декабря 1915 г. Двигатели

(50 шт.) заказали шведской фирме «Болиндер», а также 48 — в США, 2 — Ревельскому заводу «Двигатель», 10 — Балтийскому и Ижорскому заводам (всего 110).

Все необходимые чертежи десантных барж завод «Руссуд» разработал еще в ноябре 1915 г. Корпус отличался предельной простотой и формировался из плоских листов, что не требовало горячих гибочных работ. При водоизмещении 255 т

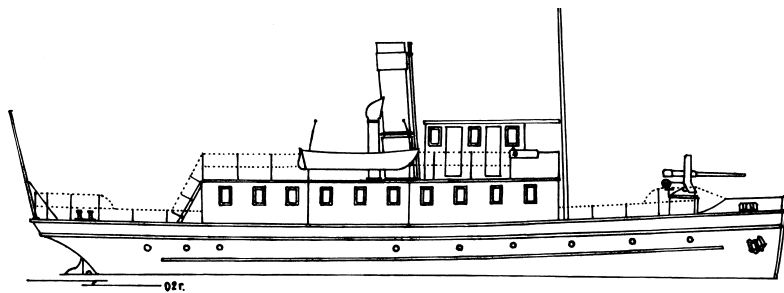
Вооруженные пароходы Чудской озерной флотилии**«Великая княгиня Ольга».**

Водоизмещение 115 т. Длина 27,43, ширина 4,88, осадка 1,52 м. Паровая машина мощностью 200 л. с., 1 гребной винт, скорость хода 10 уз. Бронирование: борт, боевая рубка и орудийные щиты. Вооружение: две 57-мм пушки, два пулемета и один прожектор. Грузоподъемность 16,4 т. © И. И. Черников, 2003

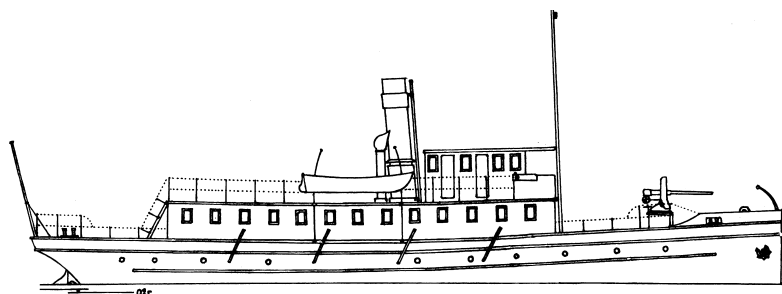
**«Юрьев».**

Водоизмещение 110 т. Длина 38,1, ширина 5,49, осадка 0,91 м. Паровая машина мощностью 120 л. с., 2 бортовых гребных колеса, скорость хода 10 уз. Бронирование: борт, боевая рубка и орудийные щиты. Вооружение: две 47-мм пушки, два пулемета и один прожектор. Радиотелеграфная станция. © И. И. Черников, 2003

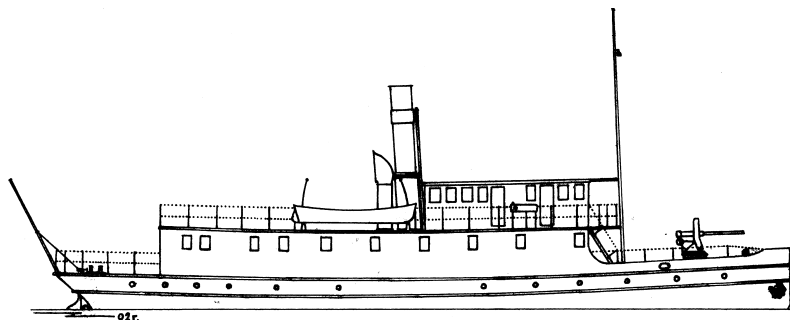
Вооруженные пароходы Сатакундской флотилии

**«Всеслав».**

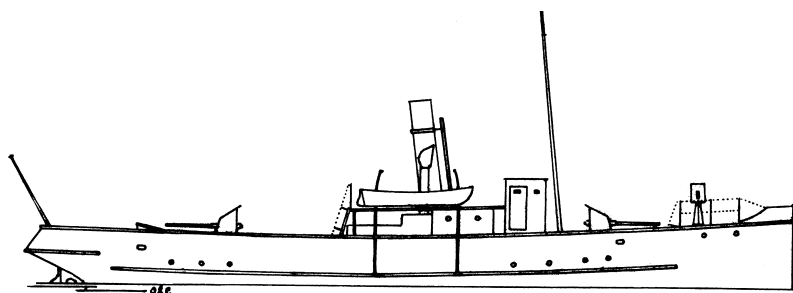
Водоизмещение 96,8 т. Длина 23,3, ширина 5,64, осадка 2,21 м. Паровая машина мощностью 200 л. с., 1 гребной винт, скорость хода 10 уз. Вооружение: одна 57-мм пушка. Личный состав 21 чел. © И. И. Черников, 2003

**«Мстислав».**

Водоизмещение 120 т. Длина 28,22, ширина 5,54, осадка 2,45 м. Паровая машина мощностью 310 л. с., 1 гребной винт, скорость хода 10 уз. Вооружение: одна 57-мм пушка. Личный состав 21 чел. © И. И. Черников 2003

**«Святослав».**

Водоизмещение 146,5 т. Длина 28,83, ширина 6,15, осадка 2,65 м. Паровая машина мощностью 315 л. с., 1 гребной винт, скорость хода 10 уз. Вооружение: одна 57-мм пушка. Личный состав 21 чел. © И. И. Черников, 2003

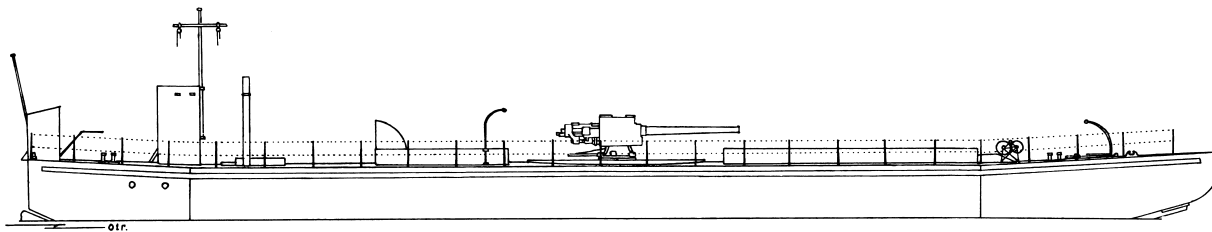
**«Ярослав».**

Водоизмещение 89,2 т. Длина 21,3, ширина 4,87, осадка 1,5 м. Паровая машина мощностью 75 л. с., 1 гребной винт, скорость хода 10 уз. Вооружение: одна 57-мм пушка. Личный состав 21 чел. © И. И. Черников, 2003

эти суда имели следующие размеры: наибольшая длина и ширина соответственно 54,7 и 7,1 м, длина и ширина по ГВП около 42,7 и 6,6 м, осадка 1,2 м. Днище, наружная обшивка и палубный настил состояли из листов толщиной 6—12 мм, средние листы в носовой части имели толщину 10—12 мм. Шпангоуты изготовлялись из угольников размерами 75x75x8 мм (шпация 610 мм), бимсы и пиллерсы — из швеллеров, переборки — из листов толщиной 6—8 мм (пиллерсы в районе грузового люка располагались в два ряда). Между поперечными переборками на 56 и 58 шп. предусматривалась выгородка, разделенная продольной переборкой на два отсека — для хранения пресной и питьевой воды (9 и 6 т соответственно). Между 70 и 72 шп. размещалась топливная цистерна емкостью 3 т. Фундаменты под машины (58—65 шп.) состояли из флоров толщиной от 6 до 12 мм, усиленных угольниками 75x75x10 мм. В районе 65—70 шп. были оборудованы стальные или деревянные выгородки для размещения команды (8 чел.) и офицера.

В подводной носовой части корпуса (параллельно ДП) крепились пять салазкообразных полозьев из толстых деревянных брусков, которые при погрузке и выгрузке у берега должны были препятствовать перемещению судна в сторону. Устройство для спуска и подъема носовой сходни (набор — из швеллеров, настил — из сосновых досок) состояло из двух деревянных окованных стрел и двух ручных лебедок. В походном положении стрелы крепились с помощью бугеля и сквозных болтов. Грузовая деревянная сходня для удобства спуска орудий имела направляющие канавки из квадратных брусков.

Карлингсы и комингсы двух грузовых люков (между 15—31 и 45—53 шп.) изготовлялись из листовой стали толщиной 8—10 мм с угольниками 75x75x8 мм. Разборные деревянные крышки люков крепились с помощью железных полос на петлях и скобках с закладными болтами. Два световых люка под машинным отделением были изготовлены из листовой стали толщиной 8—12 мм, а их откидные крышки — из дерева. С помощью двух рымов в носовой части и троса могла осуществляться буксировка со скоростью 10 уз. Предусматривались становой якорь мас-



Канонерские лодки К-8; К-17; К-18 и К-19 Дунайской речной флотилии.

Вооружение: одна 152-мм пушка. Личный состав 18 чел.

28 марта 1918 г. корабли захвачены австро-германскими войсками в Одессе. К-8 и К-17 в ноябре 1918 г. — у белогвардейцев, а с декабря 1918 г. — у англо-французских интервентов. С апреля 1919 г. вновь входили в состав белогвардейского флота (тактические номера соответственно Б-1 и Б-4). Б-4 затоплена врангелевцами у Евпатории 18 ноября 1920 г. при эвакуации из Крыма. 14 ноября 1920 г. канонерская лодка Б-1 захвачена красными и 27 ноября 1920 г. зачислена в состав ДОТ обороны Крымского полуострова МСЧМ. 25 ноября 1921 г. затонула во время шторма в Севастопольской бухте, но вскоре была поднята и вновь введена в строй. 12 апреля 1924 г. передана Морпрогнанохране ОГПУ. Впоследствии входила в состав плавсредств дивизиона подводных лодок МСЧМ. Дальнейшая судьба К-18 и К-19 неизвестна. © И. И. Черников, 2003

сой 320 кг с якорь-цепью длиной 100 м, а также кормовой верп (80 кг). Рулевое устройство состояло из клепаного руля и штурвала с проводкой штуртроса под палубой. Кроме того, на верхнюю палубу выходил румпель, и два человека могли в случае необходимости перекладывать руль при скорости буксировки судна не более 6—8 уз. От машинного отделения к посту рулевого, который прикрывался щитом из стали толщиной 12 мм, вела переговорная труба.

В конце ноября 1915 г. «Руссуд» приступил к постройке десантных барж, а весной следующего года флот получил первые из них — № 2—10, 25, 26, 28, 29 и т. д. Двигатели системы «Болиндер», «Скандия» или «Аванс» позволяли баржам, которые, по существу, явились одними из первых в мире десантных кораблей специальной постройки, развивать скорость до 5,5 уз. Испытания баржи с посадкой и высадкой пехоты (из 796 чел. 520 размещались в трюме) проводились 26 марта в Николаеве. Осадка судна порожнем составляла носом 0,68, кормой — 1,14, после посадки десанта, занявшей, как и высадка, все-

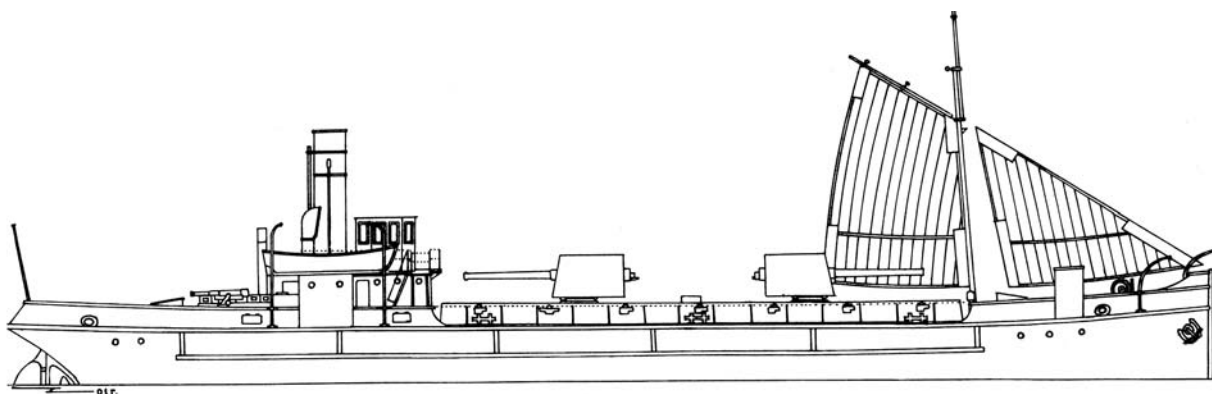
го 12 мин, — соответственно 0,99 и 1,27 м (скорость в полном грузу составила 5,3 уз). В связи с трудностями военного времени Морскому министерству не удалось получить в срок все заказанные двигатели, но, так как флот остро нуждался в десантных судах, казне пришлось в период с 1 апреля по 10 мая принять без двигателей баржи № 11—24, 27, 30, 33—36, 41—50, которые использовались как буксируемые.

Корабли этого типа широко применялись в десантных операциях на Черном море, обеспечивая успешное продвижение русской армии. Для прикрытия десантируемых войск почти на каждом судне с обеих сторон носовой сходни устанавливались бронированные пулеметные гнезда. На переходе «болиндеры» обычно буксировались пароходами. Свои двигатели они использовали уже непосредственно в районе высадки на берег. Часть десантных барж была переоборудована в канонерские лодки.

15 октября 1915 г. командующий Черноморским флотом А. А. Эбергард поднял вопрос о переделке в «бомбардирские суда» восьми самоходных грунтоотвозных шаланд, заказанных Министерст-

вом торговли и промышленности николаевским заводом «Наваль» и «Руссуд». Интересно, что при заделке откидных люков в днище грузовых трюмов образовался дополнительный 600-тонный запас плавучести. Это, а также высокая общая прочность корпуса, дополнительные подкрепления и фундаменты давали возможность установить довольно солидное вооружение. Группа инженеров РОПиТа разработала несколько его вариантов: четыре 152-мм гаубицы, две 130-мм пушки, две спаренные 120-мм башенные установки речных мониторов типа «Шквал», и даже две 254-мм мортиры. Однако Морское министерство отклонило эти предложения из-за отсутствия необходимой артиллерии и материалов.

Через год новый командующий Черноморским флотом адмирал А. В. Колчак обратился в Морской штаб Верховного Главнокомандующего с просьбой рассмотреть возможность переделки достраивавшихся грунтоотвозных шаланд в артиллерийские корабли. Крайнюю заинтересованность проявило и армейское командование, предполагавшее использовать такие кораб-



Канонерские лодки К-15 Дунайской речной флотилии.

Вооружение: две 152-мм и две 57-мм пушки. © И. И. Черников, 2003

ли в десантных и оборонительных операциях. 23 октября 1916 г. Морской штаб сообщил в МГШ о желании переоборудовать восемь судов, вооружив каждое двумя 152-мм орудиями и четырьмя 75-мм зенитками. При этом Военное министерство выражало готовность предоставить часть орудий из числа батарей береговой обороны.

Не дожидаясь решения Морского министерства, кораблестроительный отдел ГУК 12 ноября 1916 г. предложил «Руссуду» форсировать достройку шаланд, а «Навалю» — приступить к переделкам по чертежам, разработанным руссудскими специалистами. Однако МГШ считал такую затею излишней, так как на Черном море уже имелись четыре самоходные десантные баржи-болиндера с одной 152-мм пушкой каждая, а две такие же баржи вооружались в Севастополе. Кроме того, там же оборудовались две самоходные плавающие батареи, а на две румынские баржи устанавливались 203-мм орудия, снятые с линкора «Синоп».

Однако грунтоотвозные шаланды были необходимы для поддержания в судоходном состоянии Николаевского морского канала. Поэтому 27 января 1917 г. морской министр И. К. Григорович разрешил переде-

лать только шаланду «Казатин». 17 февраля кораблестроительный отдел ГУК выдал наряд на 410 тыс. руб. Обществу Николаевских заводов и верфей (завод «Наваль»), которое через два месяца обязалось сдать флоту канонерскую лодку «К-15». При этом броню выделили из запасов, оставшихся от строительства легких крейсеров и линейного корабля «Император Александр III».

Конструкция корпуса была обычной для грунтоотвозных шаланд с некоторыми изменениями, связанными с установкой артиллерии и размещением личного состава. Борт бронировался полностью (9–75 шп.), причем здесь стояли траверзные переборки, защищавшие погреба боезапаса и машинно-котельное отделение. Броневой пояс опускался ниже ватерлинии на 675 мм, кроме этого защищались палуба, комингсы, платформы под орудия и боевая рубка (толщина брони 25 мм). Девять штатных кают и два жилых помещения в двух грузовых трюмах были рассчитаны для 63 чел., в том числе трех офицеров. Боевую рубку с машинным отделением и орудиями связывали полевые телефоны и звуковая сигнализация.

6 июня 1917 г. К-15 вошла в состав Дунайской флотилии, 2 июля на-

чались приемные испытания. При осадке носом 1,19 и кормой 2,31 м корабль не развил спецификационную 8-узловую скорость, а только 5,99 уз, хотя при этом вертикальная машина тройного расширения и огнетрубный котел работали удовлетворительно. 14 июля К-15 направилась в Одессу, а затем в Севастополь, где ее вооружили двумя 152-мм пушками Канэ и двумя 57-мм зенитными системами Норденфельда (боезапас — по 300 выстр. на ствол).

В феврале 1917 г. вошли в состав Дунайской флотилии 13 канонерских лодок: К-1 — К-10, К-12 и К-13, вооруженные каждая одной 152-мм пушкой; К-14 и К-16 имели по одной 203-мм пушке.

Канонерские лодки оказались незаменимыми кораблями артиллерийской поддержки, особенно на мелководных лиманах. Опыт создания подобных кораблей позднее активно использовался противоборствующими сторонами во время гражданской войны на юге России.

Литература

РГАВМФ ф. 401, д. 981; ф. 418, оп. 1, д. 1991.

Черников И. И. Черноморские десантные баржи // Судостроение. 1982. № 9.

Черников И. И. Русские речные флотилии за 1000 лет. СПб., 1999.

Черников И. И. Гибель империи. СПб., 2002.

ПЕРВЫЕ ПОРТОВЫЕ ЛЕДОКОЛЫ «АМЕРИКАНСКОГО ТИПА» НА БАЛТИКЕ: «САМПО», «ТАРМО» И «ПЕТР ВЕЛИКИЙ»¹

В. Г. Андриенко

Ледокольные суда в портах Российской империи появились значительно позже, чем в других замерзающих портах Европы и Америки. Но отечественные специалисты быстро усвоили заграничный опыт и с конца XIX в. начали успешно использовать свой собственный, совершенствуя первые «ледокольные снаряды». В середине 90-х годов особое внимание было уделено американским ледокольным паромам, работавшим на Великих озерах (в частности, в проливе Макино между озерами Мичиган и Гурон), где несколько лет успешно использовались парома «St. Ignace» и «St. Marie», имевшие не только кормовой, но и носовой винты [1].

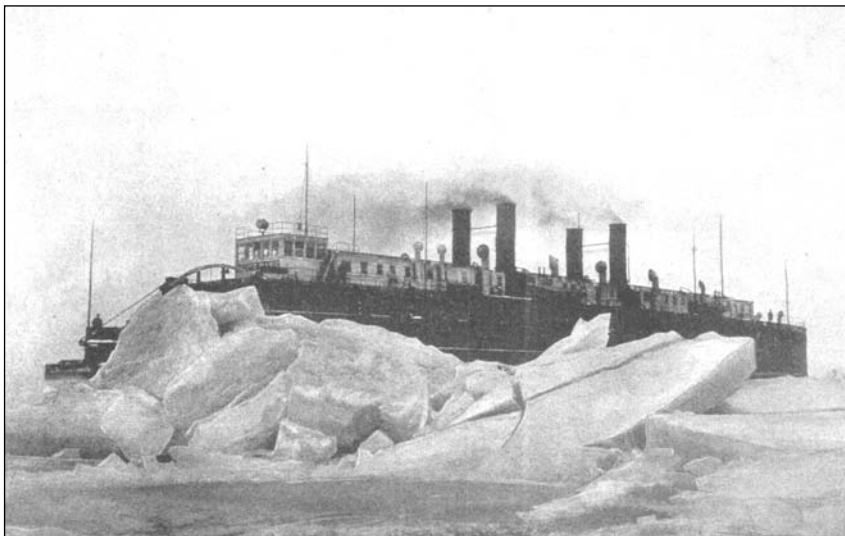
Носовой гребной винт — американская идея, примененная впервые на ледокольных парамах, приглянулась российским морякам и инженерам. Впервые такой винт был установлен в 1887 г. инженером Р. Кирби на пароме «St. Ignace». При работе

вперед носовой винт высасывал воду из-под льда, облегчая его разрушение корпусом ледокола. Когда направление вращения винта меняли (на задний ход) отбрасываемая им струя воды отгоняла разломанные льдины, размывала нижнюю часть то-

росов и освобождала корпус ледокола от прилипающего к нему снега и разбитого льда. В период летней навигации этот винт снимался, и паром приводился в движение с помощью только кормовых машины и винта.

В 1895 г. был заказан первый русский ледокольный паром (будущий «Байкал»). Как и американский, он имел носовой винт и предназначался для обслуживания железнодорожной переправы на о. Байкал. Не дожидаясь введения его в строй («Байкал» начал работать только в 1900 г.), в 1897 г. практически одновременно решили построить еще два ледокола американского типа, как вскоре стали называть суда ледового плавания, снабженные носовыми винтами. Одним из них был огромный по тем временам ледокол «Ермак», уже в первых рейсах в Финском заливе продемонстрировавший прекрасные ледокольные качества. Однако в тяжелых арктических льдах носовой винт оказался малоэффек-

¹По материалам РГАВМФ, ф. 404, 417, 418, 479, 972.



Паром «С. Мария» («St. Marie»).

Водоизмещение 3150 т, длина 92, ширина 15,7 и осадка в грузу 5,2 м. Две паровые машины общей мощностью 3750 и.л.с. приводили в движение носовой и кормовой винты. Корпус судна — из дуба, обшитый в носовой части железными листами толщиной 5 мм, штевни — ледокольной формы. За один рейс он перевозил на палубе 18 товарных вагонов (до 40 т каждый). Зимой паром ломал лед толщиной до 0,5 м, чему в немалой степени способствовало использование носового винта (все фотографии из коллекции В. Г. Андриенко)

тивным и часто повреждался. В результате, после пробных плаваний в Арктике носовой винт у «Ермака» сняли, а носовую оконечность переделали [2].

Одновременно с «Ермаком» (заводской № 684) и на том же заводе фирмы Армстронга под № 679 строился еще один ледокол с носовым винтом — финский «Сампо» («Sampro») [3].

О втором государственном ледоколе для финских портов заговорили в 1895 г., когда была создана специальная комиссия по разработке требований, которым должен удовлетворять ледокол, предназначенный подобно первому («Муртайя») для обеспечения зимней навигации в Финском заливе. Хотя «Муртайя» добросовестно оказывал помощь судам во льдах, он не мог этого делать в суровые зимы, когда толщина льда достигала величины, значительно превышавшей его ледокольные возможности (более 40 см). Кроме того, имея «ложкообразную» форму корпуса (как у гамбургских ледоколов), он не лучшим образом работал в битых льдах и покрытых слоем снега. Требовался ледокол большей мощности, более приспособленный для работы во льдах Финского залива.

Комиссию возглавил энтузиаст ледокольного дела начальник Глав-

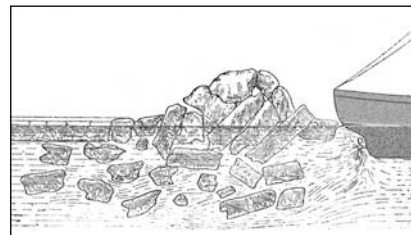
ного управления Лоцманского и маячного ведомства Финляндии капитан 1-го ранга Н. Н. Шеман, а ее членами стали представители большинства местных портов и финские капитаны, водившие ледокольные суда на Балтике. Вошел в комиссию и первый в России теоретик ледоколостроения инженер Р. И. Рунеберг. Особое внимание финские специалисты обратили на ледоколы американского типа.

На разработку требований к новому судну ушло семь месяцев, и в июне 1897 г. он был заказан английской фирме «Сэр В. Г. Армстронг, Уитворт и К^о» в Ньюкасле-на-Тайне, которая ранее создала паром «Байкал». Строительство «Сампо» («Sampro») несколько затянулось: он

пришел в Финляндию 29 октября 1898 г.¹ [4].

Появление необычного по конструкции ледокола на Балтике прошло незамеченным. «Гвоздем сезона» был «Ермак». Газетная шумиха, связанная с триумфальным появлением в Финском заливе огромного ледокола, отвлекла внимание от «Сампо», который прекрасно показал себя в ледовую кампанию 1898/99 г., начавшуюся в декабре. Ледокол оказал помощь 126 судам (главным образом паровым) в районе Выборга, Гельсингфорса и Гангэ (Ханко). С гордостью представили финны в 1900 г. модель «Сампо» на Всемирной выставке в Париже [5].

Новый ледокол значительно отличался по конструкции от «Муртайи». Носовая и кормовая оконечности «Сампо» в подводной части имели более острую ледорезную форму. Форштевень в подводной части (почти до морткрыла носового винта) был прямой, срезанный к горизонтали под



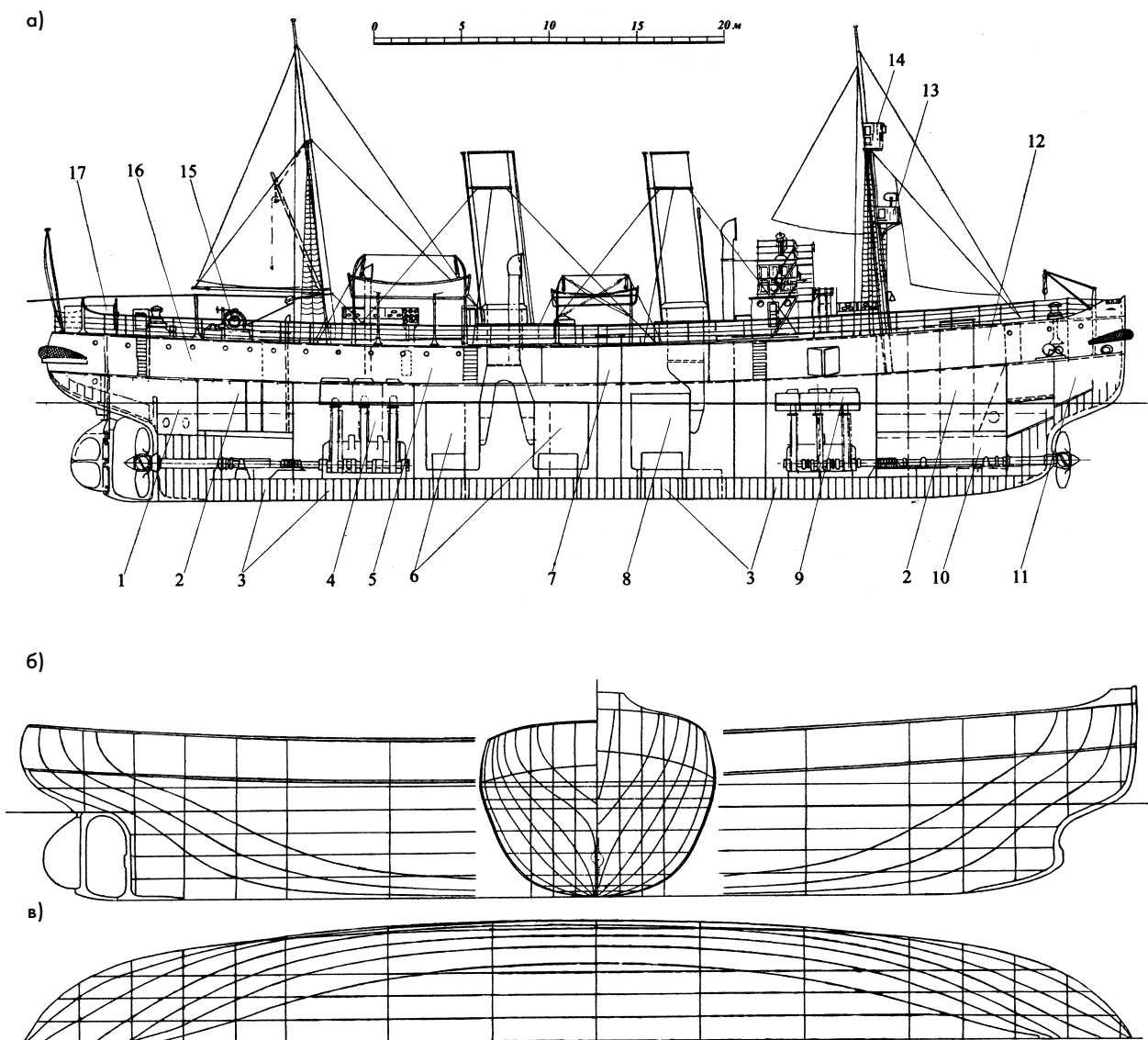
Разрушение тороса носовым винтом ледокола. (рисунок из книги И. В. Виноградова «Суда ледового плавания». М., 1946. С. 12)

углом почти 22°. Ахтерштевень с характерным «наплывом» для защиты пера руля имел меньший угол наклона (16°). Для предохранения судна от повреждений при сжатиях борта были выпуклыми: угол ветви шпангоута



Ледокол «Сампо» на испытаниях

¹Даты, связанные с постройкой финских ледоколов, приводятся по новому (европейскому) стилю.



Ледокол «Сампо»: а — боковой вид, совмещенный с продольным разрезом; б — теоретический чертеж;

1 — кормовая дифференциальная цистерна; 2 — грузовой трюм; 3 — водяные цистерны 2-го дна; 4 — кормовое машинное отделение; 5 — помещение рулевой машинки; 6 — кормовое котельное отделение; 7 — поперечная угольная яма; 8 — носовое котельное отделение; 9 — носовое машинное отделение; 10 — коридор гребного вала; 11 — носовая дифференциальная цистерна; 12 — помещение команды; 13 — прожекторная площадка; 14 — «бочка»; 15 — буксирная лебедка; 16 — салон комсостава; 17 — кормовой штурвал.

© Реконструкция и выполнение чертежей В. Г. Андриенко, 2003

к вертикали ниже главной ватерлинии (ГВЛ) на миделе составлял 20° . Пояся наружной обшивки состояли из стальных листов толщиной 10–15 мм, а ледовый пояс толщиной в 25 мм имел по всей длине судна ширину около 1,98 м, в том числе 1,4 м ниже главной ватерлинии. Шпация равнялась 460 мм (таблица).

Водонепроницаемыми переборками корпус делился на девять отсеков. Имелось второе дно, в котором размещались балластные цистерны. В корме и носу находились дифференциальные цистерны. Котельные отделения, разделенные поперечной

угольной ямой, располагались в центре судна, за ними в сторону оконечностей были носовое и кормовое машинные отделения и небольшие грузовые трюмы. В каждом из котельных отделений стояли два одинаковых цилиндрических паровых котла. Кроме того, имелся вертикальный паровой котел для питания паром мощной центробежной спасательной помпы и вспомогательных механизмов, установленный в отдельном помещении.

Часть конструктивных решений, оправдавших себя в эксплуатации «Муртай», применили на «Сампо».

Также как и на первом финском ледоколе, на «Сампо» имелись две палубы: верхняя и жилая, на которой находились пассажирские каюты, помещения лоцманов, таможенников и все жилые помещения команды. Эта нижняя палуба, расположенная выше ватерлинии, значительно повышала поперечную прочность корпуса судна при ледовых сжатиях. Сохранился в общих чертах и характерный силуэт «Муртай» — седловатый корпус, две наклонные трубы и мачты.

В носовой части просторной деревянной верхней палубы «Сампо»

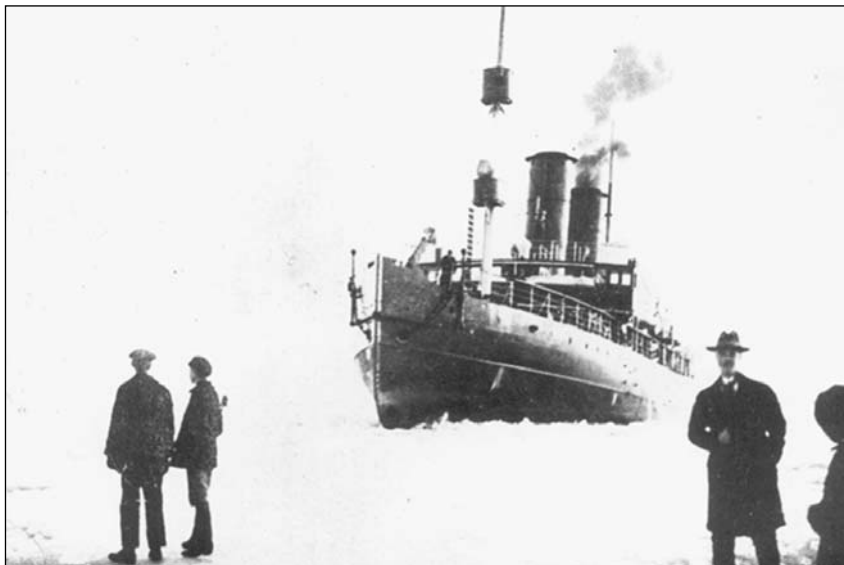
была двухъярусная рубка с двумя мостиками, крылья которых доходили до бортов; четыре шлюпки подвешивались на шлюпбалках. На фок-мачте смонтировали специальную площадку («бочку»), из которой велось наблюдение за ледокольными работами. Ниже бочки находилась площадка для прожектора. Предусматривалось вспомогательное парусное вооружение с косыми парусами. На палубе находились три паровые лебедки.

Ледопроеходимость «балтийского американца» оказалась значительно лучше, чем у «Муртайи». В сплошном чистом льду толщиной до 40 см ледокол легко шел со скоростью до 8 уз и разбивал (точнее, размывал) 1,5–2-метровые торосы. Эксплуатация «Сампо» показала, что при форсировании балтийского льда лучше работать носовым винтом вперед (на американских паромах размывание льда осуществлялось действием этого винта на задний ход) [6].

Использование в балтийских льдах ледовых судов, снабженных носовым и кормовым винтом, вполне себя оправдало. Суда этого типа настолько приглянулись финским специалистам, что затем в течение более полувека они только такими ледоколами и занимались, накопив огромный опыт их постройки и эксплуатации.

Финский ледокол недолго оставался единственным «американцем» на Балтике. До первой мировой войны здесь появилось еще несколько судов этого типа. Сначала финны, ободренные успехами «Сампо» и развитием зимнего судоходства в своих портах, решили заказать второй ледокол, подобный первому, но модернизированный на основании более чем 8-летнего опыта эксплуатации. 15 февраля 1907 г. был заключен контракт на постройку ледокола с фирмой Армстронга. Опытные английские судостроители справились с заказом второго судна значительно быстрее, чем с первым. В конце осени 1907 г. они начали работы на стапеле, а 3 января 1908 г. новый ледокол «Тармо» уже прибыл в Гангэ.

Силуэт и конструкция корпуса «Тармо» были почти идентичны «Сампо». Но его размеры увеличили по сравнению с прототипом на 11%, водоизмещение на 25%, а мощ-



Ледокол «Тармо» во льдах

ность — почти на 40% (см. таблицу). Позднее «Тармо» был перестроен: носовую рубку расширили и удлиннили до кормовой трубы, далее надстройку продолжила шлюпочная палуба. Этот ледокол, как и «Сампо», использовался исключительно в Финском и Ботническом заливах.

Долгое время Рижский порт не имел собственного ледокола и обходился исключительно ледокольными буксирами, которые обеспечивали плавание судов на реке Западная Двина (Даугава) от ее устья до района торгового порта в период ледостава и ледохода.

В 1909 г. Рижский биржевой комитет с помощью Министерства торговли и промышленности (МТиП) добился введения в Риге «ледокольного сбора», обеспечившего средства на строительство. В том же году комитет начал переговоры о постройке ледокола с отечественными и иностранными предприятиями. Заводам были разосланы эскизный чертеж и примерная спецификация ледокола, снабженного носовым винтом.

Наиболее удовлетворительным в техническом отношении, по мнению рижан, оказался проект шведской фирмы «Гетаверкен» (Götaverken), который и был принят для постройки с некоторыми изменениями и дополнениями. Контракт с «Гетаверкен» подписали 28 февраля 1911 г.

Проект ледокола, предназначенного не столько для работы в самом порту, сколько для проводки судов в Рижском заливе, включал «ряд новых, принципиальных положений

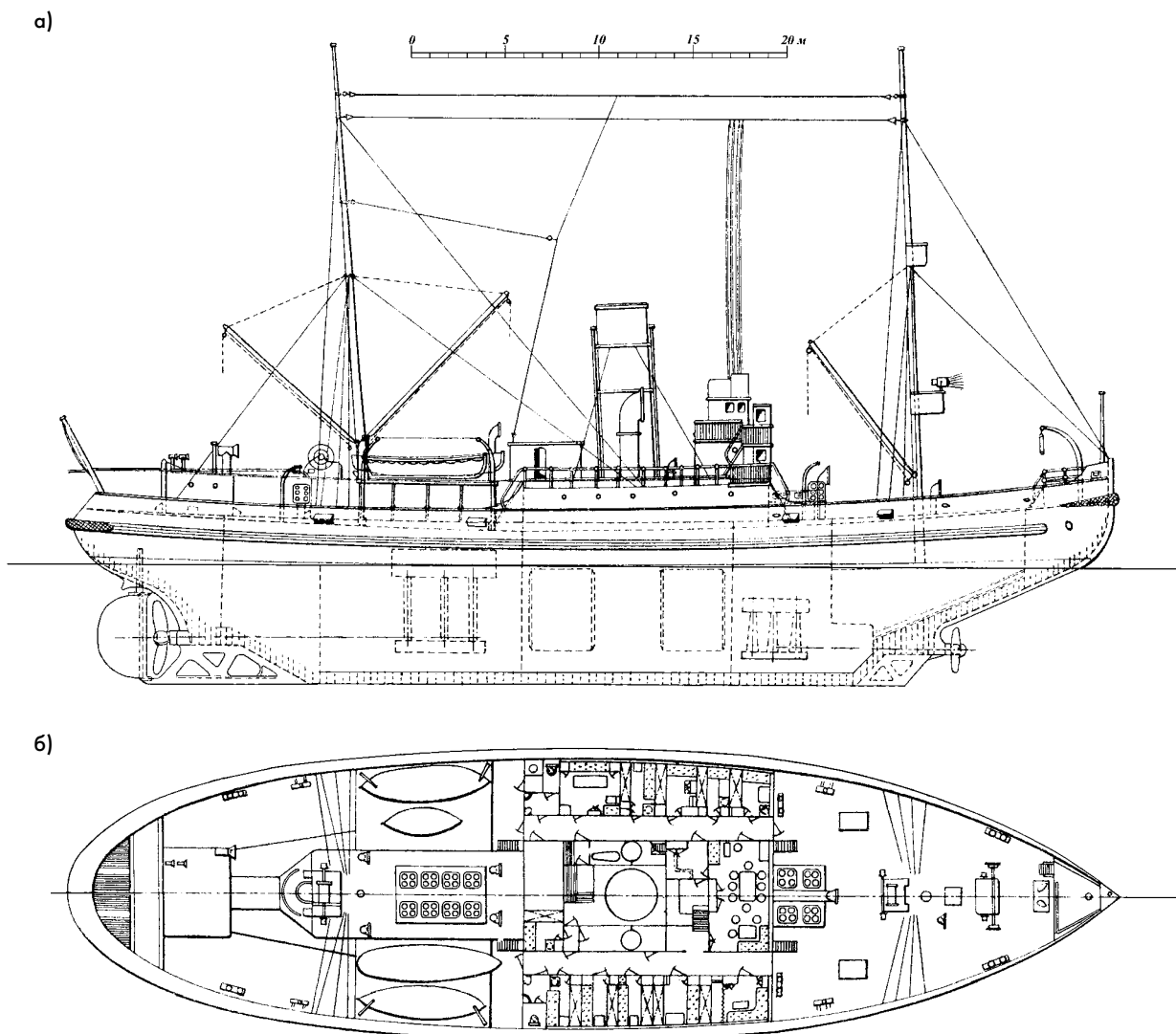
в части формы корпуса, соотношения главных размерений... мощности носовой и кормовой машин... значительно отличавших его от предшествующих однотипных ледоколов «Сампо» и «Тармо», — писал историк ледоколостроения инженер А. Я. Сухоруков [6].

Разработка технического проекта проводилась шведами на заводе в Гётеборге, на основании технического задания главного инженера Рижского биржевого комитета О. Флейшера, а также профессора Рижского политехникума Ч. Кларка. Они были наблюдающими за постройкой ледокола в Швеции. 21 ноября 1911 г. ледокол, получивший наименование «Петр Великий», спустили на воду [7].

По архитектуре судно было двухпалубным со средней надстройкой, двухъярусным мостиком и двумя мачтами. На фок-мачте, как на финских ледоколах, были смонтированы «бочка» для наблюдателя и прожекторная площадка. Между надстройкой и бизань-мачтой ставились четыре шлюпки, одна из которых представляла собой новинку — моторный барказ с двигателем «Скандия» (7,5 л. с.).

По данным А. Я. Сухорукова, «обводы «Петра Великого» явились развитием обводов 4-винтового ледокола мощностью 10 000 л. с., спроектированного в 1898 г. заводом Шихау по конкурсу на постройку «Ермака» [8, 9].

«Форма корпуса, — отмечал он, — отличалась более острыми об-



Ледокол «Петр Великий»: а — боковой вид, совмещенный с продольным разрезом; б — план верхней палубы.

© Реконструкция и выполнение чертежей В. Г. Андриенко, 2003

водами по сравнению с предшествующими ледоколами, и в этом отношении представляла собой еще более значительный по сравнению с «Ермаком» отход от «гамбургской формы». Ледокол не имел плоского днища, форма его поперечных сечений представляла собой треугольник с выпуклыми боковыми гранями — бортами и с плавным переходом от килевой линии к очертанию бортов (без скулы). По очертанию подводной части корпуса он приближается к яхте...» [6]. Форштевень был выпуклый, угол наклона к горизонтали в районе ГВЛ составлял 30° . Угол наклона бортов к вертикали — 20° . Шпангоуты в носовой части были установлены через 381, в средней — через 435 мм.

Корпус делился водонепроницаемыми переборками на семь отсеков. Расположенные в центральной

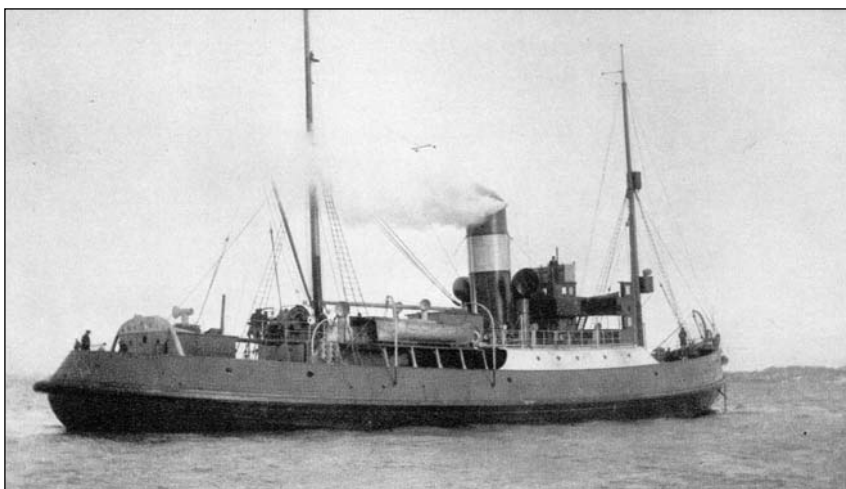
части корпуса в общем котельном отделении четыре цилиндрических паровых котла с пароперегревателями, работали на форсированной тяге. За котельным отделением в нос и корму находились машинные отделения.

Балластных цистерн было 10 (6 носовых и 4 кормовых), часть их, расположенных по бортам, были креновыми. Дело в том, что зачастую даже «Ермак» надолго застревал в торосах: раскачивание судна с помощью балластных цистерн в диаметральной плоскости не помогало, приходилось стягивать ледокол с помощью завоза ледяных якорей. Это обстоятельство навело на мысль о боковом раскачивании «Петра Великого» с помощью бортовых (креновых) цистерн. Два мощных центробежных насоса системы «Götaverken» с подачей по 1200 т/ч менее чем за 10 мин могли закачать в цистерны 350 т воды.

Соотношение мощности носовой и кормовой энергетических установок 1 : 2,2. Носовая машина имела большую частоту вращения, чем кормовая. Расположение носового винта было выбрано с учетом улучшения его защиты от повреждения льдом.

На валопроводе носовой машины, впервые в истории ледоколостроения, установили фрикционную муфту, которая автоматически отсоединяла вал от винта при заклинивании его во льду, предохраняя винт и валопровод от повреждений [6].

«Яхтенные» обводы корпуса с большими углами наклона штевней и необходимость углубить оба винта привели к тому, что небольшое по размерам судно имело значительную осадку — «на уровне линкоров», — не удержался от восклицания корреспондент газеты «Котлин» [9].



Ледокол «Петр Великий», 1912 г.

На ходовых испытаниях машины ледокола развили 4038 л. с., обеспечив скорость 14,5 уз. При этом судно оказалось очень маневренным: диаметр циркуляции составил 1,3—1,4 длины. Испытания «Петра Великого» проводились во время его перегона из Гётеборга в Ригу в феврале 1912 г. Толщина льда составляла от 18 до 50 см. В чистом льду (или с малым количеством снега) толщиной до 25 см «Петр Великий» шел со скоростью 6,5 уз, а в 50-сантиметровом — 3,5 уз.

Торосистые нагромождения ледокол преодолевал ударами с разбега, не застревая. За весь 5-дневный рейс «Петр Великий» только один раз остановился в торосистом льду глубиной около 9 м. Креновая перекачка не помогла. Тогда торос решили подмыть, для чего дали носовой машине задний ход: впереди форштевня на расстоянии около 45 м появились вихри воды из-под льда, а затем куски льда размываемого тороса. После 5 мин такой работы носового винта ледокол пошел дальше [6]. Судно прекрасно держалось на курсе, обладало хорошей поворотливостью во льду и, что очень важно для ледокола, оставляло за собой чистый канал на расстоянии 15—30 м за кормой.

При сравнительных испытаниях «Петра Великого» и «Тармо», проведенных в 1912 г. специальной комиссией МТиП в районе полуострова Гангэ в одинаковых ледовых условиях («в расстоянии нескольких десятков сажен друг от друга»), скорость хода рижского ледокола оказалась на 50% выше, чем у финского: «ледокол «Петр Великий», прой-

дя около 2 миль в полчаса, опередил ледокол «Тармо» примерно на полмили». При ударах с разбега «Тармо» застревал во льду и ему требовалось 10—15 мин для перекачки балласта, чтобы отойти назад, в то

время как «Петр Великий» отходил назад сразу же после переключения машин на задний ход [10].

«Петр Великий» послужил прототипом при проектировании русских ледоколов типа «Царь Михаил Федорович» («Волынец»), построенного в 1914 г., шведских ледоколов «Исбрютарен II» («Isbrytaren II») и «Атле» («Atle»), построенных в 1914 г. и 1926 г., латвийского «Кришьянис Вальдемарс» («Krisjānis Valdemars»), спущенного на воду в 1925 г.

С началом первой мировой войны большинство ледоколов были мобилизованы и включены в состав военно-морского флота. «Петр Великий» приняли от Рижского биржевого комитета 19 июля 1914 г. и зачислили в списки Охраны водного района (ОВР) Ревеля. «Сампо» и «Тармо» взяты «от финляндской казны» 23 июля и зачислены в состав ОВР Свеаборга. Три зимние навига-

Технические характеристики ледоколов «американского типа» на Балтике (1898—1911 гг.)

Характеристика	«Сампо»	«Тармо»	«Петр Великий»
Длина (L), м:			
наибольшая	61,57	66,92	55,50
по ГВЛ	58,37	64,13	52,00
Ширина (B), м:			
наибольшая	13,11	14,32	15,56
по ГВЛ	12,80	14,15	14,81
L/B	4,56	4,52	3,51
Высота борта, м:	6,65	•	8,35
Число и вместимость балластных цистерн, т	•/285	•	10/350
Осадка, м:			
нормальная	5,56	5,54	5,82
максимальная	5,92 (1917 г.)	6,10	6,50
Водоизмещение нормальное/максимальное, т	1850	2300	1610/1953
Энергетическая установка	2 паровые машины тройного расширения		
Мощность машин (норм./макс.), л. с.:	2500 / 3052	3500 / 3850	3500/3915
носовой	1200 / •	1300 / 1660	1000/1255
кормовой	1350 / •	2200 / 2190	2200/2660
Число котлов*	4 + 1 всп.	5 + 1 всп.	4
Скорость, макс./эконом., уз	13,0/11,5	13,0/11,0	14,5/10,0
Запас угля, норм./макс., т	350/•	385/•	245/405
Дальность плавания, полн./эконом. ходом, миль	•/1460	1558/1452	•/1600
Прожекторы (на 1917 г.)	2**	1***	•
Экипаж, чел.	7/29	7/34 (43 на 1917 г.)	60
Стоимость ледокола	1350 тыс. финск. марок	1600 тыс. финск. марок	455 тыс. руб.

* Котлы цилиндрические, огнетрубные с обратным ходом дыма.

** Прожекторы диаметром 50,8 и 48,5 см.

*** Прожектор диаметром 60,5 см.



Ледокол-музей «Тармо»

ции они работали, обслуживая суда Балтийского флота на подходе к базам, занимаясь проводками во льдах отдельных кораблей и соединений флота.

В июле 1916 г., в связи с созданием новой классификации судов флота, эти три «балтийских американца» были зачислены в 18-й класс (ледоколы).

Биография «Петра Великого» оказалась очень короткой. 7 мая 1917 г. он подорвался на русском минном заграждении у о. Нарген в Суропском проходе и затонул.

Финские ледоколы оказались счастливей. Несмотря на ряд аварий, они оставались в строю до заключения в начале 1918 г. Брестского мира. Их даже хотели вооружить, смонтировав на каждом подкрепление для двух 100-мм орудий и установив стеллажи для хранения 100 снарядов на орудие.

В январе 1918 г. в сложной политической обстановке, сложившейся на Балтике, «Сампо» захватила финская белая гвардия в районе

Аландских островов. В марте та же участь постигла и «Тармо», который работал на подходах к Гельсингфорсу, участвуя в проводке кораблей Балтийского флота, спешно переходивших в ледовых условиях из Ревеля в главную базу российского флота. Командовал ледоколом уже пятый год капитан О. Е. Густавсон. 20 (или 21) марта финны арестовали русских членов экипажа и, подняв финский флаг, ушли в Ревель, где уже находились германские воинские части. Немцы установили на «Тармо» одно 75-мм орудие и отправили его к острову Гогланд. Возвращаясь оттуда (доставив стрелковое оружие для белофиннов) «мятежный» ледокол встретился с «Ермаком», направлявшимся из Кронштадта в Гельсингфорс, и обстрелял его...

«Сампо» и «Тармо» вошли затем в состав финского флота. В годы второй мировой войны они использовались для военных целей. Так, «Тармо» вооружили двумя 120-мм орудиями в башенной установке, поставленной на баке. При советских нале-

тах на Котку в начале 1940 г. судно было сильно повреждено авиабомбами (оторвана носовая часть), но впоследствии восстановлено.

С 1944 г. оба ледокола продолжили трудиться на ледовых трассах Балтийского моря. «Сампо» спасли только в 1961 г., когда появился новый ледокол с тем же именем (типа «Karhu»). «Тармо» (с 1963 г. «Ари») вывели из эксплуатации в марте 1969 г. Подобно «Сампо» он планировался на слом, но финны решили сохранить исторический ледокол. «Тармо» и сегодня находится в Хельсинки на плаву под первоначальным названием как судно-музей [4].

Литература

1. Андриенко В. Г. Ледоколы Байкальской паромной переправы // Человек, море, техника '87. Л.: Судостроение, 1987.
2. Макаров С. О. «Ермак» во льдах. СПб., 1901.
3. Some Examples of Ice-breaking Steamers build Sir W.G. Armstrong, Whitworth & Co., Ltd., walker shipyard. Newcastle-on-Tyne, 1899.
4. Pohjanpalo J. 100 vuotta Suomen talvimerenkulkua Helsinki, 1978.
5. Известия Императорского общества для содействия Русскому торговому мореходству. Вып. LX. М., 1904.
6. Сухоруков А. Я. Ледоколы. Арктический институт. Кораблестроительное отделение. Л., 1949. Библиотека ААНИИ, рукопись.
7. The Ice-breaking Steamship Petr Velikij // Engineering. 1912. 7 June.
8. Сухоруков А. Я. Типы ледоколов и форма их корпуса // Труды ЛО ВНИИТОВТ. Л.—М., 1938.
9. Ледокол «Петр Великий» // Котлин. 1912. 15 июня.
10. Русское портостроительство в период войны 1914—1918 гг. Описание работ по устройству и оборудованию торговых портов на северном и восточном морских побережьях России // Труды отдела водного строительства. Материалы по торговым портам. Вып. 7. Л., 1924.

РЕФЕРАТЫ

УДК 656.61.08:681.518

Ключевые слова: человеческий фактор, техногенные аварии, военная техника, управленческие решения, экстремальные условия, безопасность.

Ковтун Л. И., Поляков В. Н., Семенов С. В. Человеческий фактор и техногенные аварии на кораблях // Судостроение. 2003. № 5. С. 11—16. Обсуждаются психологические особенности человека в процессах принятия решений при экстремальных условиях плавания. Предлагаются меры повышения эффективности управленческой деятельности человека в этих ситуациях, предложения по ожидаемым результатам исследований в области компьютерного моделирования человеческой компоненты сложной системы «экипаж—корабль», а также в области обучения экипажей. Ил. 4. Библиогр.: 11 назв. УДК 629.5.036.003.13

Ключевые слова: корабль, газодвигательный движитель, гребной винт, гидромотор, дизель.

Русецкий А. А. Опыт применения газодвигательных движителей и оценка их эффективности // Судостроение. 2003. № 5. С. 16—18. Анализируются причины неудачного использования гидромотора на проектах 204 и 35, которые связаны с недостаточно подробным рассмотрением КПД двухступенчатого газодвигательного движителя. Ил. 3. УДК 629.5.01:331.101.1.007.62

Ключевые слова: эргономика, экспертиза, корабль, экипаж, управление.

Эргономическая экспертиза при проектировании кораблей / В. И. Гольтраф, В. В. Кобзев, А. И. Курило, А. В. Нефедович // Судостроение. 2003. № 5. С. 19—23. Рассматриваются сущность и формы проведения эргономической экспертизы

корабля, АСУ и автономной системы управления отдельным агрегатом. Предлагаются рекомендации, повышающие боевую эффективность кораблей за счет улучшения их эргономических показателей. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 9 назв. УДК 629.5.048.78.25.25.29.03.27.15

Ключевые слова: ПЛ, электрохимическая регенерация воздуха, ресурс.

Новиков А. Ф. Оптимизация систем регенерации воздуха подводных лодок // Судостроение. 2003. № 5. С. 24—25.

Предлагается система электрохимической регенерации воздуха (ЭХРВ) АПЛ и ДЭПЛ, стоимость которой в пять раз меньше ХРВ. УДК 591.1-74:629.5

Ключевые слова: метод, топология, компоновка, модель, компьютер.

Ярошенко А. В. Метод автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем // Судостроение. 2003. № 5. С. 25—27.

Рассматривается новое в судостроении понятие — топологически слабое место в компоновке корабельных систем. Предлагается методика поиска таких мест в процессе проектирования корабля с использованием компьютерных информационных технологий. Ил. 6. УДК 621.187.7:662.61-634.2

Ключевые слова: судно, газовые выбросы, жидкие сбросы, очистка, комплексный метод, жидкостный нейтрализатор.

Стаценко В. Н., Якубовский Ю. В. Перспективы повышения экологической безопасности судовых энергетических установок // Судостроение. 2003. № 5. С. 28—31.

Анализируются методы повышения экологической эффективности судовых энергетических установок и предлагается метод жидкостной нейтрализации для очистки дымовых газов, а также комплексная система снижения токсичности жидких сбросов в водную среду и газовых выбросов в атмосферу. Ил. 3. Библиогр.: 8 назв.

УДК 629.551.001.525

Ключевые слова: судовое оборудование, безопасность, эргономичность, надежность, имитационная модель.

Туркин В. А. Учет факторов безопасности судового оборудования при оценке вероятности возникновения аварийных происшествий//Судо-строение. 2003. № 5. С. 31—33.

Предлагается определять вероятность возникновения аварий методом имитационного моделирования с использованием логико-лингвистической модели. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.03-843.8

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, судно, электростанция, морская платформа, конвертация.

Иванов Р. А., Тимофеев В. В., Шитков В. Н./О перспективах использования газотурбинных установок на морских судах и сооружениях//Судо-строение. 2003. № 5. С. 34—37.

Рассматривается проблема использования газотурбинных установок на быстрходных грузовых судах, круизных лайнерах, в составе плавучих электростанций и морских нефтедобывающих платформ. Показано, что при выделении необходимого финансирования промышленности России в состоянии поставить судостроению, нефтедобывающей и электроэнергетической промышленности газотурбинное оборудование требуемой номенклатуры мощностей. Ил. 4. Библиогр.: 7 назв.

УДК 628.3-032.32

Ключевые слова: фильтр, полимер, очистка от нефтепродуктов, коалесценция, регенерация, фильтр.

Тихомиров Г. И. Физическое моделирование процесса разделения нефтяных смесей в коалесцентной ступени очистки на основе зернистой загрузки из полимерных материалов//Судо-строение. 2003. № 5. С. 37—41.

Приведены результаты экспериментальных исследований процесса разделения нефтяных смесей в регенеративных коалесцентных ступенях судового очистного оборудования на основе зернистых полимерных материалов. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

УДК 681.51:621.31:629.5

Ключевые слова: корабль, электроэнергетическая система, состав, управление, программа.

Одинаев В. А. Математическая модель пространства состояний корабельной электроэнергетической системы. Принятие оперативных решений//Судо-строение. 2003. № 5. С. 42—44.

Предлагается электроэнергетическую систему судов (ЭЭС) представить в виде математического графа, каждое ребро которого служит для обозначения одного или нескольких последовательно соединенных элементов ЭЭС (источники и преобразователи электроэнергии, кабели и т. д.). Изложенные теоретические положения составляют основу теории разработки систем поддерж-

ки принятия решений по управлению ЭЭС. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.375:629.5

Ключевые слова: корабль, радиопередатчик, мощность.

Муравченко В. Л. Резерв повышения мощности корабельных широкополосных радиопередатчиков//Судо-строение. 2003. № 5. С. 44—45.

Показано, что мощность корабельных широкополосных радиопередатчиков может быть повышена при учете импеданса выходных цепей их усилителей мощности и использовании устройств согласования этих цепей с нагрузкой. Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 681.325-181.48(204.1)

Ключевые слова: акустика, микропроцессор, такт, сигнал.

Борисов Ю. И. О реализуемости трактов приема и обработки пассивных систем подводного акустического наблюдения на основе специализированных микропроцессоров отечественного производства//Судо-строение. 2003. № 5. С. 46—48.

Анализируются возможности применения специализированных микропроцессоров NM 6403/NM 6404 для цифровой обработки сигналов в тракте пассивного акустического наблюдения. Библиогр.: 5 назв.

УДК 504.002.5:629.5

Ключевые слова: оптимизация, экология, производство.

Бурмистров Е. Г. Повышение экологической безопасности судостроительного производства методами инженерной оптимизации//Судо-строение. 2003. № 5. С. 49—51.

Предлагается методика выполнения оптимизационных расчетов при разработке экозащитных технологий в судостроении. В качестве критерия оптимальности рекомендован показатель уровня экологической безопасности производства $Y_э$, а в качестве оптимизируемого параметра — годовой экономический эффект от внедрения экозащитных технологий. Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 681.322:621.643.084.11

Ключевые слова: судно, трубопроводы, схемы, база данных.

Ганов Э. В., Смирнова И. А. Применение ЭВМ для выполнения чертежей и подготовки производства изготовления судовых трубопроводов//Судо-строение. 2003. № 5. С. 51—52.

Рассматриваются вопросы построения на ЭВМ систем судовых трубопроводов и разбиения их на отдельные узлы. Ил. 3.

УДК 658.012:623.827.2.002.8

Ключевые слова: атомное судно, утилизация, технология.

Основные организационно-технологические принципы утилизации судов. АТО/Н. И. Александров, В. А. Анитропов, А. Я. Розинов, И. Н. Тарасов//Судо-строение. 2003. № 5. С. 53—56.

Рассматриваются две технологические схемы утилизации судов атомно-технологического обслуживания. Ил. 2. Табл. 1.

Уважаемые читатели!

В связи с многочисленными запросами, специально для тех, кто не успел подписаться на журнал «Судо-строение» в почтовых отделениях по каталогу «Роспечати» (индекс 70890), объявляется дополнительная редакционная подписка на журнал. Стоимость одного номера в 2004 г. (с учетом почтовых расходов) 105 руб. Периодичность — один номер каждые два месяца. Вы можете оформить как годовую (630 руб.) или полугодовую (315 руб.) подписку, так и заказать отдельные номера 2004 г., а также выпущенные ранее журналы.

Для оформления редакционной подписки достаточно заполнить прилагаемый бланк платежного извещения, указав заказываемые номера журнала (№ 1, 2, 3, 4, 5, 6), оплатить стоимость подписки в ближайшем отделении Сбербанка РФ и выслать копию оплаченной подписной квитанции в редакцию. Обязательно укажите свой адрес с почтовым индексом для доставки журнала.

Адрес редакции журнала «Судо-строение»: Россия, 198095, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, д. 7 Факс: (812) 186-04-59.

Извещение

Кассир

Квитанция

Кассир

ФГУП ЦНИИТС (подписка на журнал «Судо-строение»)

(наименование получателя платежа)

ИНН 7805028153 КПП 780501001

(ИНН получателя платежа)

р/с 40502810855240100764

(номер счета получателя платежа)

в Северо-Западный банк Сбербанка РФ

(наименование банка и банковские реквизиты)

Красносельское ОСБ 1892

198216, Санкт-Петербург, пр. Ветеранов, 114

к/с 3010181050000000653 БИК 044030653

Подписка на «Судо-строение», 2004 г. №

(наименование платежа)

Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. (в т. ч. НДС 10%)

Плательщик (подпись) _____

ФГУП ЦНИИТС (подписка на журнал «Судо-строение»)

(наименование получателя платежа)

ИНН 7805028153 КПП 780501001

(ИНН получателя платежа)

р/с 40502810855240100764

(номер счета получателя платежа)

в Северо-Западный банк Сбербанка РФ

(наименование банка и банковские реквизиты)

Красносельское ОСБ 1892

198216, Санкт-Петербург, пр. Ветеранов, 114

к/с 3010181050000000653 БИК 044030653

Подписка на «Судо-строение», 2004 г. №

(наименование платежа)

Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. (в т. ч. НДС 10%)

Плательщик (подпись) _____

ABSTRACTS

Kovtun L. I., Polyakov V. N., Semyonov S. V. Human factor and man-caused emergencies on ships. The authors consider psychological particulars of man in processes of making decisions in extreme conditions of sailing. They propose arrangements for increase of efficiency of man's management activities in such situations, suggestions about expected results of investigations in the area of computer simulation of human factor in complex system «crew - ship», as well as in the area of teaching and training of crews.

Rusetsky A. A. Experience in use of gas-water jet propellers and evaluation of their efficiency. Reasons of unsuccessful use of hydromotor at ships of projects 204 and 35 that are connected with not sufficiently detailed consideration of two-stage gas-water jet propeller efficiency factor are analyzed.

Goltraf V. I., Kobzev V. V., Kurilo A. I., Nefedovitch A. V. Ergonomic expertise during naval ship design. The authors consider goals, tasks, essence and forms of execution of ergonomic expertise at the level of ship, ACS and autonomous systems of individual aggregate control. The specific recommendations are given that increase combat efficiency of ships due to improvement of their ergonomic indices.

Novikov A. F. Optimization of submarine air regeneration system. The system of electrochemical air regeneration (ECAR) aboard nuclear and diesel submarines is proposed that is five times cheaper than CAR.

Yaroshenko A. V. Method of automatic search topologically weak points in shipboard systems arrangement. The author considers a concept that is new for shipbuilding - topologically weak point in shipboard systems arrangement. A procedure is proposed for search of such points in the process of ship design with the use of computer information technologies.

Stacenko V. N., Yakubovsky Yu. V. Prospects for improvement of ecological safety of shipboard power plants. The authors analyze methods of improvement of ecological efficiency of shipboard power plants and propose method of liquid neutralization for cleansing of smoke fumes, as well as complex system for decreasing of toxicity of liquid spillage into water media and gas release into atmosphere. Separate components of complex system can be used aboard ships of various types.

Turkin V. A. Taking into account the factors of safety of shipboard equipment during evaluation of probability of emergency situation arising. The article indicates that important place in prevention of accidents that occur during operation of ocean ships belongs to provision of safety of technical equipment. It is proposed to determine probability of emergency arising by method of simulation with the use of logic-linguistic model.

Ivanov R. A., Timofeev V. V., Shitkov V. N. About prospects of application of gas turbine plants aboard ocean ships and structures. The authors consider the problem

of application of gas turbine plants aboard high-speed cargo vessels, cruise ships, and as part of floating electric power stations and ocean oil drilling platforms. It is shown that in case of allocation of necessary financing Russian industry is able to deliver to shipbuilding, oil-producing and electric power industries gas turbine equipment of required capacity range.

Tikhomirov G. I. Physical simulation of process of oily mixtures separation in coalescence stage of purification on the basis of granular polymeric materials. The author describes the results of experimental researches of process of oily mixtures separation in regeneration coalescence stages of shipboard treatment installations on the basis of some granular polymeric materials.

Odiyaev V. A. State-space mathematical model of shipboard electric power system. Operative decision-making. The author proposes to represent shipboard electric power system (SES) in the form of mathematical graph each line of each serves for designation of one or a number consecutively connected components of SES (power units and converters, cables, etc.). Stated theoretical theses are the basis of a theory of development of SES management decision-making support systems.

Muravchenko V. L. Reserve of shipboard broadband radio transmitters power increase. Quantitative evaluation of radio transmitter output capacity in dependence from intrinsic traveling wave factor of broadband power amplifier is given. It is shown that capacity of shipboard broadband radio transmitters can be increased by taking into consideration the impedance of output circuits of their power amplifiers and use of devices of these circuits coordination with loading.

Borisov Yu. I. About realizability of reception and processing tracts of passive systems of underwater acoustic survey on the basis of specialized microprocessors of national manufacture. Possibilities of utilization of specialized microprocessors NM 6403/NM 6404 for digital processing of signals in passive acoustic survey tract are analyzed.

Burmistrov E. G. Improvement of ecological safety of shipbuilding industry by methods of engineering optimization. Procedure for execution of optimization calculations during development of ecology protection technologies in shipbuilding is proposed. As a criterion of optimum an index of works ecology safety level L_e is recommended, and as an optimized parameter — annual benefit due to utilization ecology protecting technologies.

Ganov E. V., Smirnova I. A. Application of PC for developing drawings and production in manufacture of shipboard pipelines. Problems of constructing shipboard pipeline systems on PC and subdividing them into separate units are considered.

Alexandrov N. I., Anitropov V. A., Rozinov A. Ya., Tarasov I. N. Main organizational and technological principles of utilization of NTM vessels

The authors consider the sequence of particulars of technology of execution of works connected with utilization of NTM vessels. Technological sequence of works proposed by the authors is interconnected with the requirements of provision of stability and hull strength of NTM vessels.

С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен.

« ____ » _____ 20 ____ г. _____
(Подпись плательщика)

Информация о плательщике:

_____ (Ф. И. О., адрес плательщика)

_____ (ИНН налогоплательщика)

№ _____ (номер лицевого счета (код) плательщика)

С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен.

« ____ » _____ 20 ____ г. _____
(Подпись плательщика)

Информация о плательщике:

_____ (Ф. И. О., адрес плательщика)

_____ (ИНН налогоплательщика)

№ _____ (номер лицевого счета (код) плательщика)